

# Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul



Editora  
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

*Carvão e meio ambiente* é fruto da colaboração de inúmeros grupos de trabalho da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo contado com pesquisadores de outras instituições com o objetivo de estudar os efeitos da exploração e do uso do carvão sobre o meio ambiente, na Região Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul.

A Região, nos seus aspectos ambientais e sociais, é tratada de modo global na primeira parte do livro, que relata sobre a geologia, o clima, os solos, a vegetação e as características demográficas, econômicas e jurídico-políticas.

A partir da descrição geral busca-se uma síntese dos aspectos ambientais e socioeconômicos, visando analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da exploração e do uso do carvão.

Estudos sobre as conseqüências da queima do carvão, na atmosfera local, no solo e na água, são abordados nos tópicos ligados ao meio físico. Especial atenção

está voltada para a recuperação de áreas mineradas e com sugestões para os tomadores de decisão quanto ao monitoramento e ao gerenciamento ambiental.

Animais e plantas foram alvo de estudos específicos com objetivo de identificar indicadores dos impactos de atividades carboníferas sobre os organismos vivos, bem como os aspectos relacionados à saúde pública.

A organização social da região e seu engajamento na melhoria do ambiente ocorreram através de estudos sobre as ações de educação ambiental promovidas por escolas e associações comunitárias.

Quer pela caracterização geral da região, quer pelos estudos específicos, *Carvão e meio ambiente* trata de forma aprofundada e original os mais diversos tópicos associados à problemática da exploração e do uso do carvão e suas conseqüências sobre o meio físico, os organismos vivos e a sociedade.

# Carvão e Meio Ambiente

---

Centro de Ecologia

---

da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul



Editora  
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESERVA TÉCNICA  
Editora da UFRGS

© dos autores  
1ª edição: 2000

Direitos reservados desta edição  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Paulo Antonio da Silveira  
Foto da capa: Geraldo Mario Rohde  
Editoração eletrônica: William Wazlawik  
Toni Peterson Lazaro  
Fernando Piccinini Schmitt

---

C397c Centro de Ecologia/UFRGS  
Carvão e meio ambiente/ Centro de Ecologia/UFRGS. – Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

1. Carvão – Meio ambiente. I. Título.

CDU 622.33:634.0.11

---

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

ISBN 85-7025-563-2

CARV  
C 332

# Carvão

e Meio Ambiente

RESERVA TÉCNICA  
Editora da UFRGS



**UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO  
GRANDE DO SUL**

Reitora

**Wrana Maria Panizzi**

Vice-Reitor

**Nilton Rodrigues Paim**

Pró-Reitor de Extensão

**Luiz Fernando Coelho de Souza**

---

**EDITORA DA UNIVERSIDADE**

Diretor

**Geraldo F. Huff**

**CONSELHO EDITORIAL**

**Anna Carolina K. P. Regner**

**Christa Berger**

**Eloir Paulo Schenkel**

**Georgina Bond-Buckup**

**José Antonio Costa**

**Livio Amaral**

**Luiza Helena Malta Moll**

**Maria da Graça Krieger**

**Maria Heloisa Lenz**

**Paulo G. Fagundes Vizentini**

**Geraldo F. Huff, presidente**



---

**Editora da Universidade/UFRGS** • Av. João Pessoa, 415 - 90040-000 - Porto Alegre, RS - Fone/fax (51) 224-8821, 316-4082 e 316-4090 - E-mail: [editora@orion.ufrgs.br](mailto:editora@orion.ufrgs.br) - <http://www.ufrgs.br/editora> • **Direção:** Geraldo Francisco Huff • **Editoração:** Paulo Antonio da Silveira (coordenador), Carla M. Luzzatto, Cláudia Bittencourt, Maria da Glória Almeida dos Santos, Najára Machado • **Administração:** Julio Cesar de Souza Dias (coordenador), José Pereira Brito Filho, Laerte Balbinot Dias, Norival Hermeto Nunes Saucedo • **Apoio:** Idalina Louzada, Laércio Fontoura.

# SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	9
<b>Parte I – A região do Baixo Jacuí, Rio Grande do Sul</b>	
Capítulo 1 – A área de estudo .....	15
<i>Heinrich Hasenack, Teresinha Guerra</i>	
Capítulo 2 – Geologia .....	18
<i>Teresinha Guerra</i>	
Capítulo 3 – Clima .....	26
<i>Lilian Waquil Ferraro, Heinrich Hasenack</i>	
Capítulo 4 – Solos .....	45
<i>Paulo Schneider, Nestor Kämpf, Elvio Giasson</i>	
Capítulo 5 – Cobertura vegetal na região carbonífera .....	77
<i>Paulo Luiz de Oliveira, Rodrigo Agra Balbuena</i>	
Capítulo 6 – A região carbonífera “tradicional” do Rio Grande do Sul .....	108
<i>Gervásio Rodrigo Neves, Sylvia Helena Ayres Chaves</i>	
Capítulo 7 – Aspectos globais da região carbonífera .....	130
<i>Nali de Jesus de Souza, Jeferson Luís Bittencourt</i>	
Capítulo 8 – Aspectos Jurídico-políticos – atribuições, obrigações e possibilidades dos municípios da região carbonífera gaúcha na proteção do meio ambiente. ....	189
<i>Andreas Joachim Krell</i>	
Capítulo 9 – A virtude da moderação: uma orientação de política nacional para o carvão no sul do Brasil .....	258
<i>José Ginoris Martín, César Antônio Leal</i>	
<b>Parte II – Interações regionais</b>	
Capítulo 10 – Integração dos estudos através de uma abordagem (socio)econômico-ambiental .....	271
<i>Edison Dausacker Bidone, Zuleica Carmem Castilhos, Teresinha Guerra</i>	

Capítulo 11 – Modelagem conceitual de bancos de dados geográficos: o estudo de caso do projeto PADCT/CIAMB .....	440
<i>Jurgurta Lisboa Filho, Cirano Iochpe, Heinrich Hasenack, Eliseu José Weber</i>	

### Parte III – Alterações ambientais no meio físico

Capítulo 12 – Diagnóstico ambiental das cinzas de carvão .....	461
<i>Geraldo Mario Rohde, Maria Teresa Raya Rodriguez</i>	
Capítulo 13 – Metais tóxicos associados ao particulado atmosférico da região carbonífera do Baixo Jacuí, RS, Brasil .....	469
<i>Miguel Vassilhou, Tuiskon Dick</i>	
Capítulo 14 – Recuperação de áreas utilizadas para depósitos de rejeitos de minas de carvão .....	480
<i>Larissa B. G. Araújo, Caio Vidor, Marino J. Tedesco</i>	
Capítulo 15 – Parâmetros físicos e químicos das águas superficiais e avaliação da atividade bacteriana em ambientes lóticos receptores da drenagem de mineração de carvão .....	492
<i>Maria Teresa Raya Rodriguez, Nelson Augusto Flores Machado, Stella Maris Leonardí, Graciema Formolo Pellani, Liege Abel, Catarina Pedrozo, Willi Bruschi Júnior, Ozório Menezes Fonseca, Maria Elaine de Oliveira, Vera Lúcia Atz</i>	
Capítulo 16 – Avaliação sedimentológica de uma área carbonífera .....	554
<i>Nelson Augusto Flores Machado, Maria Teresa Raya Rodriguez, Stella Maris Leonardí</i>	
Capítulo 17 – Solos construídos em áreas de mineração da bacia carbonífera .....	596
<i>Nestor Kämpf, Paulo Schneider, Humberto Bohnen, Elvino Giasson, Carlos Alberto Bissani, Paulo Freire Mello, Marcelo Dondé de Alexandre, Marcelo Cotrim, Adão Luiz dos Santos</i>	
Capítulo 18 – Remoção por biolixiviação de enxofre de carvões do RS como forma de atenuação nas emissões de SO <sub>2</sub> .....	641
<i>Luis Carlos Zancan Filho, Sérgio João de Luca</i>	
Capítulo 19 – Visualização de dados de qualidade da água em SIG .....	649
<i>Maria Teresa Raya Rodriguez, Heinrich Hasenack, Hardy Pundt, Olaf Noelle</i>	
Capítulo 20 – Contribuição à gestão ambiental da bacia hidrográfica do Arroio do Conde/RS, com ênfase na qualidade das águas superficiais .....	654
<i>Aida Andreazza, Antonio Eduardo Lanna</i>	
<b>Parte IV – Plantas e animais como indicadores ambientais</b>	
Capítulo 21 – Bioindicação da contaminação atmosférica decorrente do uso do carvão .....	667
<i>Patrícia de Freitas Cerutti, Feliciano E. V. Flores</i>	

Capítulo 34 – Necessidades educacionais em administração rural e conservação do solo percebidas pelos pequenos produtores .....	848
<i>Maria das Graças Arêde, Arnildo Konzen, Aletéia de Oliveira Severo, Anatáia de Oliveira Severo, Eliane Sanguiné Vismievski, Karen Beltrame Becker, Luiz Fernando Fritz Filho</i>	
Capítulo 35 – Sociabilidade e memória na comunidade mineira do carvão .....	887
<i>Cornélia Eckert</i>	
Capítulo 36 – Sistema de crenças no contexto carbonífero .....	909
<i>Cornélia Eckert</i>	
Capítulo 37 – Estudo socioeconômico sobre a comunidade pesqueira na região carbonífera .....	921
<i>Alexandre Guimarães Só de Castro, Cornélia Eckert</i>	
Capítulo 38 – Perda de renda em comunidades pesqueiras na região carbonífera .....	934
<i>Valdir F. Denardin, Juvir L. Mattuela</i>	
Capítulo 39 – Frequências de defeitos congênitos em região carbonífera: um estudo no Rio Grande do Sul .....	943
<i>Júlio César Loguércio Leite, Lavinia Schüler, Erica Tatto, Cíntia Acosta Melo, Andréia da Silva Nunes, Suzan L. Brandão, Roberto Giugliani</i>	
Capítulo 40 – Avaliação do efeito do uso do carvão em saúde pública: bioindicação enzimática e monitoramento de metais pesados em sangue humano .....	950
<i>Maria Teresa Raya Rodriguez, Stella Maris Leonardi, Liege Abel, Paulo Duro, Carla Ruschel, Fernanda Abreu dos Santos</i>	
Capítulo 41 – Níveis de pesticidas organoclorados em sangue humano da população de São Jerônimo/RS .....	967
<i>Graciema Formolo Pellini, Tuiskeon Dick, Maria Teresa Raya Rodriguez</i>	
<b>Autores</b> .....	985
<b>Apêndices</b> .....	993

Capítulo 22 – Avaliação de uma área de rejeitos da mineração de carvão com vistas a bioindicadores vegetais para metais pesados .....	673
<i>Tania Renata Prochnow, Maria Luíza Porto</i>	
Capítulo 23 – A comunidade de microartrópodes em solos da microrregião carbonífera do Baixo Rio Jacuí .....	695
<i>Marcelo Maisonette Duarte, Miriam Becker</i>	
Capítulo 24 – Avaliação do método de bioindicação de metais-pesados através de parâmetros enzimáticos .....	726
<i>Alexandre Guimarães Só de Castro, Tuiskon Dick</i>	
Capítulo 25 – Ecossistemas criados (banhados): importância dos macrófitos no controle de pH de drenagem ácida .....	743
<i>David M. L. da Motta Marques, Márcio Suminsky, Clebes Pinheiro Brum</i>	
Capítulo 26 – Conteúdo de alumínio e cobre na biomassa de <i>Typha latifolia</i> L., na região carbonífera de Charqueadas e São Jerônimo, RS .....	749
<i>Marco Aurélio Locateli Verdade, Maria Teresa Raya Rodriguez, Maria Elaine de Oliveira</i>	
Capítulo 27 – Biomonitoramento da área sob influência da exploração carbonífera através de testes de toxicidade com Cladocera (Crustacea; Branchiopoda) .....	758
<i>Liane Biehl Printes, Maria Beatriz Camino Bohrer, Carina M. S. Portela, Carlos Eduardo Güntzel</i>	
Capítulo 28 – Avaliação da fauna bentônica em ambiente aquático .....	784
<i>Cristiane Maria Weirich Almada, Norma Luíza Würdig</i>	
Capítulo 29 – Estrutura da comunidade periférica sobre <i>Leersia hexandra</i> em ambientes lóticos de região de mineração de carvão .....	792
<i>Ana Luíza Burlaga Miranda, Albano Schwarzbold</i>	
Capítulo 30 – Avaliação da qualidade ambiental dos riachos através das taxocenoses de peixes .....	803
<i>Willi Bruschi Júnior, Luiz Roberto Malabarba, José Francisco P. da Silva</i>	
<b>Parte V – O homem na região carbonífera</b>	
Capítulo 31 – Estudo do processo urbano-industrial de Charqueadas/RS: análise dos programas de gerenciamento ambiental das indústrias e proposição de subsídios para um programa de educação ambiental .....	813
<i>Carla Alves Simões Pires, Cornélia Eckert</i>	
Capítulo 32 – Perspectivas da educação ambiental: o exemplo da região carbonífera do Baixo Jacuí - RS .....	819
<i>Edson Luiz Lindner, Hans Georg Flickinger, Cornélia Eckert</i>	
Capítulo 33 – O ensino de ecologia nas escolas de Ensino Fundamental da região carbonífera do RS – percepções dos professores de ciências .....	825
<i>Maria das Graças Arêde, Karen Beltrame Becker</i>	

# APRESENTAÇÃO

O *Centro de Ecologia – CENECO*, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tem a satisfação de apresentar o estudo integrado da importante região carbonífera da Baixo Jacuí, RS, com o tema central do impacto ambiental da produção e do uso do carvão mineral.

Este estudo foi realizado ao correr dos anos 1993 a 1997, como projeto selecionado pelo Programa PADCT do Ministério de Ciência e Tecnologia, com supervisão do CNPq e da CAPES, e contando com a participação intensiva dos pesquisadores, alunos de pós-graduação e técnicos do CENECO, e a colaboração essencial e competente de muitos setores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O CENECO, órgão auxiliar do Instituto de Biociências da UFRGS, surgiu do Núcleo Interdepartamental de Estudos Ecológicos – NIDECO, uma iniciativa da direção e de alguns professores daquele Instituto, com o objetivo fundamental de estimular estudos ambientais de caráter interdisciplinar e abrangente.

Como consequência, reunindo biólogos, químicos, geógrafos, agrônomos, engenheiros, médicos, foi possível estabelecer as condições para a implantação do *Curso de Pós-graduação em Ecologia*, hoje com 151 mestres formados e 31 alunos de mestrado, e iniciando seu Curso de Doutorado, do *Departamento de Ecologia* que assumiu o ensino desta área em toda a UFRGS e, mais recentemente, do *Curso Técnico em Controle e Monitoramento Ambiental*, que atende a uma demanda crescente de órgãos públicos e entidades privadas.

Através de muitos convênios e projetos conjuntos com entidades nacionais e internacionais, acadêmicas, e da iniciativa pública e privada, o CENECO realizou um grande número de estudos de análise e avaliação ambiental, por exemplo na cidade de Porto Alegre, na região das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul, no controle toxicológico de produtos alimentícios, introduziu novas metodologias como o de bioindicadores vegetais e enzimáticos de poluição ambiental, fez contribuições importantes no estudo de agentes tóxicos como aflatoxina e metais pesados, estes na natureza e nas populações urbana e rural, e contribuiu continuamente com subsídios e propostas para medidas de proteção ambiental, como a das áreas verdes de Porto Alegre.

Foi possível instalar no CENECO o Centro de Geoprocessamento Idrisi, oficialmente reconhecido como Centro de Treinamento para todos os países de língua portuguesa através de autorização dos representantes da UNEP na Clark University, E.E.U.U.

Marcantes foram a organização e implantação pelo CENECO das duas grandes **Estações Ecológicas** do Estado, a do **TAIM** e a de **ARACURI-ESMERALDA**, hoje sob administração do IBAMA, e que permitiram uma intensa produção científica, além do significativo intercâmbio internacional.

Importantes foram também três amplos estudos integrados sobre o impacto ambiental da produção e do uso do carvão mineral.

O primeiro, realizado em 1977 e 1978, a convite da FATMA – Fundação de Amparo à Tecnologia e Meio Ambiente, órgão oficial do Estado de Santa Catarina, e que permitiu a primeira avaliação ambiental integrada, com intenso trabalho de campo, na região carbonífera daquele Estado. Contou com a colaboração de cientistas das Universidades de Saarbrücken e Hohenheim, da Alemanha. Teve como produto o Relatório NIDECO-FATMA com o título: “Estudos sobre o Impacto Ecológico da mineração e do beneficiamento do carvão na região Sul do Estado de Santa Catarina”, que oportunizou à ELETROSUL e órgãos ambientais uma ampla discussão e análise dos aspectos ambientais do processo produtivo da região.

Um segundo estudo no mesmo tema, bem mais intensivo e abrangente, foi executado em 1987 a 1989, por convite da CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica e da Fundação de Ciência e Tecnologia - CIENTEC do Estado do Rio Grande do Sul, e se concentrou no Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera de Candiota, a maior mineração a céu aberto da América do Sul, onde se planeja uma significativa ampliação da usina termoeletrica lá existente. Trabalhou-se no campo por 12 meses, com participação de 35 colaboradores, inclusive muitos estudantes de pós-graduação. Nesta oportunidade foram, pela primeira vez no país, desenvolvidas as bases e metodologias de uso de bioindicadores vegetais para a poluição atmosférica. Também foi muito extenso o trabalho analítico químico, tanto laboratorial como de campo.

Com esta experiência acumulada, foi elaborado um grande projeto integrado de monitoramento e avaliação ambiental sobre mineração e uso do carvão, agora da região do Baixo Jacuí, atendendo a Edital do MCT-PADCT, CIAMB-I. A região compreendia 5 municípios: Charqueadas, São Jerônimo, Butiá, Minas do Leão e Arroio dos Ratos, sendo o projeto denominado: **“Energia e Meio Ambiente: A Questão do Carvão no Rio Grande do Sul”**

Este foi elaborado por sugestão da Profa. Dra. Miriam Becker, com coordenação inicial do Prof. Dr. Feliciano Edi Vieira Flores, seguido pelo Prof. Dr. Ozório José de Menezes da Fonseca e, finalmente, pelo Prof. Dr. Tuisikon Dick.

A execução foi iniciada em 1993 envolvendo 35 doutores, mais 30 estudantes de pós-graduação e técnicos, com conclusão dos trabalhos principais de campo em 1996, mas de certa forma continuando até os presentes dias através da conclusão de teses, dissertações e publicações. Decisivo foi o apoio permanente do Diretor do PADCT-MCT, Dr. Luiz Antônio Barreto de Castro.

Provavelmente, foi o maior trabalho interdisciplinar de investigação já realizado na UFRGS, pois contou, além do CENECO e do Curso de Pós-Graduação em Ecologia, com pesquisadores e alunos de pós-graduação dos Departamentos de Botânica e de Zoologia do Instituto de Biociências, do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, do Laboratório de Sensoriamento Remoto, do Departamento de Geografia e do Laboratório de Microsonda do Instituto de Geociências, do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia, dos

Departamentos de Antropologia, de Ciências Políticas e de Filosofia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, do CPG de Economia e do CPG de Economia Rural da Faculdade de Economia, do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina, do Laboratório de Genética Médica do HCPA – Hospital de Clínicas de Porto Alegre, do CPG em Direito da Faculdade de Direito, além do apoio amplo dos Prefeitos e administrações municipais, da empresa Copelmi, a *FEMA*, a Direção do Museu do Carvão, da Associação dos Professores de Ciências de Charqueadas, da empresa Aços Finos Piratini, da empresa Gerdau, dos técnicos das usinas de Charqueadas, de São Jerônimo e da Jacuí 1.

Deve ser ressaltada a participação prolongada de vários professores visitantes estrangeiros:

- Prof. Dr. Hans-Georg Flickinger, da Universidade de Kassel, Alemanha, Professor visitante no Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/UFRGS.

- Prof. Dr. José Ginoris Martin, Chefe do Departamento de Engenharia Química e Nuclear da Universidade de Massachussets, e Professor Visitante no Centro de Ecologia-IB/UFRGS.

- Prof. Dr. Andreas Joachim Krell, Prof. Visitante no Centro de Ecologia-IB/UFRGS e no CPG de Direito – Faculdade de Direito/UFRGS.

- Prof. Dr. Alberto Carvalho Peret, da Universidade Federal de São Carlos/SP e Prof. Visitante no Centro de Ecologia-IB/UFRGS.

- Prof. Dr. Edison Dausacker Bidone, da Universidade Federal Fluminense e Prof. Visitante no Centro de Ecologia-IB/UFRGS.

Como previsto e exigido pelo Edital PADCT-CIAMB-I, o projeto deveria institucionalizar a formação pós-graduada em Ciências Ambientais. Isto foi efetuado com a nova ênfase do CPG em Ecologia, hoje já com 27 mestres formados e atualmente com 10 alunos de mestrado.

Do projeto resultaram 14 dissertações de mestrado defendidas no CPG em Ecologia, além de muitas comunicações em congressos e publicações em revistas científicas.

A presente publicação sintetiza os resultados produzidos e tem como objetivo oferecer subsídios básicos para o planejamento regional dos municípios do Baixo Jacuí, que está tendendo a se incorporar à região metropolitana da Grande Porto Alegre, e que, além de sua origem histórica como região de produção de carvão, está se tornando um expressivo polo de produção industrial.

Além disto, devem ser acentuados, e isto o projeto também procura contemplar, as alternativas do uso do carvão nos desafios do desemprego precoce na área mineira, os aspectos especiais de saúde face ao impacto ambiental, as atividades da área produtiva rural e pesqueira, inclusive o aspecto do processo de informação à população, os assentamentos na área de depósito de rejeitos da mineração, bem como a educação ambiental da população e do processo decisório em nível de administração pública face aos problemas ambientais.

É um tema vasto e o presente trabalho, pretende ser um estímulo do muito que deve ser realizado no futuro neste sentido. É desejo de todos que trabalharam no projeto, que seus resultados levem a uma melhor utilização nas definições e ações das políticas ambientais da região.

TUISKON DICK  
Coordenador do projeto

Parte I  
A região do Baixo Jacuí,  
Rio Grande do Sul

## A ÁREA DE ESTUDO

Heinrich Hasenack  
Teresinha Guerra

O *Projeto Energia e Meio Ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul* desenvolveu seus estudos na porção oriental do Baixo Jacuí. Os municípios estudados pertencem à Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí à qual estão vinculados os municípios de Arroio dos Ratos, Barão do Triunfo, Butiá, Charqueadas, Eldorado do Sul, General Câmara, Minas do Leão, São Jerônimo e Triunfo. Esta área está compreendida entre os paralelos 29°37' e 30°38' de latitude Sul e os meridianos 51°15' e 51°14' de longitude Oeste de Greenwich. No sistema de coordenadas UTM, fuso 22, estes limites correspondem, respectivamente às coordenadas 6.721.500 m N e 6.610.000 m N; 380.900 m E e 476.000 m E (Figura 1).

O estudo do clima levou em consideração estações meteorológicas e postos pluviométricos na Microrregião Carbonífera e uma região de entorno que abrange estações e postos circunvizinhos à área de estudo. A base cartográfica, no entanto, compreendeu apenas as cartas da Divisão de Geografia da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército com cobertura dos municípios, das quais foi extraída informação referente à rede

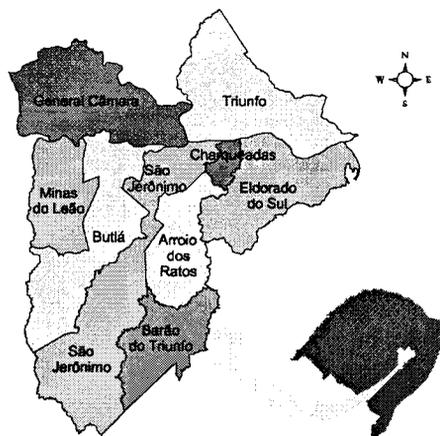


Figura 1: Municípios da Região Carbonífera do Baixo Jacuí.

de drenagem e o sistema viário. A topografia, dada a complexidade e interesse específico à região de exploração e uso do carvão, compreendeu somente à área junto ao rio Jacuí. Dos estudos realizados, alguns compreendem a área total dos municípios enquanto outros, em função do interesse específico ou de limitações de informação disponível, abrangem parcialmente a área. A geologia, por exemplo, compreende praticamente toda a área. Apenas a porção extremo sul dos municípios de Butiá e São Jerônimo, já no domínio do Escudo Uruguaio-Sul-rio-grandense, não foi objeto de mapeamento. Com relação aos solos, por não existir mapeamento semi-detalhado para a região e dado o interesse do Projeto na região de exploração e uso do carvão, o mapeamento por unidades concentrou-se nesta região, entre a BR 290 ao sul até o rio Jacuí, ao norte, do arroio dos Ratos a leste até o arroio do Conde a oeste. O mapeamento da vegetação, elaborado a partir da classificação de imagem de satélite Landsat, corresponde à área de cobertura imagem, concentrada ao longo do rio Jacuí (figura 2). Os estudos sobre a qualidade das águas superficiais e sedimentos também concentraram-se nos arroios que drenam a região carbonífera: as bacias do arroio dos Ratos, do arroio da Porteira e do arroio do Conde. Este último, recebeu atenção especial por ser o curso d'água que atualmente sofre o maior impacto, pois drena áreas de exploração de carvão a céu aberto (figura 3). Já a caracterização socioeconômica foi elaborada englobando todos os municípios da Região Carbonífera, com base nos dados do IBGE, considerando o município como um todo. Os aspectos jurídico-políticos e a análise do carvão no sul do Brasil e sua relação com a política nacional de energia, levaram em consideração a realidade da Região Carbonífera como um todo.

Estudos específicos envolvendo temas como a recuperação de áreas degradadas pela exploração do carvão, de fauna de solo ou do processo urbano-industrial limitaram-se a porções do território bem menores, embora com desenvolvimento de trabalhos espacialmente mais detalhados.

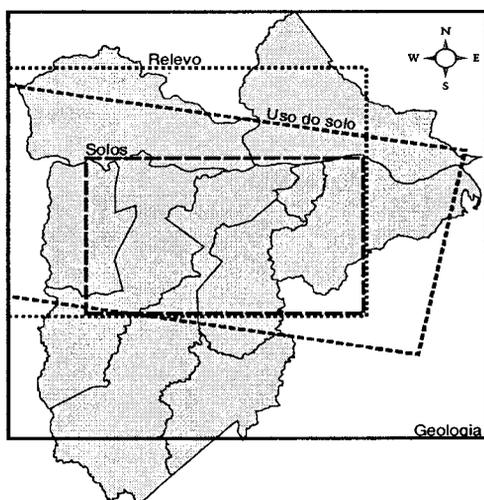


Figura 2: Áreas de abrangência de diferentes mapeamentos temáticos

De modo a facilitar o acesso aos dados, cuja cobertura espacial e temporal é diversa, foi elaborada a modelagem conceitual dos dados do Projeto. Os resultados específicos obtidos nos diferentes sub-projetos foram tratados de modo a construir-se uma síntese para melhor compreender como se estabelecem as relações dos diferentes compartimentos ambientais com a sociedade organizada na Região Carbonífera.

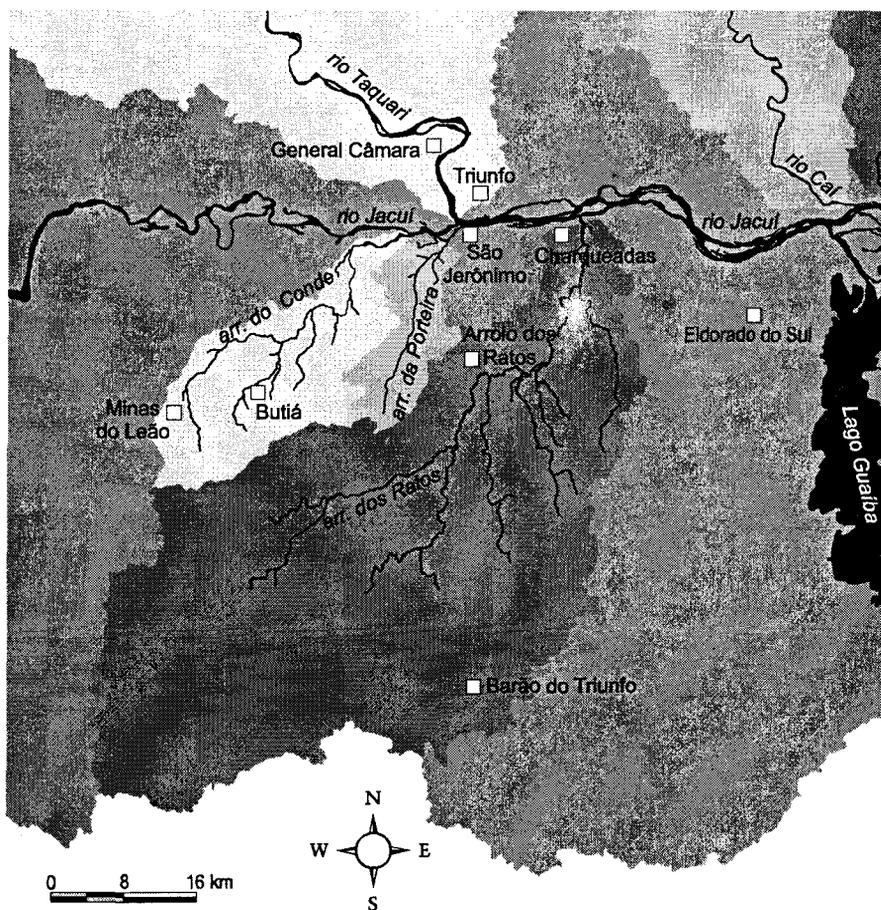


Figura 3: Os estudos das águas superficiais concentraram-se nas sub-bacias dos arroios dos Ratos, Porteira e do Conde, todos afluentes da margem direita do rio Jacuí.

# GEOLOGIA

Teresinha Guerra

As unidades litológicas da área em estudo pertencem ao Embasamento Cristalino Sul-Rio-grandense, ao Vulcanismo e Cobertura Sedimentar da Bacia do Paraná e à Cobertura Cenozóica do Quaternário de acordo com o mapeamento realizado pela CPRM (1986) e CPRM/PRÓ-GUAÍBA/FEPAM (1998). A seguir será realizada uma descrição sucinta destas litologias com base nas descrições realizadas por Schneider *et al.* (1974), Frank (1989), COPELMI (1994) (Apêndice 1).

As rochas do **Embasamento Cristalino do Escudo Sul-Rio-grandense** (Neoproterozóico e Cambriano) têm ocorrência no centro-sul da área em estudo. Representam as rochas mais antigas do Estado, incluindo diferentes tipos de litologias, cujas idades vão desde o Proterozóico ao Paleozóico. As principais associações litológicas existentes nesta região são constituídas por:

- Complexos Granito-Gnássicos (Pinheiro Machado/Arroio do Ratos) formados por gnaisses tonalíticos, granodioríticos a monzogranitos, com restos de supracrustais, invadidos pela granitogênese brasileiro e deformação polifásica protoclastica a ultramilonítica.

- Granitóides Sin-transcorrentes compostos por leucogranitos finos a grosseiros, equigranulares a porfíricos, com deformações miloníticas dos estágios tardi-magmático a sólido, localmente com muscovita, turmalina e granada e situações ao longo da principal faixa transcorrente.

- Granitóides sin-tarditectônicos tendo como litologias sienogranitos e monzogranitos médios a grosseiros, equigranulares a porfíricos, róseo-avermelhados, cinza-róseos e cinza-amarelados, isotropos no centro dos corpos e com foliação milonítica nas bordas e ao longo das flahas.

- Granitóides e Riolitos tardi-postectônicos representados por granitóides tardios, alcalinos, isotropos, filoneanos ou em pequenos corpos circunscritos, por vezes sub-vulcânicos, associados a riolitos e riocititos.

As litologias pertencentes ao **Vulcanismo e Cobertura Sedimentar da Bacia do Paraná** estão representadas pelas rochas do Paleozóico (Permiano) e Mesozóico (Triássico e Cretáceo). As unidades litológicas representativas do Permiano correspondem à Formação Rio do Sul, Formação Rio Bonito, Formação Palermo, Formação Es-

trada Nova, Formação Iratí e Formação Rio do Rastro. As representativas do Triássico pertencem ao Grupo Rosário do Sul, Formação Botucatu do Jurássico e as litologias do Cretáceo estão representadas pelas rochas efusivas da Formação Serra Geral.

A Formação Rio do Sul é constituída por folhelhos argilitos cinza-escuros várvidos, ritmitos, arenitos finos e diamictitos com acamamento gradacional e laminações convoluta, plano-paralela e cruzada apresentando, também, marcas de onde, *flaser* e *cone-in-cone*.

A Formação Rio Bonito é formado por arenitos médios, siltitos cinza-esverdeados, cinza-escuros e carbonosos com leitos e camadas de carvão, na porção basal. Ocorre, ainda, um pacote predominantemente pelítico, constituído por siltitos cinza a cinza-claros, cinza-escuros e pretos, carbonosos, por vezes argilosos, maciços, com intercalações de arenitos e camadas de carvão. A espessura total desta unidade é de, aproximadamente, 90 a 120 metros. É nesse conjunto que se desenvolvem as principais camadas de carvão do Rio Grande do Sul, as quais totalizam até 15% das litologias da formação. Em relação ao ambiente de sedimentação, observa-se que os depósitos continentais (fluvio-deltáicos) são os que predominam na Formação Rio Bonito, com influências locais de episódios transgressivos.

A Formação Palermo é composta por siltitos e siltitos arenosos cinza-esverdeados a amarelados internamente bioturbados intercalados com arenitos finos a médios, apresentando laminação plano-ondulada e estrutura do tipo *flaser* e cimento carbonático.

A Formação Estrada Nova está representada por uma sedimentação marinha, constituída predominantemente por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros ou pretos, micáceos, localizadamente carbonáticos, com laminação plano-paralela.

A Formação Iratí se caracteriza pela presença de folhelhos carbonosos, micáceos, pretos, intercalados com margas na base, ocasionalmente brechados, com laminação plano-paralela. O ambiente de deposição desta unidade é marinho raso, sendo a sua espessura variável de 15 a 20 metros.

A Formação Rio do Rastro é uma unidade caracterizada por sedimentação predominantemente flúvio-lacustre, sendo composta, litologicamente, por arenitos finos a médios, siltitos e argilitos estratificados, com tonalidades esverdeados, bordôs ou avermelhadas. A espessura desta unidade é da ordem de 70 a 90 metros.

As unidades representativas do Grupo Rosário do Sul são constituídas, predominantemente, por arenitos arcoseanos, siltitos e lamitos com níveis de conglomerados intraformacionais como blocos abatidos em estruturas do tipo graben e ocorrência de arenitos avermelhados finos a médios com estratificação cruzada acanalada e laminação plano-paralela. As características litológicas e sedimentares desta formação indicam origem em ambiente continental flúvio-eólico e sistema lacustrino associado.

A Formação Botucatu é constituída por arenito avermelhado, fino a médio, róseo-avermelhados, com grãos foscos e bem arredondados. Esta formação tem ocorrência apenas na região norte da área em estudo.

Representada por rochas vulcânicas de composição predominantemente básica com algumas ocorrências de vulcanismo ácido a Formação Serra Geral, está representada, na margem direita do rio Jacuí, por soleiras e diques de diabásio ao longo dos contatos entre as unidades litológicas ou tangenciando o topo das camadas de carvão da

formação rio Bonito, com espessuras de alguns centímetros a 90 metros. Na margem esquerda do rio Jacuí, esta formação está representada por basalto e basalto porfirídico, com diques e corpos tabulares de diabásico apresentando, ocasionalmente, intercalações de lentes de arenitos, brechas vulcânicas, andesitos e vidros vulcânicos.

A **Cobertura Cenozóica** do Quaternário está representada por depósitos paludais com turfas heterogêneas intercaladas ou misturadas com areias, siltes e argilas plásticas e intercalações localizadas de diatomitos próximo ao rio Jacuí. As áreas pertencentes aos municípios de São Jerônimo e Charqueadas estão representadas por depósitos de dunas e planícies arenosas com a presença de areias siltico-argilosas mal selecionadas de cores claras e laminação plano-paralela incipiente com concreções carbonáticas e ferro-magnesíferas. As margens dos cursos d'água dos rios e arroios da área são caracterizados por depósitos aluvionares atuais, formados por cascalhos, areias grossas a finas e sedimentos siltico-argilosos, incosolidados das ilhas pertencentes e que também preenchem as calhas dos rios e suas planícies de inundação.

No Rio Grande do Sul, as jazidas de carvão ocorrem circundando o Escudo Sul-Riogandense. Estão associadas a outras rochas sedimentares da Depressão Periférica do Estado, orlando os bordos sudoeste, norte e nordeste do Escudo, com a deposição da Formação Rio Bonito. Fazem parte das rochas Gonduânicas, correlacionadas com outros conjuntos sedimentares na África do Sul, Índia, Austrália e Antártica. Apresentam um número variável de camadas de carvão e a espessura destas camadas variam não atingindo, via de regra, mais de 2 metros, exceção feita à camada de Candiota que chega a alcançar mais de 4 metros de espessura. A ocorrência destas rochas sedimentares, ao sul da área em estudo, está condicionada à existência de rochas do embasamento cristalino e, portanto, ao efeito de borda, onde as camadas sedimentares encontram-se inclinadas, com mergulho para o norte.

Segundo Abreu (1973) o carvão é uma rocha sedimentar combustível, formada a partir de determinados vegetais encontrados em diferentes estados de conservação e tendo sofrido soterramento e compactação em bacias originalmente pouco profundas, possuindo teores de carbono, hidrogênio e oxigênio variáveis de acordo com os diversos estágios de transformação da planta em carvão. Na carbonificação há um aumento do teor de carbono e diminuição dos teores de oxigênio e hidrogênio nas sucessivas etapas do processo, ou seja: vegetal (celulose) ® turfa ® linhito ® hulha ® antracito ® grafite.

No Rio Grande do Sul, as jazidas de carvão mineral formaram-se em turfeiras predominantemente subaquáticas, de fácies orgânicas límnic e limnotelmático, sendo formadas por vegetais pteridofíticos de porte arbustivo e herbáceo associados a gimnospermas arborescentes e a elementos vegetais relacionados a algas. Tal ambiente desenvolveu-se em uma bacia intracratônica (Bacia do Paraná) de lenta subsidência, condicionando a formação de camadas pouco espessas de carvão associadas a rochas sedimentares predominantemente pelíticas.

O desenvolvimento da vegetação foi condicionado pelas variações do nível da água nas turfeiras, proporcionando a deposição simultânea de matéria orgânica e inorgânica intimamente associadas e à oxidação dos detritos vegetais transportados para o interior das turfeiras. As camadas de carvão formadas sob estas condições geológicas apresentam-

se enriquecidas em minerais (calcita, quartzo, pirita e outros, em especial argilas e de inertes), os quais após a combustão do carvão originam um resíduo chamado de cinzas. Esta mineralogia está associada às quantidades expressivas de constituintes exíniticos, derivados de algas e esporos. Estes carvões são de difícil classificação segundo tabelas internacionais baseadas em carvões com características diversas, quer sob o ponto de vista do ambiente geológico quer sob o aspecto faciológico (Corrêa da Silva, 1987).

O *rank* do carvão é o grau de carbonificação que este carvão atingiu durante o processo de metamorfismo e varia do linhito ao antracito. O *grade* do carvão é dado pelo teor de cinzas, isto é, pelo teor de minerais não combustíveis presentes neste carvão. A diversidade nos macerais dos carvões explica-se pela heterogeneidade dos tecidos vegetais (esporos, folhas, madeiras, raízes, etc.) que deram origem a estes carvões (Leinz e Amaral, 1980).

A maior parte dos minerais que contaminam os carvões Sul Rio-grandenses está disseminada na matéria carbonosa. Essa mistura de material mineral e carbonoso origina um material de densidade intermediária. O carvão fóssil fica, portanto, constituído de frações mais ricas em matéria carbonosa, com densidade menor que o carvão bruto; as frações com porções aproximadamente iguais apresentam densidade intermediária e, finalmente, nas frações mais pesadas, predominam os constituintes minerais.

Existem atualmente, na área em estudo, 5 minas (Charqueadas, Recreio, Faxinal, Butiá-Leste e Leão I) produzindo carvão para empresas do setor de cimento, celulose, alimentos, cerâmico, elétrico, agropecuário e petroquímico. (DNPM, 1996).

A produção da mina de Charqueadas é toda consumida sem beneficiamento em usinas termelétricas (TERMOCHAR e UTSJ) nas proximidades das minas. Os demais são beneficiados em jigs, colocados junto às minas que fornecem carvões com teores mais baixos de cinzas (35% em média) e poder calorífico mais elevado (Corrêa da Silva e Ferreira, 1985).

O valor comercial de um carvão resulta, normalmente, da combinação do poder calorífico, do teor de cinzas, da granulometria, do conteúdo de enxôfre pirítico e material volátil. O carvão mineral pode ser denominado de carvão energético (CE) quando este não tiver utilidade para indústria siderúrgica, sendo utilizado apenas para obtenção de energia. Normalmente, na denominação de um carvão energético, acrescenta-se o poder calorífico após o prefixo CE, ou seja, um carvão possuindo  $4200 \text{ kcal.kg}^{-1}$  será denominado CE-4200 (DNPM, 1996). Os tipos de carvão energético produzidos no Rio Grande do Sul podem ser observados na Tabela 1. De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão (DNPM, 1996), a produção gaúcha de carvão vendável em 1995 correspondeu a 3.908.640 toneladas.

A avaliação ambiental requer a utilização de conceitos multi e interdisciplinares, tendo como base o cenário-alvo pretendido, mediante o conhecimento temático e gradativo da realidade (Tauf, 1991).

O conhecimento da atmosfera merece grande relevância nestes estudos, tanto por sua condição de receptor de emissões como por conter funções de força de grande ação sobre os meios físico, biológico e social. Como corpo receptor, caracteriza-se por promover a dispersão de poluentes das mais variadas fontes, que podem atingir áreas distantes do local gerador do impacto. Como agente, as variáveis climáticas condicio-

nam os tipos de bioma e os processos que agem sobre o meio físico, interagindo com as ações antrópicas. O clima é, também, o mais importante condicionante da frequência e intensidade de atuação dos diversos processos geológicos exógenos (Frank, 1989).

Dentro do projeto “Energia e meio ambiente: a questão do carvão no RS”, a caracterização do clima de superfície é indispensável, pois suas variáveis inferem conclusões sobre a dispersão do SO<sub>2</sub>, acidificação dos solos, formações vegetais, características físicas e químicas da água e dos sedimentos de fundo, saúde humana, entre outros (PAD-CT, 1990). Inserido no projeto geral, o presente trabalho teve por objetivos: Caracterizar e analisar o comportamento climático da capa-limite da troposfera inferior, atendo-se às variáveis de superfície. Buscar o estabelecimento de relações entre as variações deste comportamento nos locais analisados, considerando as alterações sofridas pelo sítio geográfico, constituindo-se em uma base teórica para a compreensão do ambiente.

**Tabela 1**  
PRODUÇÃO DE CARVÃO ENERGÉTICO NO RIO GRANDE DO SUL

Companhia	ROM	PRODUÇÃO VENDÁVEL							
		CE-5500	CE-5200	CE-4700	CE-4200	CE-3700	CE-3300	CE-3100	
Área de Estudo	CRM	1.856.663	6.051	262.807	27.020	31.950	-	1.742.190	6.376
	COPELMI	1.788.156			135.660	2.835	343.301	26.002	301.133
Outras Áreas	PALERMO	207.819	6.051	262.807	36.141	51.300	-	14.737	3.381
	CANDIOTA	26.002			-	-	-	26.002	-

Fonte: DNPM (1996)

A exploração do carvão mineral, a partir do início do século, inicialmente se dava através da mineração subterrânea, e posteriormente substituída pela atividade a céu aberto, onde tal técnica fosse possível, introduziu um novo e importante elemento de modificação de extensas áreas. Além da atividade extrativa propriamente dita, o fato da região abrigar duas usinas termelétricas em operação e uma terceira cujas obras se encontram paralisadas, faz das atividades vinculadas à exploração e ao uso do carvão, o principal agente de alteração da paisagem em escala regional.

Quanto à qualidade dos carvões de Leão-Butiá, observou-se em análises imediata, em base seca e poder calorífico do *run-of-mine* de Leão, com valores de 10% de umidade total, 22,4% de materiais voláteis, 30,5% de carbono fixo, 47,1% de cinzas, 1,7% de enxofre total e poder calorífico superior a 3.740 cal/g. A jazida de Charqueadas tem, em média 44% de cinzas e poder calorífico superior, em base seca, próximo a 4.150 cal/g e outras camadas com 3% a menos de cinzas e 200 cal/g a mais de poder calorífico, ambos valores sendo, entretanto, contrabalançados por uma maior intercalação de estereis nestas camadas. Caracterizado como “Betuminoso de alto volátil C, não aglomerante”, os carvões do Rio Grande do Sul são, em sua quase totalidade, utilizados para alimentar usinas termelétricas (IBGE, 1986).

A mineração subterrânea ativa localiza-se no município de Minas do Leão (mina do Leão I) e no município de Charqueadas (mina de Charqueadas). Estão desativadas a mina de Arroio dos Ratos, mina de Butiá e a mina do Leão II.

A mineração de carvão a céu aberto ativa está representada pela mina do Re-

creio e Butiá Leste no município de Butiá, sendo que as minas de Shumaikal (município de Minas do Leão), mina de Água Boa, mina do Faxinal e mina do Calombo (município de Arroio dos Ratos) estão desativadas.

Os carvões fósseis possuem consideráveis quantidades de matéria mineral a eles associada que, tanto no processo de combustão, quanto na gaseificação, se constitui em resíduo genericamente denominado cinza. Esta pode ser subdividida em escória (cinzas originadas na queima e gaseificação do carvão granulado em grelhas móveis e são retiradas do fundo das fornalhas) cinza pesada (de granulometria mais grossa, que caem para o fundo das fornalhas e gaseificadoras, sendo freqüentemente retiradas por um fluxo de água) e a cinza leve, também denominada cinza volante (constituída de partículas extremamente finas, leves e que são arrastadas pelos gases gerados em gaseificadores industriais) (Rhode, 1998). A produção de cinzas pelas termoelétricas localizadas em São Jerônimo e em Charqueadas, no ano de 1995, é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2**  
**PRODUÇÃO DE ESCÓRIA, CINZA PESADA E CINZA VOLANTE**  
**NO BAIXO JACUÍ, RS**

Usinas Termoelétricas	Município	Escória	Cinza Pesada	Cinza Volante
UTSJ	São Jerônimo	29.740	-	5.000
TERMOCHAR	Charqueadas	-	80.315	103,281

Fonte: Rhode (1998)

As minas ocupam extensas áreas, nas quais as soluções de remediação se encontram, em geral, aquém do minimamente necessário para a manutenção de comunidades naturais estáveis, e a disposição de cinzas e rejeitos de forma descontrolada, principalmente nas áreas mais próximas ao rio Jacuí, provocam alterações cuja importância excede os limites físicos dessas áreas. Além disso, nas áreas urbanas correspondentes ao compartimento geomorfológico de inundação se localizam os complexos termoelétricos de São Jerônimo e Charqueadas. A utilização do carvão como recurso energético gera quantidades significativas de resíduos cinzas e rejeitos, os quais constituem grande problema ambiental causando acidificação dos cursos d'água superficiais e de águas subterrâneas, assoreamento dos arroios, rios e reservatórios associados a alteração da geomorfologia local.

A região do Baixo Jacuí se caracteriza por ser uma região com influência significativa das atividades de processamento de carvão tais como a mineração existente nos municípios de Charqueadas e Minas do Leão; termoelétricas instaladas no município de São Jerônimo e Charqueadas se expandindo com a implantação de uma termoelétrica no município de Eldorado do Sul; e siderúrgica no município de Charqueadas.

A presença de depósitos de rejeitos de carvão e cinzas dispostos de forma inadequada são significativas e constantes nesta área. Os depósitos com espessura variável (desde 0,50 a 5,50 metros) correspondem à década de 30 a 50 e estão localizados no município de Butiá. Os depósitos da década de 40 ao final da década de 80 encontram-

se no município de São Jerônimo e os da década de 60 até o período atual foram identificados e mapeados no município de Charqueadas (Binotto *et al.*, 1999).

Os autores realizaram testes de lixiviação/solubilização para avaliar os possíveis riscos potenciais dos resíduos ao ambiente. Constataram que a disposição dos rejeitos de carvão e cinzas, muitas vezes utilizados pelas prefeituras dos municípios, foi utilizada para construção de aterros e instalação de centros educacionais e industriais. Observam a dificuldade em obter dados sobre a localização, área e volume dos depósitos e a época da deposição destes resíduos, ressaltando que existem falhas de controle em relação a desatinação final dos resíduos provenientes das atividades do processamento do carvão. As empresas responsáveis pela geração dos resíduos (mineradoras e termoeletricas) não foram adequadamente orientadas no sentido de evitar possíveis consequências negativas ao ambiente, baseando a escolha da área de descarte em decisões estritamente econômicas. Os resíduos estudados mostraram que o rejeito de carvão é um potencial poluidor mais significativo pelo pH ácido e teor de sólidos totais elevados nos rejeitos de carvão. No entanto as cinzas, apesar de apresentarem menor potencial poluidor que os rejeitos, podem afetar o ambiente, pois não se configuram como inertes. Estas (as cinzas) serão mais facilmente recuperáveis do que aqueles (os rejeitos de carvão), pelas características físicas e químicas das cinzas que facilitam o crescimento espontâneo de vegetação natural quando os depósitos de cinzas contém camada de solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. F. *Recursos minerais do Brasil*. São Paulo: Edgar Blucher, 1973. v. 2.
- BINOTTO, R.B.; TEIXEIRA, E.C.; SÁNCHEZ, J.C.D.; NANNI, A.S.; FERNANDES, I.D.; MIGLIAVACCA, D.M. *Avaliação ambiental da Região do Baixo Jacuí: localização, descrição e caracterização dos resíduos provenientes das atividades de processamento de carvão*. Porto Alegre: FEPAM/CIENTEC, 1999. 40p.
- CORRÊA DA SILVA, Z. C. Jazidas de carvão no Rio Grande do Sul, Brasil. Curitiba. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 3. *Anais...* Curitiba, 1987. v.2, p.677-687.
- CORRÊA DA SILVA, Z. C. E.; FERRERIRA, J. A. F. Considerações sobre a pesquisa geológica de carvão no Estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL. 1. *Anais*. Porto Alegre, 1985. p.6-21.
- CPRM. Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica. *Relatório final*, 1986.
- CPRM/PRÓ-GUAÍBA/FEPAM. *Mapeamento geológico integrado da Bacia Hidrográfica do Guaíba, escala 1:250.000*. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento Pró-Guaíba, 1998.
- COPELMI MINERAÇÃO. *Estudo ambiental da mina de Charqueadas*. Porto Alegre: COPELMI, 1994, 2v.
- DNPM. *Informativo anual da indústria carbonífera: ano base 1995*. Brasília, 1996. 210p.
- FRANK, H.T. *Geologia e geomorfologia das folhas de Morretes, São Leopoldo, São Jerônimo, Guaíba e Arroio dos Ratos-RS*. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, 1989. 160p.
- IBGE. Projeto RadamBrasil. *Levantamento de recursos naturais*. Rio de Janeiro, 1986. v.33, 796p.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia geral*. São Paulo: Nacional. 399p.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, 1974, v.1, p.41-67.

# CLIMA

Lilian Waquil Ferraro  
Heinrich Hasenack

## INTRODUÇÃO

A avaliação ambiental requer a utilização de conceitos multi e interdisciplinares, tendo como base o cenário-alvo pretendido, mediante o conhecimento temático e gradativo da realidade (Taufk, 1991).

O conhecimento da atmosfera merece grande relevância nestes estudos, tanto por sua condição de receptor de emissões como por conter funções de força de grande ação sobre os meios físico, biológico e social. Como corpo receptor, caracteriza-se por promover a dispersão de poluentes das mais variadas fontes, que podem atingir áreas distantes do local gerador do impacto. Como agente, as variáveis climáticas condicionam os tipos de bioma e os processos que agem sobre o meio físico, interagindo com as ações antrópicas. O clima é, também, o mais importante condicionante da frequência e intensidade de atuação dos diversos processos geológicos exógenos (Frank, 1989).

Dentro do projeto “Energia e meio ambiente: a questão do carvão no RS”, a caracterização do clima de superfície é indispensável, pois suas variáveis inferem conclusões sobre a dispersão do SO<sub>2</sub>, acidificação dos solos, formações vegetais, características físicas e químicas da água e dos sedimentos de fundo, saúde humana, entre outros (PAD-CT, 1990). Inserido no projeto geral, o presente trabalho teve por objetivos: Caracterizar e analisar o comportamento climático da capa-limite da troposfera inferior, atendo-se às variáveis de superfície. Buscar o estabelecimento de relações entre as variações deste comportamento nos locais analisados, considerando as alterações sofridas pelo sítio geográfico, constituindo-se em uma base teórica para a compreensão do ambiente.

## ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo localiza-se na porção oriental do Baixo Jacuí. Faz parte da microrregião carbonífera, abrangendo os municípios de Charqueadas, São Jerônimo, Butiá e Arroio dos Ratos.

Ocupa a parte central do Rio Grande do Sul, que tem seu território totalmente incluído na Zona Subtropical Sul, limitada, segundo Strahler (1977), pelos paralelos 25°00'S e 35°00'S (Hasenack & Ferraro, 1989). Localizado na borda oriental desta zona, o Estado está inserido, pela classificação de Köppen, no tipo climático Cf (subtropical úmido), apresentando dois subtipos decorrentes das diferenças térmicas originadas pelas variações topográficas: Cfa e Cfb (Danni, 1987). O primeiro subtipo (Cfa) abrange a maior extensão territorial, ocupando áreas com cotas geralmente inferiores a 500m. Caracteriza-se por temperaturas médias compreendidas entre -3°C e 18°C (C) para o mês mais frio e superiores a 22°C para o mês mais quente (a), com precipitação bem distribuída durante o ano e totais superiores a 1200 mm (f). A variedade Cfb diferencia-se, basicamente, pelas temperaturas médias inferiores a 22°C para o mês mais quente (b), em consequência da altitude, já que predomina nas restritas áreas de cotas superiores a 500-600m (Moreno, 1961).

Decorrente desta localização, a dinâmica atmosférica caracteriza-se pela alternância sazonal de massas de ar tropicais e polares. Durante a maior parte do ano, principalmente na primavera e no verão, o Estado recebe as incursões da Massa Tropical Marítima, que é quente, úmida e instável. Gerada na borda ocidental do Anticiclone de Santa Helena, no Atlântico Sul, é responsável pelas altas temperaturas associadas a elevados teores de umidades, favorecendo a ocorrência dos "mormaços" nos meses de janeiro e fevereiro. As características higrométricas desta massa de ar são responsáveis pela presença de névoas úmidas e pelas intensas e passageiras precipitações convectivas, típicas das tardes de verão. No outono e no inverno, a penetração da Massa Polar Marítima, gerada sobre a ampla superfície oceânica que circunda o sul do continente, é mais frequente. Apresenta-se sob a forma de anticlones migratórios (células atmosféricas de alta pressão) precedidos pela descontinuidade da Frente Polar, determinando as copiosas precipitações hibernais. Após a passagem da frente, ocorrem temperaturas extremamente baixas - "ondas de frio" - com o tempo relativamente estável, que caracterizam o Rio Grande do Sul nesta estação. Quando a invasão da massa de ar se processa com rapidez pelo sudoeste, são comuns a ocorrência de nevoeiros e geada (Rocha, 1977). Eventualmente, nos meses de verão podem ocorrer penetrações da Massa Tropical Continental pelo noroeste do Estado. Essa massa é quente e seca, responsável pelas altas temperaturas e baixa umidade - "ondas de calor" - com duração de 3 a 7 dias (Rocha, 1977).

Em questão de poucos dias se sucedem situações de tempo típicas da massa de ar atuante. O tempo estável, sob o domínio da Massa Tropical Marítima (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul), vai se instabilizando com o aumento da temperatura. A passagem das frentes frias provocam chuvas fortes que depois são sucedidas por chuvas fracas e intermitentes. Após a passagem da frente, com o declínio da temperatura e o domínio da Massa Polar Marítima (Anticiclone Migratório Polar), o tempo volta a estabilizar-se. Esta situação permanece por alguns dias, quando, com o enfraquecimento do Anticiclone Polar, retorna o Anticiclone Subtropical e recomeça novamente o ciclo.

Apresentando estas características macroclimáticas, o Baixo Jacuí está inserido na região fisiográfica denominada Depressão Central ou Periférica, que tem suas peculiaridades próprias. É uma região quente (Machado, 1950), com temperatura média anual de 19,4°C. As normais pluviométricas anuais são superiores a 1800 mm. Em relação às

outras regiões do Estado, faz parte do regime de chuvas de inverno (28%), exceto o oeste da região, que acompanha a faixa de outono. A velocidade média geral dos ventos varia entre 1,5 e 2,0 m.s<sup>-1</sup>, predominando acentuadamente os do quadrante leste. A Depressão Central é classificada como pertencente ao tipo climático úmido a subúmido, médio quente (Folha SH.22, 1986). Caracteriza-se por apresentar a precipitação anual entre 800 e 1500 mm e temperatura média anual superior a 18°C. Pela classificação proposta por Köppen, esta região fisiográfica insere-se totalmente no tipo climático Cfa ou subtropical úmido (Moreno, 1961).

É a unidade fisiográfica que ocupa o setor central do Estado, apresentando-se como uma extensa calha de desnudação marginal, constituída de terrenos sedimentares. As altitudes são inferiores a 200 m e o relevo é predominantemente suave e ondulado (GONÇALVES & SANTOS, 1985). A vegetação pertence ao tipo Savana Estépica e Floresta Estacional Decidual e Semi-decidual, estendendo-se pelas planícies e terraços aluviais do rio Jacuí e seus afluentes (Folha SH.22, 1986).

A Depressão Central possui área entre 30.000 e 40.000 km<sup>2</sup>, abrangendo o curso médio inferior do Rio Jacuí e seus afluentes (Zanardi Jr, 1991). É limitada ao sul pelo talude granítico do Planalto Sul-Rio-grandense, a oeste pelo divisor de águas Jacuí - Ibicuí, a leste pelo litoral arenoso, em pequena faixa, após acompanhar os rios Gravataí e Sinos e , finalmente ao norte, pelas escarpas e patamares arenítico-basálticos da borda meridional do Planalto Basáltico (Fernandes,1990).

No vale do Rio Jacuí encontram-se sedimentos cenozóicos de origem lagunar e fluvial, depositados durante uma seqüência de ciclos transgressivos-regressivos (Frank, 1989). Ao norte do vale, apresenta sedimentos gonduânicos principalmente das formações do Rio do Rasto, Sanga do Cabral e Botucatu. Ao sul, ocorrem rochas granitóides do Escudo Sul-rio-grandense.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Elementos do clima**

Para a análise climática, foram identificadas as estações meteorológicas e os postos pluviométricos localizados dentro e na periferia da área em estudo. Utilizando-se como base o Inventário das Estações Pluviométricas (DNAEE,1987), selecionaram-se as estações em função do número de anos e regularidade das observações. Destas estações, foram utilizadas aquelas com maior período de observação continuada (Figura 1, Quadros 1 e 2).

**Quadro 1**  
**ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS DA ÁREA EM ESTUDO**

ESTAÇÃO	ÓRGÃO	COORDENADAS	PERÍODO
1- Taquari	FEPAGRO	29°48'15" S; 51°49'30" W; 76m	1963 a 1987
2- Guaíba	FEPAGRO	30°05'52" S; 51°39'08" W; 46m	1967 a 1987
3- Sto Amaro	DEPRC	29°56' S; 51°54' W; 23m	1972 a 1981
4- Triunfo	DEPRC	29°57' S; 51°40' W; 43m	1953 a 1981
5- Triunfo	INMET	29°52' S; 51°23' W; 40m	1979 a 1988
6- Ilha Mauá	DEPRC	30°01' S; 51°14' W; 4m	1973 a 1979
7- Porto Alegre	INMET	30°03' S; 51°10' W; 47m	1916 a 1988

**Quadro 2**  
**ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DA ÁREA EM ESTUDO**

ESTAÇÃO	ÓRGÃO	COORDENADAS	PERÍODO
1-São Jerônimo	DNAEE	29°57' S; 51°43' W; 13m	1942 a 1986
2-Charqueadas	DNAEE	29°57' S; 51°37' W; 21m	1985 a 1992
3- Butiá	DNAEE	30°07' S; 51°56' W; 60m	1983 a 1992
4-Guaíba Country	DNAEE	30°04' S; 51°33' W; 40m	1967 a 1992
5-Mariana Pimentel	DEPRC	30°20' S; 51°34' W; 124m	1953 a 1966
6-Quitéria	DNAEE	30°24' S; 52°03' W; 300m	1969 a 1992
7-Barra do Ribeiro	DNAEE	30°16' S; 51°18' W; 5m	1976 a 1992

Os dados relativos aos elementos meteorológicos observados foram coletados nos seguintes órgãos :

INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
FEPAGRO	Fundação Estadual de Pesquisas Agronômicas
DEPRC	Departamento de Portos, Rios e Canais
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

Estes dados foram organizados em tabelas e gráficos, correspondendo às médias e totais mensais e anuais dos respectivos elementos meteorológicos observados.

## Altura solar

A altura solar na passagem meridiana a cada mês do ano foi calculada a partir da fórmula:

$$h = 90^\circ - \varphi \pm \delta \quad \text{onde:}$$

$h$  = altura solar

$\varphi$  = latitude do local

$\delta$  = declinação solar para o dia 15 de cada mês (OBSERVATÓRIO NACIONAL, 1986)

## Massas de ar

As massas de ar predominantes em cada mês foram determinadas através do “Diagrama de Termoietas” (Oliver, 1973), um gráfico onde são indicados, através dos valores de temperatura e precipitação, os limites de atuação de cada massa de ar. A cada mês do ano, plota-se na abscissa os valores da precipitação mensal e na ordenada os valores da temperatura média mensal.

O diagrama está dividido em campos de acordo com a massa de ar dominante. Assim, a localização dos pontos permite definir a massa de ar atuante no mês.

## Temperatura média (°C)

A temperatura média anual é o resultado da média das temperaturas mensais. A temperatura média mensal é calculada a partir da temperatura média diária do ar, à sombra, segundo método adotado pelo órgão responsável:

INMET

$$t = (t_{9h} + 2t_{21h} + t_{máx} + t_{mín}) / 5 \text{ onde:}$$

$t$  = temperatura média compensada

$t_{9h}$  = temperatura das 9 horas

$t_{21h}$  = temperatura das 21 horas

$t_{máx}$  = temperatura máxima

$t_{mín}$  = temperatura mínima

FEPAGRO

Mesmo critério adotado pelo INMET

DEPRC

A temperatura média diária é dada pela média aritmética dos 3 horários de leitura (9h,15h,21h), ou seja:

$$t = (t_{9h} + t_{15h} + t_{21h})/3 \quad \text{onde:}$$

$t$  = temperatura média diária  
 $t_{9h}$  = temperatura das 9 horas  
 $t_{15h}$  = temperatura das 15 horas  
 $t_{21h}$  = temperatura das 21 horas

### **Temperatura média das máximas e das mínimas (°C)**

As temperaturas média das máximas e média das mínimas mensais foram calculadas a partir das temperaturas máximas e mínimas diárias, somando-se os valores das temperaturas médias respectivas e dividindo-se pelo número de observações. A temperatura média das máximas e média das mínimas anual é a média daquelas mensais.

### **Temperatura máxima e mínima absoluta (°C)**

Estes valores representam o maior e o menor valor da temperatura ocorrido em toda a série histórica considerada (Fepagro, 1989), tanto para os meses como para o ano.

### **Precipitação (mm)**

Os totais pluviométricos diários são somados para obter-se o total mensal e a precipitação anual é a soma dos totais médios mensais. A precipitação de um dado período é calculada pela média dos totais mensais.

### **Precipitação máxima e mínima (mm)**

São os valores extremos, máximo e mínimo, do total pluviométrico para cada mês e para todo o período da série considerada.

### **Variabilidade pluviométrica (%)**

A variabilidade pluviométrica representa a variação da precipitação em torno da média em um determinado período. É calculada pela fórmula:

$$cv = (s/x) \cdot 100 \quad \text{onde:}$$

$cv$  = coeficiente de variação  
 $s$  = desvio padrão  
 $x$  = média

É usada tanto para o cálculo dos valores mensais como para o anual.

## Evaporação (mm)

Similar à precipitação, altura mensal da evaporação é determinada pela da soma dos totais diários.

## Umidade relativa (%)

A umidade relativa mensal e anual foi calculada pela média dos valores diários, segundo o método adotado pelo respectivo órgão responsável:

INMET

$$ur = (ur_{9h} + ur_{15h} + 2ur_{21h})/4 \quad \text{onde:}$$

$ur =$  *umidade relativa*  
 $ur_{9h} =$  *umidade relativa das 9 horas*  
 $ur_{15h} =$  *umidade relativa das 15 horas*  
 $ur_{21h} =$  *umidade relativa das 21 horas*

FEPAGRO

$$ur = (ur_{9h} + ur_{15h} + ur_{21h})/3 \quad \text{onde:}$$

$ur =$  *umidade relativa*  
 $ur_{9h} =$  *umidade relativa das 9 horas*  
 $ur_{15h} =$  *umidade relativa das 15 horas*  
 $ur_{21h} =$  *umidade relativa das 21 horas*

DEPRC

O mesmo método usado pelo FEPAGRO.

## Direção predominante dos ventos

A direção predominante do vento é aquela com o maior número de registros no mês, sendo a anual a de maior frequência no ano.

## Velocidade média do vento ( $m.s^{-1}$ )

A velocidade média mensal é a soma das velocidades do vento em todas as direções, dividida pelo número de registros. A velocidade média anual é a média dos resultados mensais.

## DIAGRAMAS CLIMÁTICOS

Para uma melhor representação das condições climáticas foram elaborados diagramas climáticos segundo Walter, (1986). Eles mostram, não somente os valores da temperatura e da pluviosidade, mas também a duração e a intensidade das estações relativamente úmidas e secas, a duração e a severidade de um inverno frio ou a possibilidade de geadas prematuras ou tardias. Com estas informações, podemos caracterizar o clima de um ponto de vista ecológico (Walter, 1986). Na abscissa são plotados os meses do ano, começando pela estação fria (de julho a junho no hemisfério sul), de modo a concentrar a estação quente no centro do diagrama. Na ordenada esquerda, são representados os valores da temperatura média mensal e na ordenada direita, os valores da precipitação mensal. Cada 10°C de temperatura correspondem, na escala do diagrama, a 20 mm de precipitação. Quando a precipitação mensal for superior a 100 mm, a escala é reduzida em dez vezes (1/10).

A área enegrecida (precipitação superior a 100 mm) representa o período superúmido. A área hachurada representa os meses relativamente úmidos e corresponde ao período no qual a curva da precipitação encontra-se acima daquela da temperatura. Ocorrem períodos secos quando a curva da temperatura está acima da curva da precipitação. Neste caso, a área entre as curvas é pontilhada.

O nome da estação é colocado no canto superior esquerdo, o número entre parênteses é a altitude da estação e o número entre colchetes é o número de anos de observações. No canto superior direito, o primeiro número é a temperatura média anual e o segundo a precipitação total média anual.

Os números do lado externo da ordenada direita representam, de cima para baixo: temperatura máxima absoluta, temperatura média das máximas, temperatura média das mínimas e temperatura mínima absoluta (Waechter, 1992). Nos diagramas elaborados para a caracterização do clima do Baixo Jacuí, estes números não foram colocados pela falta deste dado em algumas estações meteorológicas.

## BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico climático é um método de estimativa da disponibilidade de água no solo para as plantas (Cunha, 1992). Contabiliza a precipitação perante a evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de armazenamento de água no solo (Tubelis & Nascimento, 1980). O balanço hídrico climático, segundo Cunha (1992), pode ser descrito pela equação:

$$P + D - ETP - A - E = 0 \quad \text{onde:}$$

$P =$  *precipitação pluvial*

$D =$  *deficit*

$ETP =$  *evapotranspiração potencial*

$A =$  *variação no armazenamento de água no solo*

$E =$       *excedente hídrico*  
 $ETR =$    *evapotranspiração real*

No caso ideal, o balanço hídrico é nulo, isto é, a contabilização de todos os parâmetros integrantes é zero (conservação de massa). O processo de ganho de água pelo solo realiza-se pela precipitação pluvial ou por irrigação. O solo, recebendo esta água, vai tendo seus poros preenchidos. Da água que penetrou no solo, parte fica armazenada no perfil de solo considerado e parte percola para áreas mais profundas. A água superficial é perdida por evaporação e a da superfície das plantas por transpiração e evaporação. Esta água é, muitas vezes, retirada do perfil considerado, o qual vai sofrendo um processo de variação em seu armazenamento (Ometto, 1981).

O deficit hídrico corresponde à quantidade de água que necessita ser suplementada ao sistema para manutenção da evapotranspiração em seu nível potencial. Quando a precipitação supera a evapotranspiração potencial, estando o solo na sua capacidade máxima de armazenamento, ocorre excesso hídrico. Ele representa a perda combinada de água através da percolação no perfil do solo e pelo escoamento superficial (Cunha, 1992).

A metodologia utilizada para o cálculo e representação gráfica do balanço hídrico são as propostas por Thornthwaite-mather (1955). Os valores numéricos do balanço hídrico resultaram de uma planilha de cálculo organizada pelo Departamento de Agrometeorologia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, a partir da relação entre a precipitação e a evapotranspiração para cada mês, considerando a capacidade de armazenamento igual a 100 mm de água. Os valores normais da precipitação foram obtidos junto aos órgãos operadores, já descritos anteriormente.

A evapotranspiração potencial foi calculada pelo método de Penman (Fontana, 1992), modificado por Justus *et al.* (1986), utilizando as equações de regressão calculadas por Oliveira *et al.* (1978). Estas equações relacionam a evapotranspiração potencial com a altitude, a latitude e a distância mínima ao Oceano, permitindo estimar os valores médios mensais e anuais (Folha SH.22, 1986).

A partir das tabelas, foram gerados gráficos que demonstram o curso anual do balanço hídrico (Tubelis & Nascimento, 1980). As curvas representam a precipitação, a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real, onde:

- $P < ETP$  - é retirada água do solo, podendo ocorrer deficit hídrico;
- $P > ETP$  - é reposta água no solo, podendo ocorrer excedente hídrico;
- $ETR < ETP$  - existência do deficit hídrico;
- A área entre as curvas de ETP e ETR corresponde ao deficit hídrico;
- A área entre as curvas de ETR e P corresponde à retirada de água do solo;
- A separação entre os períodos de reposição de água no solo e o excedente é feita no primeiro mês com excesso após o período de deficit hídrico.

## CONCLUSÃO

O estudo das variáveis climáticas de superfície na área do Baixo Jacuí, elaborado com os dados disponíveis das estações meteorológicas já existentes na área em estudo, permite algumas conclusões gerais.

Quanto à temperatura, é possível afirmar que entre os valores médios das estações meteorológicas existe uma certa homogeneidade nos resultados. Já nos valores da amplitude térmica anual existe a tendência desta aumentar com a distância ao Oceano Atlântico, ao longo da Depressão Central. Numa área em que a amplitude topográfica é pequena, a influência da continentalidade se destaca.

O mesmo não ocorre quanto ao regime pluviométrico, onde as diferenças entre os locais analisados são decorrentes das diferenças altimétricas. Com o aumento da altitude, no sentido norte e sul a partir do leito do Rio Jacuí, tendem a aumentar os valores da precipitação.

Os ventos predominantes são de sudeste, sendo mais intensos nos meses da primavera.

A umidade relativa do ar é alta o ano inteiro, sempre superior a 70%, em função do alto teor de umidade das massas atuantes.

Uma análise integrada dos elementos climáticos mostra que a área não possui estação seca, apesar de apresentar, em alguns locais, meses com deficiência hídrica no solo, entre outubro e março. Esta deficiência não é resultado da falta de precipitação, mas da relação desta com a evapotranspiração potencial e com a capacidade de campo utilizada (100 mm). No inverno, com o aumento dos totais pluviométricos e a diminuição da evapotranspiração, é comum ocorrer excedente hídrico na área.

TABELA 1 ELEMENTOS DO CLIMA - GUAÍBA

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: GUAÍBA

COORDENADAS: 30°04'25"S; 51°43'42"W; 46m

MUNICÍPIO: ELDORADO DO SUL FONTE: IPAGRO

PERÍODO: 1967-87

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)					PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	
			MÉDIA DAS MÁX	MÉDIA DAS MÍN	MÉDIA ABS	MÁX ABS	MÍN	TOTAL (mm)	MÁX (mm)	MÍN (mm)	VARIAB (%)			DIR. PRED.	VEL. MÉDIA
J	81° 13' 53"	mT	25,6	30,1	19,3	39,0	1,9	109,2	207,7	4,0	55,4	149,9	71	SE	5,0
F	72° 56' 40"	mT	25,5	30,0	19,7	37,0	11,1	112,3	238,0	37,9	45,7	115,8	74	SE	4,7
M	62° 03' 46"	mT	23,6	28,0	18,0	37,0	8,8	112,9	216,8	31,2	51,1	106,2	78	SE	4,3
A	50° 09' 31"	mT/mP	20,1	24,7	14,4	35,0	3,2	100,5	187,2	8,7	52,2	86,5	80	SE	3,7
M	41° 03' 26"	mT/mP	16,6	21,3	11,5	33,0	0,2	108,6	392,7	12,8	81,9	68,9	83	SE	3,4
J	36° 36' 51"	mP	14,0	18,4	9,1	30,0	-3,8	159,1	359,8	51,9	51,7	57,1	83	SE	3,6
J	38° 23' 56"	mP	14,3	19,0	9,4	31,1	-2,3	136,8	233,0	58,9	43,7	57,7	84	SE	3,6
A	45° 52' 24"	mP	15,1	19,4	10,1	33,0	-1,3	142,9	306,8	5,8	52,1	69,4	82	SE	4,4
S	56° 53' 55"	mP/mT	17,2	21,6	11,7	34,2	0,3	128,1	268,6	11,1	58,1	89,1	78	SE	5,0
O	68° 26' 36"	mT/mP	19,9	23,7	13,9	35,4	4,6	100,3	217,8	21,0	53,0	114,8	75	SE	5,6
N	78° 24' 46"	mT	21,9	26,2	15,5	40,2	7,0	98,0	260,4	6,4	60,1	125,6	73	SE	5,3
D	83° 11' 46"	mT	24,3	28,8	17,7	39,2	7,2	98,0	207,5	35,4	43,4	151,0	70	SE	5,2
ANO			19,8	24,3	14,2	40,2	-3,8	1406,7	392,7	4,0	25,6	1192,0	78	SE	4,5

TABELA 2 ELEMENTOS DO CLIMA - ILHA MAUÁ

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: PORTO ALEGRE

COORDENADAS: 30°01'S; 51°14'W; 4m

MUNICÍPIO: PORTO ALEGRE FONTE: DEPRC

PERÍODO: 1973-79

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)					PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	
			MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÁX	MÍN	TOTAL	MÁX	MÍN	VARIAB			DIR.	VEL.
			DAS MÁX	DAS MÍN	ABS	ABS	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	PRED.			MÉDIA	
J	81°13'18"	mT	25,0	31,8	19,5			98,8	156,8	3,5	62,9	75,0	71	SE,S	2,3
F	72°56'05"	mT	25,0	31,8	20,2			95,2	163,1	32,5	52,5	70,6	74	SE	2,1
M	62°03'11"	mT	23,2	28,7	19,2			91,8	167,0	55,9	49,2	64,8	78	SE	2,2
A	50°08'56"	mT/mP	19,4	25,2	14,3			97,8	191,1	14,1	67,5	56,5	77	SE	2,5
M	41°02'51"	mT/mP	16,8	22,2	11,4			111,4	215,4	27,1	64,1	39,9	82	S	2,4
J	36°36'16"	mP	13,9	20,0	9,3			135,1	207,9	70,8	42,4	33,2	84	S	2,3
J	38°23'21"	mP/mT	14,6	20,6	10,5			139,1	218,3	80,6	46,1	37,3	84	S	2,0
A	45°41'49"	mP/mT	14,8	19,8	11,2			161,5	329,1	87,9	54,2	39,6	82	S	2,3
S	56°53'20"	mP/mT	17,2	22,9	13,0			98,3	150,5	44,5	38,6	54,2	80	S	2,2
O	68°26'01"	mT/mP	20,0	25,2	15,5			74,1	141,7	20,1	55,2	62,9	75	SE	2,3
N	78°24'11"	mT	21,5	27,1	16,7			103,2	129,6	79,6	19,7	70,5	69	S	2,2
D	83°11'12"	mT	23,9	29,5	19,0			104,5	118,0	83,1	11,7	80,7	72	SE	2,2
ANO			19,6	25,4	15,0			1310,8	329,1	14,1	25,6	685,2	77	SE,S	2,3

TABELA 3 ELEMENTOS DO CLIMA - PORTO ALEGRE

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: PORTO ALEGRE

COORDENADAS: 30°01'S; 51°13'W; 47m

MUNICÍPIO: PORTO ALEGRE FONTE: INMET

PERÍODO: 1916-88

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)					PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	
			MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÁX	MÍN	TOTAL	MÁX	MÍN	VARIAB			DIR.	VEL.
			DAS MÁX	DAS MÍN	ABS	ABS	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	PRED.			MÉDIA	
J	81°18'	mT	24,7	30,5	20,1	40,7	10,4	101,6	275,1	10,0	62,7	106,7	71	SE	2,5
F	73°01'	mT	24,6	30,1	20,3	40,4	11,3	100,7	231,7	20,5	47,4	89,8	74	SE	2,3
M	62°08'	mT	23,2	28,6	19,0	38,9	9,0	93,9	247,7	3,7	51,7	86,3	76	SE	2,1
A	50°14'	mT/mP	19,9	25,3	15,8	35,9	4,5	92,1	386,6	0,5	74,9	65,6	77	SE	1,9
M	41°08'	mT/mP	17,0	22,1	12,8	33,4	0,4	102,8	405,5	2,5	68,7	49,4	81	SE	1,5
J	36°41'	mP	14,7	19,8	10,8	31,5	-2,0	133,3	403,6	16,6	57,5	39,7	82	SE	1,4
J	38°28'	mP	14,4	19,5	10,3	32,9	-1,3	120,8	280,1	11,0	52,8	44,0	81	SE	1,6
A	45°57'	mP	15,2	20,4	10,9	34,9	-1,5	127,3	330,0	19,2	53,1	50,0	79	SE	1,7
S	56°58'	mT/mP	16,8	21,8	12,8	36,1	2,2	133,1	362,7	15,2	48,5	60,2	78	SE	2,5
O	68°31'	mT/mP	19,0	24,0	14,8	37,1	0,9	110,5	317,3	19,9	60,1	77,1	75	SE	2,8
N	78°29'	mT	21,2	26,7	16,5	39,8	6,4	85,1	283,4	5,1	67,1	92,2	71	SE	2,9
D	83°16'	mT	23,4	29,2	18,6	39,6	7,8	95,0	224,2	0,4	55,1	108,5	69	SE	2,8
ANO			19,5	24,8	15,2	40,7	-2,0	1296,2	405,5	0,4	21,0	869,5	76	SE	2,2

TABELA 4 ELEMENTOS DO CLIMA - STO AMARO

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: SANTO AMARO

COORDENADAS: 29°56'S; 51°54'W; 46m

MUNICÍPIO: GENERAL CÂMARA FONTE: DEPRC

PERÍODO: 1967-87

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)					PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	
			MÉDIA DAS MÁX	MÉDIA DAS MÍN	MÉDIA ABS	MÁX ABS	MÍN ABS	TOTAL (mm)	MÁX (mm)	MÍN (mm)	VARIAB (%)			DIR. PRED.	VEL. MÉDIA
J	81°22'18"	mT	25,5					116,4	224,8	22,8	50,3		80	NE	1,8
F	73°05'05"	mT	25,3					114,3	168,4	69,8	31,5		83	NE	1,8
M	62°12'11"	mT	23,4					105,5	159,2	78,8	25,3		84	NE,E,S	1,6
A	50°17'56"	mT/mP	19,8					84,0	137,4	6,2	55,5		85	S	1,6
M	41°11'51"	mT/mP	17,2					103,4	178,9	45,2	41,3		85	NE	1,8
J	36°45'16"	mP	13,6					129,8	221,2	61,0	39,2		84	E	1,7
J	38°32'21"	mP	13,5					172,0	238,6	61,2	36,3		83	S	2,1
A	46°00'49"	mP	14,2					185,4	300,4	91,0	40,9		82	S	2,1
S	57°02'20"	mP	15,9					120,3	275,8	23,6	69,9		82	E,S	2,0
O	68°35'01"	mT/mP	19,3					100,2	228,2	46,4	59,6		82	S	2,3
N	78°33'11"	mT	21,8					99,4	172,4	12,6	49,2		81	E	2,3
D	83°20'12"	mT	23,9					105,4	188,3	60,6	49,6		80	NE,S	2,1
ANO			19,5					1436,1	300,4	6,2	52,8		83	S	1,9

TABELA 5 ELEMENTOS DO CLIMA - TAQUARI

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: TAQUARI

COORDENADAS: 29°48'15"S; 51°49'30"W; 76m

MUNICÍPIO: TAQUARI

FONTE: IPAGRO

PERÍODO: 1963-87

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)					PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	
			MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÁX	MÍN	TOTAL	MÁX	MÍN	VARIAB			DIR.	VEL.
			DAS MÁX	DAS MÍN	ABS	ABS	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	PRED.			MÉDIA	
J	81°30'03"	mT	25,6	30,4	19,5	40,8	10,6	125,3	243,3	4,9	48,9	93,5	74	SE	2,3
F	73°12'50"	mT	25,5	30,2	19,9	38,0	11,0	123,9	289,0	39,0	48,2	78,6	76	SE	2,3
M	62°19'56"	mT	23,6	28,2	18,3	37,8	7,0	124,4	229,1	34,0	37,4	70,6	79	SE	1,9
A	50°25'41"	mT/mP	20,4	25,1	15,0	35,8	3,9	100,1	245,4	15,0	65,9	56,5	81	SE	1,6
M	41°19'36"	mT/mP	17,5	22,2	12,3	33,6	1,2	105,4	267,0	0,7	65,7	46,8	82	SE	1,5
J	36°53'01"	mP	14,8	19,3	10,0	31,0	-2,6	152,1	389,3	56,4	52,1	39,8	83	SE	1,5
J	38°40'06"	mP	15,2	19,7	10,2	31,8	-1,0	142,4	267,2	52,6	45,9	44,5	83	SE	1,6
A	46°08'34"	mP/mT	15,5	19,8	10,6	34,2	-1,0	160,2	325,1	16,0	48,0	46,9	82	SE	1,9
S	57°10'05"	mP/mT	17,6	22,0	12,4	36,2	0,9	143,9	306,6	32,4	50,8	59,1	79	SE	2,3
O	68°42'46"	mT/mP	20,1	24,6	14,3	36,9	5,0	129,8	293,3	27,6	53,9	76,0	76	SE	2,4
N	78°40'56"	mT	22,4	26,8	16,1	40,6	6,6	127,1	281,1	16,2	58,4	87,1	73	SE	2,5
D	83°27'57"	mT	24,6	29,3	18,2	39,0	9,2	105,3	174,9	13,0	46,6	98,5	71	SE	2,5
ANO			20,2	24,8	14,7	40,8	-2,6	1539,8	389,3	0,7	18,3	797,9	78	SE	2,0

TABELA 6 ELEMENTOS DO CLIMA - TRIUNFO

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: TRIUNFO

COORDENADAS: 29°57'S; 51°40'W; 43m

MUNICÍPIO: TRIUNFO

FONTE: DEPRC

PERÍODO: 1953-81

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)					PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	
			MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÁX	MÍN	TOTAL	MÁX	MÍN	VARIAB			DIR.	VEL.
			DAS MÁX	DAS MÍN	ABS	ABS	(mm)	(mm)	(mm)	(%)	PRED.			MÉDIA	
J	81°21'18"	mT	24,7	31,4	19,4			118,0	299,8	3,5	53,1	62,7	77	SE	2,4
F	73°04'05"	mT	24,4	30,8	19,5			114,7	251,4	11,3	50,7	50,0	80	SE	2,0
M	62°11'11"	mT	22,8	29,2	18,0			97,8	182,8	32,4	41,9	42,7	82	SE	2,1
A	50°16'56"	mT/mP	19,0	25,6	14,3			91,9	236,8	2,4	67,1	36,6	84	SE	2,0
M	41°10'51"	mP	15,8	22,6	11,3			77,3	173,4	3,0	57,0	28,7	87	SE	1,7
J	36°44'16"	mP	13,5	19,8	9,5			134,1	279,5	33,7	45,2	26,3	87	SE	2,1
J	38°31'21"	mP	13,5	20,0	9,3			132,9	294,1	36,7	55,2	25,0	87	SE	1,9
A	45°59'49"	mP	14,8	20,9	10,2			141,3	300,2	17,0	50,9	30,0	86	SE	2,0
S	57°01'20"	mT/mP	16,3	22,5	12,3			144,5	312,3	40,4	47,7	35,9	84	SE	3,4
O	68°34'01"	mT/mP	19,1	25,2	14,4			108,7	222,1	22,8	52,9	45,5	81	SE	2,3
N	78°32'11"	mT	21,3	27,6	15,9			84,9	244,4	7,3	63,4	52,5	78	SE	2,3
D	83°19'12"	mT	23,5	30,2	18,1			103,8	195,4	33,7	42,7	55,2	76	SE	2,3
ANO			19,1	25,5	14,4			1349,9	312,3	2,4	15,4	491,2	82	SE	2,2

TABELA 7 ELEMENTOS DO CLIMA - TRIUNFO

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA: TRIUNFO

COORDENADAS: 29°52'S; 51°23'W; 40m

MUNICÍPIO: TRIUNFO

FONTE: INMET

PERÍODO: 1979-88

MÊS	ALTURA SOLAR	MASSAS DE AR	TEMPERATURA (°C)				PRECIPITAÇÃO				EVAPO (mm)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)		
			MÉDIA	MÉDIA	MÉDIA	MÁX	MÍN	TOTAL	MÁX	MÍN			VARIAB	DIR.	VEL.
			DAS MÁX	DAS MÍN	ABS	ABS	(mm)	(mm)	(mm)	(%)			PRED.	MÉDIA	
J	81°26'18"	mT	24,9	31,4	20,0		97,2	163,9	26,4	56,8	112,8	77			
F	73°09'05"	mT	24,7	31,1	20,3		125,4	254,1	8,2	58,9	111,2	78			
M	62°16'11"	mT	23,2	29,6	18,6		92,0	183,7	14,0	63,9	111,2	80			
A	50°21'56"	mT/mP	19,5	25,6	16,0		118,5	224,4	20,1	50,1	82,9	84			
M	41°15'51"	mT/mP	17,0	22,1	13,0		132,9	261,3	42,3	60,2	81,8	82			
J	36°49'16"	mP	13,7	19,3	9,6		151,8	337,2	58,2	65,3	66,8	85			
J	38°36'21"	mP/mT	14,7	19,9	10,3		145,8	256,2	51,3	45,8	67,6	83			
A	46°04'49"	mP/mT	15,2	20,4	11,4		143,6	292,3	25,2	59,7	69,9	84			
S	57°06'20"	mP/mT	16,4	21,8	12,1		145,1	227,1	51,7	46,6	72,4	81			
O	68°39'01"	mT/mP	18,8	25,2	14,3		123,0	236,7	43,4	53,1	92,2	78			
N	78°37'11"	mT	21,2	27,6	16,6		148,5	316,7	3,6	62,5	82,1	76			
D	83°24'12"	mT	23,0	29,7	18,2		113,8	169,1	47,8	30,1	107,3	77			
ANO			19,0	24,9	14,7		1537,6	337,2	3,6	28,0	956,1	81			

TABELA 8 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA SAZONAL (MÉDIA DE 3 MESES)

	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	ANO	nº de anos
B. RIBEIRO	91,5	106,4	140,5	120,0	1375	14
BUTIÁ	92,6	136,6	140,3	136,2	1517	8
CHARQUE.	115,0	112,5	123,4	167,2	1554	5
GUAÍBA	105,1	104,8	143,0	103,8	1370	15
GUAÍBA CC	98,3	93,9	119,8	110,4	1267	20
I. MAUÁ	99,2	100,3	148,5	97,5	1336	5
M.PIMENTEL	112,3	91,8	116,7	127,8	1346	13
P. ALEGRE	99,1	96,3	127,2	109,6	1296	62
QUITÉRIA	118,5	113,3	154,8	119,6	1518	22
S.JERÔNIMO	85,3	70,5	116,9	84,4	1072	31
STO.AMARO	112,6	97,6	162,4	106,6	1438	8
TAQUARI	118,2	109,9	151,6	133,6	1540	25
TRIUNFO D.	111,6	114,5	151,0	140,3	1552	9
TRIUNFO I.	107,2	85,5	135,7	115,6	1332	20

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CUNHA, G. Balanço hídrico climático. In: BERGAMASCHI, H. (coord.) *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1992. p.63-84.
- DANNI, I.M. 1987. *Aspectos témporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982 - Contribuição ao estudo do clima urbano*. Tese de mestrado. 2v. Pós-Graduação em Geografia, Universidade de São Paulo, 1992.
- DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. *Inventário das estações pluviométricas*. Brasília: MME-DNAEE, 1981.
- FERNANDES, A.G.; BEZERRA, P. *Estudo fitogeográfico do Brasil*. Fortaleza: Stylus, 1990. 205p.
- FRANK, H.T. 1989. *Geologia e geomorfologia das folhas de Morretes, São Leopoldo, São Jerônimo, Guaíba e Arroio dos Ratos*, RS. Tese de mestrado. Pós-Graduação em Geociências da UFRGS. 1990. 160 p.
- FOLHA SH.22. *Porto Alegre e parte das folhas S.H.21 Uruguaiana e Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 791 p.
- FONTANA, D.C. Determinação da evapotranspiração. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre, Ed. Universidade/UFRGS, 1992. p.48-61.
- GONÇALVES, J. M. S.; SANTOS, N. M. Análise das classificações do relevo para o Rio Grande do Sul. *Boletim Gaúcho de Geografia*, Porto Alegre, n.13, p.3-20, 1985.
- HASENACK, H.; FERRARO, L. W. Considerações sobre o clima da região de Tramandaí, RS. *Pesquisas*, Porto Alegre, n.22, p.53-70, 1989.
- IPAGRO. Instituto de Pesquisas Agronômicas. *Atlas agroclimático do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989. 3 v.
- JUSTUS, A. R. M.; MONTANA, C. E.; OLIVEIRA, A. A. B.; RIBEIRO, A. G. Uso potencial da terra. In: FOLHA SH.22. 1986. *Porto Alegre e parte das folhas S.H.21 Uruguaiana e Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, 1986. p.633-791.
- MACHADO, F. P. *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro. IBGE, 1950, 91p.
- MORENO, J. A. *O clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961 42p.
- MOTA, F. S. *Meteorologia agrícola*. 6.ed. São Paulo: Nobel, 1983. 376p.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.
- OBSERVATÓRIO NACIONAL. *Efemérides astronômicas, 1987*. Rio de Janeiro: CNPq - Observatório Nacional, 1986.
- OLIVEIRA, M. O.; MOTA, F. S.; SILVA, J. B. Estimativa da evapotranspiração potencial (Penman) em função de fatores geográficos no Brasil. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.30, n.4, p.474-81, 1978.
- OLIVER, J. E. *Climate and man's environment an introduction to applied climatology*. New York: Wiley, 1973. 517p.
- OMETTO, J. C. *Bioclimatologia vegetal*. São Paulo: Ceres, 1981. 440p.
- PADCT. Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CENECO, 1990. Relatório Técnico.
- ROCHA, G. L., 1977. *O clima do Parque Delta do Jacú*. Porto Alegre, 1977. 31p. Relatório apresentado à PMPA-SPM. Datilografado.
- SANT'ANNA NETO, J. L. 1993. Tipologia dos sistemas naturais costeiros do estado de São Paulo. *Revista de Geografia*, São Paulo, n.12, p.47-85. .
- STRAHLER, A. N. *Geografia física*. 2.ed. Barcelona: Omega, 1977. 767p.
- TAUK, S. M. (Org.) 1991. *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed. Unesp, 1991, 169p.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. *Meteorologia descritiva - fundamentos e aplicações brasileiras*. São Paulo: Nobel, 1980. 374p.
- WAECHTER, J. L. 1992. *O epifitismo vascular na planície costeira do Rio Grande do Sul*. Tese de doutorado. Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 1992. 163p.
- WALTER, H. 1986. *Vegetação e zonas climáticas*. São Paulo: EPU. 325 p.
- ZANARDI JR, V.; PORTO, M.L. 1991. Avaliação do sistema de lagoas em área de mineração de carvão a céu aberto: metais pesados na água, planta e substrato. *Boletim do Instituto de Biociências*, Porto Alegre, n.49, p.1-83, 1991.

# SOLOS

Paulo Schneider  
Nestor Kämpf  
Élvio Giasson

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta o mapeamento e caracterização dos solos não perturbados, referentes ao sub-projeto 2.1.1.- “Mapeamento e Caracterização de Solos Construídos e de Solos não Perturbados de Área de Mineração” (Projeto PADCT/CIAMB - CNPq 0233.92). Este mapeamento, inicialmente previsto para as áreas de mineração e adjacências, foi expandido, abrangendo grande parte da Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí.

Os municípios de Charqueadas, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Butiá e Minas do Leão, situados na referida Bacia, têm na mineração do carvão e na agricultura, onde se destacam a orizicultura, a silvicultura e a pecuária extensiva, as principais atividades econômicas. Com a crise energética surgida na década de 1970, a retomada e ampliação da mineração de carvão passou a ser enfocada como uma das alternativas para atender a demanda energética da região sul do país. Pelo seu impacto ambiental em extensas áreas, a ampliação desta atividade, além de influenciar a qualidade de vida, poderá ter reflexos nas atividades agrícolas da região e das regiões adjacentes. Para melhor avaliar estes impactos, planejar estas atividades e fornecer subsídios para a recuperação de áreas mineradas e de áreas utilizadas como descarte de rejeitos de mineração, são necessárias informações mais detalhadas quanto aos solos, suas características e potencial de uso para fins diversos. O objetivo do trabalho foi, portanto XXX o levantamento ao nível de reconhecimento com alta intensidade da área acima mencionada.

## METODOLOGIA

A área abrangida pelo levantamento, com aproximadamente 950 Km<sup>2</sup>, situa-se nas bacias hidrográficas do Arroio dos Ratos, Arroio da Porteira e do Arroio do Conde,

as quais ocupam parte dos municípios de Charqueadas, São Jerônimo, Arroio dos Ratos, Butiá e Minas do Leão.

## Mapeamento dos Solos

O mapeamento dos solos foi realizado através de fotointerpretação sobre fotos aéreas com escala de 1:60.000 e observações a campo. Para a produção do mapa final de solos, em escala de 1:100.000, a área útil de cada foto aérea foi georreferenciada com apoio das cartas de 1:50.000 do Serviço Geográfico do Exército e os delineamentos, correspondentes a unidades de mapeamento de solos (UM), foram digitalizados com auxílio de mesa digitalizadora VAN GOGH e dos programas TOSCA 2.0 e IDRISI 4.1. Após a digitalização e rasterização dos polígonos (UM), foi produzida a imagem final do mapa de solos com o uso dos programas IDRISI e COREL DRAW 5.0.

## Caracterização dos Solos

A descrição morfológica e coleta de amostras dos perfis modais das classes taxonômicas identificadas na área foram realizadas de acordo com o Manual de Descrição e Coleta de Solo a Campo (LEMOS & SANTOS, 1984).

Na fração terra fina seca ao ar, obtida após secagem e peneiragem das amostras, foram feitas as seguintes análises físicas e químicas, seguindo a metodologia adotada por EMPRAPA (1989): granulometria (percentagem de areia grossa e fina, silte e argila), argila dispersa em água,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$  e pH em água. Com os resultados obtidos, foram calculados através das respectivas fórmulas:

- grau de flocculação (GF) =  $(\% \text{argila total} - \% \text{argila dispersa em água})100 / \text{argila total}$

- soma de bases (S) =  $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^+ + \text{K}^+$ ; ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ )

- capacidade de troca de cátions (T) =  $S + (\text{H}^+ + \text{Al}^{+3})$ ; ( $\text{cmol.kg}^{-1}$ )

- saturação de bases (V%) =  $(S/T)100$

- saturação com alumínio (Al%) =  $\text{Al}^{+3} \times 100 / S + \text{Al}^{+3}$ .

O ferro total ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) foi determinado após extração com HCl 6N, segundo metodologia proposta por DICK & KÄMPF (1988).

A interpretação dos resultados analíticos foi baseada nos seguintes parâmetros:

### Carbono Orgânico (%)

< 1,5           baixo  
1,5 - 2,9       médio  
> 2,9           alto

### Valor T ( $\text{cmol/kg}^{-1}$ )

< 6,0           baixo  
6,0 - 10,0     médio  
> 10,0         alto

### Acidez (pH)

< 5,0       muito baixo  
5,0 - 5,5   baixo  
5,6 - 6,0   médio  
> 6,0       alto

### Valor S ( $\text{cmol/kg}^{-1}$ )

< 4,0       baixo  
4,0 - 6,0   médio  
> 6,0       alto

Valor V (%)		Alumínio (cmol/kg <sup>-1</sup> )
< 35	baixo	< 0,50 tolerável
35 - 60	médio	> 0,50 prejudicial

Argila (%)	
< 15	textura arenosa
15 - 35	textura argilosa
> 35	textura muito argilosa

## – CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA

Os solos foram classificados segundo CAMARGO *et al.* (1987) e os critérios adotados pelo SNLCS (EMBRAPA, 1988).

## – CLASSIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DAS TERRAS

A partir da interpretação das características dos solos e demais aspectos fisiográficos, foi feita a classificação do potencial de uso das terras para fins agrícolas, urbanização e descarte de lixo, efluentes e rejeitos urbanos, industriais e de mineração. A metodologia adotada consta em **RESULTADOS**.

## – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 1 (, 1986)

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO LATOSSÓLICO ÁLICO Tb A moderado textura média/argilosa substrato granitos e migmatitos

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Unidade simples PE1 e associações PE5, PVe PT2.

LOCALIZAÇÃO - Município de Charqueadas, BR 290, trecho Porto Alegre - Butiá. Entrada à direita para Charqueadas, a 4km desta entrada, barranco do lado esquerdo. 30°02'S e 51°31'WGr.Folha SH 22-YB.

SITUAÇÃO, DECLIVE - Coletado em corte de estrada com declividade de 6% sob vegetação de campo.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Rochas migmáticas e metamórficas do Complexo Canguçu.

MATERIAL DE ORIGEM - Produto de decomposição de granitos e migmatitos retrabalhados

RELEVO LOCAL - Suavemente ondulado

RELEVO REGIONAL - Suavemente ondulado

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Campo Nativo  
USO ATUAL - Pastagem e reflorestamento com eucalipto.

B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>Ap</b>	0-36cm; bruno-avermelhado-escuro (3,4YR 3/4, úmido); franco-argiloso; forte muito pequena granular de aspecto maciço e fraca pequena blocos subangulares; friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
<b>AB</b>	35-60cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; fraca pequena blocos subangulares; plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
<b>BA</b>	60-95cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca a moderada e comum; friável a firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
<b>B<sub>1</sub></b>	95-155cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; fraca a moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade fraca a moderada e pouca; friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
<b>B<sub>2</sub></b>	155-210cm+; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; fraca pequena a média blocos subangulares com aspecto de maciça porosa; cerosidade fraca e pouca; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso a pegajoso.

C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total-%				Composição granulométrica da fração terra fina (dispersa com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00-0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002mm)				
Ap	0 - 35	0	1	99	30	15	45	22	33	27	18	0,7	
AB	- 60	0	1	99	24	13	37	19	44	35	20	0,4	
BA	- 95	0	1	99	21	11	32	18	50	44	12	0,4	
B <sub>1</sub>	- 155	0	1	99	18	9	27	20	53	1	98	0,4	
B <sub>2</sub>	- 210+	0	2	98	18	9	27	22	51	0	100	0,5	

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sorvível cmol kg <sup>-1</sup>										Valor V (saturação de bases) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup>	Ativ Argila cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %
	H <sub>2</sub> O	KCl 1N	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)						
Ap	4,7	3,6	1,0	0,8	0,03	0,03	1,9	3,2	5,3	7,2	26	63	10	0,85		
AB	4,8	3,7	1,5	0,2	0,02	0,02	1,7	4,1	6,2	7,9	22	71	10	0,77		
BA	4,9	3,7	1,7	0,4	0,02	0,02	2,1	4,0	5,8	7,9	27	66	10	0,67		
B <sub>1</sub>	5,0	3,7	1,4	1,0	0,02	0,03	2,5	3,7	5,0	7,5	33	60	10	0,47		
B <sub>2</sub>	5,0	3,7	1,0	1,1	0,02	0,03	2,2	3,3	4,2	6,4	34	60	10	0,34		

## PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO Tb A proeminente, textura média/ argilosa substrato siltitos e arenitos

### – CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

É um solo muito profundo, de textura média nos horizontes superficiais passando à argilosa nos subsuperficiais, bem drenado, com cores bruno-avermelhado-escuras, passando a vermelho-escuro e bruno-avermelhado em profundidade e com transições graduais e difusas entre os horizontes (Fig. 3, Apêndice 8). É um solo ácido com baixos teores de matéria orgânica, baixa a média soma de bases trocáveis, médios valores de saturação de bases e de capacidade de troca de cátions.

Este solo ocorre na parte oeste da área, entre o Arroio do Conde e a Sanga da Cascata, em relevo suavemente ondulado e ondulado, formando a unidade de mapeamento simples PE2.

### – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

#### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 2

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO, EUTRÓFICO Tb A proeminente textura média/ argilosa substrato siltitos e arenitos.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Unidade simples PE2 e associação PE6

LOCALIZAÇÃO - Propriedade do Sr. Alencastro - município de Butiá.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Terço superior de colina, com 3-6% de declive.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Folhelhos do grupo Guatá.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-siltosos.

RELEVO LOCAL - Suave ondulado

RELEVO REGIONAL - Ondulado

EROSÃO - Moderada a forte laminar.

DRENAGEM - Bem drenado.

VEGETAÇÃO - Local: Pastagem nativa em antiga área de lavoura.

Regional: Pastagens nativas, lavouras em pousio, matas de eucalipto, acácia.

USO ATUAL - Pecuária extensiva.

## B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A</b>	0-22cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido), bruno-avermelhado (5YR 5/4 seco); franco-argiloarenoso; moderada média blocos subangulares que se desfaz em média granular muitos poros muito pequenos; duro, friável, ligeiramente pegajoso a pegajoso, plástico; transição plana e gradual; raízes abundantes.
<b>BA</b>	22-50cm, vermelho-escuro-acinzentado a bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmido), bruno-avermelhado (5YR 3/4, seco); franco-argiloso; moderada média blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; duro, friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; transição plana e gradual; raízes comuns.
<b>Bt<sub>1</sub></b>	50-87cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; moderada média a grande blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; muito duro, friável, pegajoso, ligeiramente plástico; transição plana e difusa; poucas raízes.
<b>Bt<sub>2</sub></b>	87-165cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido); argila; moderada pequena a grande blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; cerosidade pouca e fraca; muito duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; poucas raízes.
<b>Bt<sub>3</sub></b>	165-200+cm, bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, úmido); argila; moderada médios blocos subangulares; muitos poros muito pequenos; cerosidade comum e fraca; muito duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; raízes raras.
	Obs.: Nos horizontes Bt <sub>1</sub> e Bt <sub>3</sub> ocorrem algumas concreções tipo chumbo de caça com 2 a 4cm de diâmetro.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total - %	Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %				Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Silte % Argila			
		Calhaus (>20m)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)				areia fina (0,20 - 0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 -mm)
A	0 - 22	-	-	-	33	23	16	28	-	-	0,6
BA	- 50	-	-	-	27	18	14	41	-	-	0,3
Bt <sub>1</sub>	- 87	-	-	-	26	16	15	43	-	-	0,4
Bt <sub>2</sub>	- 165	-	-	-	22	16	12	50	-	-	0,2
Bt <sub>3</sub>	- 200+	-	-	-	24	16	15	45	-	-	0,3

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sortivo cmol kg <sup>-1</sup>								Valor V (saturação de bases) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Anv. Argil-a cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %
	H <sub>2</sub> O	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)				
A	4,9	4,1	2,2	1,22	0,19	0,09	3,7	0,7	3,0	6,7	55	15	6	1,10
BA	4,9	3,9	1,9	0,96	0,11	0,08	3,0	1,6	3,6	6,6	45	34	7	0,87
Bt <sub>1</sub>	4,9	4,0	2,2	2,61	0,08	0,10	5,0	1,5	3,3	8,3	60	23	12	0,70
Bt <sub>2</sub>	5,0	4,0	2,0	1,77	0,08	0,09	3,9	1,5	3,1	7,0	56	42	11	0,35
Bt <sub>3</sub>	5,0	4,0	1,5	0,43	0,11	0,08	2,1	1,5	2,8	4,9	43	42	9	0,23

**PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO Tb A moderado textura arenosa/argilosa substrato arenitos**

– CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

O solo desta classe varia em relação ao PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO A proeminente textura média/argilosa, representado pelo perfil N° 2, por apresentar uma textura mais arenosa superficialmente, o que determina um gradiente textural mais acentuado. Quanto à cor, drenagem e profundidade do perfil ele é semelhante.

Esta classe de solo ocorre na unidade de mapeamento simples PE3 que ocupa o terço superior de coxilhas, em relevo ondulado, ao norte do Arroio do Conde, junto ao divisor d'água da microbacia.

– CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

Para esta classe taxonômica não foi descrito, coletado e analisado o perfil representativo, cujas características se assemelham com o Podzólico da unidade de mapeamento São Pedro (BRASIL, 1973).

**PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO transicional para TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICO A moderado Tb textura argilosa/muito argilosa substrato diabásio.**

– CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

É um solo profundo, bem drenado, argiloso no horizonte superficial, passando a muito argiloso nos horizontes sub-superficiais, bem estruturado nos horizontes inferiores, de coloração bruno-avermelhado-escura e com transições graduais e difusas entre os horizontes (Fig. 4, Apêndice 8). É ligeiramente ácido, com teores baixos de matéria orgânica e médios valores de soma e saturação de bases e de capacidade de troca de cátions. Os teores de alumínio trocável são toleráveis.

Esta classe de solos ocorre em relevo ondulado nas proximidades de diques de diabásio, próximo e a noroeste e nordeste da cidade de Minas do Leão, onde ela compõem a unidade de mapeamento simples PE4 (Fig. 5, Apêndice 8).

## - CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 3

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO transicional para TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa / muito argilosa substrato diabásio.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Unidade simples PE4

LOCALIZAÇÃO - Estrada vicinal a oeste da cidade de Butiá

SITUAÇÃO E DECLIVE - Barranco à esquerda da estrada, terço superior da elevação, 5-8% de declive.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLOGIA - Dique de diabásio.

MATERIAL DE ORIGEM - Alteração de diabásio.

RELEVO LOCAL - Ondulado

RELEVO REGIONAL - Ondulado

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO - Campo

USO ATUAL - Campo e lavouras

### B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

<b>A</b>	0-32cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido e úmido amassado); franco-arenoso; fraca pequena blocos subangulares e muito pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
<b>E</b>	32-50/54cm, bruno a bruno-forte (7,5YR 4/2 úmido), bruno-forte (7,5YR 3,5/2, úmido amassado); franco-arenoso; feraca pequena e média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.
<b>BE</b>	50/54-59/64cm, bruno-forte (7,5YR 3,5/2, úmido); franco-argilo-siltoso; moderada médios e grandes blocos subangulares; muito firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.
<b>Bt<sub>1</sub></b>	59/64-76/82cm, bruno-forte (5YR 3,5/2, úmido) com mosqueados comuns (10-15%), médios e proeminentes, bruno-amarelado-escuros (10YR 4/8); franco-argilo-siltoso; forte prismática que se desfaz em grandes blocos subangulares; muito firme, plástico e pegajoso, transição gradual e ondulada.
<b>Bt<sub>2</sub></b>	76/82-125cm, bruno a cinzento-rosado (7,5 YR, úmido) com mosqueados poucos, pequenos, bruno-amarelado-escuros (10YR 10R 4/8); franco-argilo-siltoso; forte prismática proeminente que se desfaz em grandes blocos angulares; superfícies foscas; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
	CONCREÇÕES - Mn, pretas, abundantes, 2-3mm de diâmetro.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% Salte %Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calcário (>20µ)	Carvalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00-0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 mm)			
A	-	-	-	-	9	16	25	24	51	24	53	0,5
BA	- 40	-	-	-	3	7	10	17	73	14	81	0,2
B <sub>1</sub>	-	-	-	-	6	9	15	17	68	3	96	0,3
B <sub>2</sub>	- 146+	-	-	-	4	8	12	15	73	3	96	0,2

Símbolo	pH (1:1)	Complexo sortivocmolc kg <sup>-1</sup>								Valor V (saturação) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ.Argila cmol. kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %	
		H <sub>2</sub> O	KCl EN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>					H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>
A	5,3	-	3,8	1,60	0,39	0,06	5,9	0,42	4,8	10,7	55	7	9	1,42
BA	5,0	-	3,5	1,90	0,13	0,04	5,6	0,97	4,7	10,3	54	15	9	0,80
B <sub>1</sub>	5,2	-	3,4	2,30	0,10	0,03	5,8	0,72	3,5	9,3	62	11	10	0,51
B <sub>2</sub>	5,2	-	2,4	2,60	0,05	0,06	5,1	1,40	4,4	9,5	54	22	11	0,39

### PODZÓLICO BRUNO-ACINZENTADO PLANOSSÓLICO ENDOEU-TRÓFICO Ta A proeminente textura média/argilosa substrato argilitos e siltitos

#### - CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

Este solo é profundo e apresenta gradiente textural abrupto entre os horizontes superficiais, franco-siltosos, e os horizontes inferiores, franco-argilo-siltosos. É imperfeitamente drenado e de coloração bruno-escuro e bruno- forte nos horizontes superiores passando a cinzento-rosado com mosqueados bruno-amarelado-escuros nos horizontes mais profundos. A transição entre os horizontes é clara e abrupta (Fig. 6, Apêndice 8). É um solo ácido, com teores baixos de matéria orgânica. A soma de bases trocáveis é baixa nos horizontes superficiais e alta nos inferiores. Os valores de saturação de bases e de capacidade de troca de cátions aumentam de médios para altos com o aumento da profundidade. Os teores de alumínio trocável são prejudiciais em todos os horizontes.

Esta classe de solo ocorre como unidade de mapeamento simples, PB1, em relevo suavemente ondulado, nas adjacências do limite noroeste da área, e em relevo fortemente ondulado (Fig. 7, Apêndice 8), acompanhando a margem esquerda da Sanga da Cascata, próximo à Minas do Butiá. Também acompanhando a margem esquerda da referida sanga, em direção à foz e ainda em relevo fortemente ondulado, este solo está associado ao Litólico eutrófico, formando a associação PB2.

## - CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFILNº 4

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO BRUNO-ACINZENTADO PLANOSSÓLICO ENDOEUTRÓFICO Ta A proeminente textura média/argilosa substrato argilitos e siltitos.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Unidade simples PB1 e associação PB2

LOCALIZAÇÃO - Estrada Minas do Leão(cidade) - Minas do Leão II, lado esquerdo, 400m após entrada da Fazenda Santa Albina. 4km da cidade.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Barranco à esquerda da estrada, terço médio da elevação, 5% de declive.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Argilitos e siltitos da Formação Irati.

MATERIAL DE ORIGEM - Argilitos e siltitos

RELEVO LOCAL - Suavemente ondulado

RELEVO REGIONAL - Suavemente ondulado

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado

VEGETAÇÃO - Campo

USO ATUAL - Pastagem

### B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-32cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido e úmido amassado); franco-arenoso; fraca pequena blocos subangulares e muito pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
E	32-50/54cm, bruno a bruno-forte (7,5YR 4/2 úmido), bruno-forte (7,5YR 3,5/2, úmido amassado); franco-arenoso; fraca pequena e média blocos subangulares; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e ondulada.
BE	50/54-59/64cm, bruno-forte (7,5YR 3,5/2, úmido); franco-argilo-siltoso; moderada médios e grandes blocos subangulares; muito firme; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.
Bt <sub>1</sub>	59/64-76/82cm, bruno-forte (5YR 3,5/2, úmido) com mosqueados comuns (10-15%), médios e proeminentes, bruno-amarelado-escuros (10YR 4/8); franco-argilo-siltoso; forte prismática que se desfaz em grandes blocos subangulares; muito firme, plástico e pegajoso, transição gradual e ondulada.
Bt <sub>2</sub>	76/82-125cm, bruno a cinzento-rosado (7,5 YR, úmido) com mosqueados poucos, pequenos, bruno-amarelado-escuros (10YR 10R 4/8); franco-argilo-siltoso; forte prismática proeminente que se desfaz em grandes blocos angulares; superfícies foscas; extremamente firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
	CONCREÇÕES - Mn, pretas, abundantes, 2-3mm de diâmetro.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispensão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Silte / % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00-0,05mm)	slite (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 -mm)			
A	0 - 32	-	-	-	11	32	63	21	16	2	87	1,3
E	- 50/54	-	-	-	12	52	64	20	16	6	63	1,3
BE	- 59/64	-	-	-	12	41	53	17	30	9	70	0,6
B <sub>t1</sub>	- 76/82	-	-	-	8	36	44	18	38	15	61	0,5
B <sub>t2</sub>	- 125+	-	-	-	9	41	50	19	31	15	52	0,6

Símbolo	pH (E1)		Complexo sortivo cmolc kg <sup>-1</sup>							Valor V (saturação de bases) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ.Argila cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %	
	H <sub>2</sub> O	KCl IN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>					Valor T (soma)
A	4.7	-	2.2	0.44	0.04	0.10	2.8	1.3	3.9	6.7	42	32	18	0.84
E	4.7	-	1.6	0.17	0.06	0.07	1.9	2.0	3.4	5.3	36	52	24	0.31
BE	4.7	-	4.8	0.30	0.07	0.09	5.3	3.3	6.2	11.5	46	38	32	0.45
B <sub>t1</sub>	4.8	-	9.7	0.63	0.08	0.15	10.6	4.0	6.4	17.0	62	27	40	0.43
B <sub>t2</sub>	5.3	-	12.9	0.98	0.08	0.25	14.2	1.2	1.9	16.1	88	8	50	0.11

### PODZÓLICO VERMELHO AMARELO CAMBISSÓLICO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A moderado textura média/muito argilosa substrato granito alterado

#### - CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

É um solo pouco profundo, bem drenado, com textura passando de média a muito argilosa com o aumento da profundidade, caracterizando um gradiente textural abrupto, bem drenado e com presença de horizonte superficial bruno-escuro com transição clara para um horizonte B textural de coloração bruno-avermelhado-escuro com mosqueados brunados e vermelho-escuros (Fig. 8, Apêndice 8). Este solo é ligeiramente ácido com baixos teores de matéria orgânica de bases trocáveis e valores de saturação de bases também baixos para uma capacidade de troca de cátions com valores médios. Os teores de alumínio trocável são prejudiciais em todo o perfil.

Este solo ocorre na parte sudoeste, entre o Arroio dos Ratos e o limite sul da área, em relevo fortemente ondulado, ocupando os terços médio e inferior das coxilhas (Fig. 9, Apêndice 8), onde está associado a Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico, formando a associação PE5. Nesta associação e ainda associado a Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico e Litólico Álico formando a associação PV, este solo também ocorre, em relevo fortemente ondulado, ao norte de Arroio do Ratos, próximo à Estação Agronômica da FA/UFRGS. Ainda na parte sudoeste da área, ocorre acompanhando a margem esquerda do Arroio dos Ratos, onde ocupa relevo montanhoso e fortemente ondulado, compondo com Litólico distrófico e Cambissolos, a associação R2.

## - CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 5

CLASSIFICAÇÃO - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO CAMBISSÓLICO ENDOÁLICO EPIDISTRÓFICO Tb A moderado textura média/muito argilosa substrato granito alterado

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Associações PV, PE5 e R2

LOCALIZAÇÃO - Pela BR 290 no sentido Porto Alegre-Arroio dos Ratos, após cruzar o Arroio dos Ratos entrada de 16km à esquerda por estrada vicinal.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Barranco de estrada a esquerda, terço superior de elevação com 5% de declividade.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Granito

MATERIAL DE ORIGEM - Alteração de granito

RELEVO LOCAL - Suavemente ondulado

RELEVO REGIONAL - Fortemente ondulado

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO - Campo

USO ATUAL - Lavoura de milho, melancia e pastagem

### B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-27cm, bruno-escuro (7,5YR 3,5/2, úmido); franco-argilo-arenosa; fraca média a grande blocos subangulares e pequena granular; muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
2Bt	27-50cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido), com mosqueado abundante e grande bruno-forte (7,5YR 4/6) e vermelho-escuro (10YR 3/6); muito argiloso; moderada média e grandes blocos subangulares; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
2C	50-100cm+, bruno-forte (7,5YR 4/6), com mosqueado abundante e grande vermelho-escuro (10R 3/6); muito argiloso; aspecto de maciça que se desfaz em forte média e grande blocos subangular; cerosidade nas superfícies vermelhas; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.
	RAÍZES - Muitas no A, poucas no 2Bi e raras no 2C.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Gran de flocculação %	% Silic. Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,25mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00,0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 mm)			
A	0 - 2"	-	-	-	42	19	61	15	24	16	33	0,6
2Bt	- 50	-	-	-	7	4	11	18	70	22	69	0,3
2C	- 100+	-	-	-	10	6	16	17	67	0	100	0,3

Símbolo	pH (1:1)	Complexo sorciovicmol kg <sup>-1</sup>								Valor V (saturação de bases) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ.Argila cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %	
		H <sub>2</sub> O	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>					H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>
A	5,1	-	0,7	0,71	0,27	0,02	1,7	0,9	4,1	5,8	29	35	9	0,83
2Bt	5,0	-	0,9	0,90	0,19	0,02	2,0	2,8	6,6	8,6	23	58	7	0,86
2C	5,2	-	0,7	1,30	0,13	0,05	2,2	2,2	5,2	7,4	30	50	8	0,40

### LITÓLICO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A proeminente textura média/argilosa substrato granito alterado

#### – CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

É um solo com profundidade variando de raso a pouco profundo, bem drenado, com sequência de horizontes A, A/C e C/A e com textura média muito cascalhenta no horizonte superficial, passando à argilosa muito cascalhenta no horizonte subjacente. A coloração é bruno-avermelhada-escura e a transição entre os horizontes varia de clara a abrupta (Fig 10, Apêndice 8). Este solo é ácido e apresenta baixos teores de matéria orgânica. Os valores de soma e de saturação de bases trocáveis são baixos em todo o perfil e os de capacidade de troca de cátions são baixos no horizonte A e médios nos demais horizontes. Os teores de alumínio trocável são prejudiciais e aumentam com a profundidade do perfil.

Este solo ocorre em relevo fortemente ondulado e montanhoso (Fig 11, Apêndice 8) na parte sudoeste da área, onde acompanha a margem esquerda do Arroio dos Ratos, formando com afloramentos de rocha (AR) ou com Podzólico Vermelho Amarelo, respectivamente, as associações R1 e R2. Também em relevo fortemente ondulado, ao norte do Arroio dos Ratos, próximo à Estação Experimental Agronômica da FA/UFRGS, ocorre associado a Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico e a Litólico álico, formando a associação PV.

## - CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 6

CLASSIFICAÇÃO - LITÓLICO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A proeminente textura média/argilosa substrato granito alterado

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Associações R1, R2 e PV

LOCALIZAÇÃO - A 4km no trajeto Arroio dos Ratos - Butiá pela BR 290 entra à esquerda 1,5km por estrada vicinal.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Barranco de estrada à direita terço superior de morro com declividade de 20%.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - granito

MATERIAL DE ORIGEM - granito

RELEVO LOCAL - Fortemente ondulado a montanhoso

RELEVO REGIONAL - Fortemente ondulado a montanhoso

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO - Campo

USO ATUAL - Florestamento com acácia e eucalipto

### B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-24cm, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido), cinza-avermelhado (5YR 5/2, seco); franco- argilo-arenoso, muito cascalhento; fraca pequena granular; muito friável, não pegajoso e não plástico; transição clara e plana.
A/C	24-40/60cm, A: bruno-avermelhado-escuro (5YR 2,5/2, úmido); C: vermelho (2,5YR 4/6, úmido); argiloso muito cascalhento; A: fraca, média blocos subangulares e granular; C: maciça; A: muito friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; C: friável, ligeiramente pegajoso a ligeiramente plástico; transição abrupta e quebrada.
C/A	40/60-90cm+, A: bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/2 úmido); C: vermelho (2,5YR 4/6, úmido); A: argila com cascalho; C: franco-argilo-arenoso cascalhento; A: fraca média blocos subangulares e pequena granular; C: maciça; A: muito friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; C: friável ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico.
	RAÍZES - Muitas no A comuns no A/C e raras no C/A

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispensão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Silte / % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20mm)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00-0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 mm)			
A	0 - 24	-	-	-	38	15	63	15	22	10	55	0,7
A/C	40/60	-	-	-	28	10	38	19	43	23	47	0,4
C/A	90+	-	-	-	27	15	32	9	59	3	95	0,2

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sortivo cmol kg <sup>-1</sup>								Valor V (saturação de bases) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ Argila cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %
	H <sub>2</sub> O	KCl EN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)				
A	5.1	-	1.2	0.55	0.21	0.03	2.0	0.5	3.1	5.1	39	20	3	0.98
A/C	4.8	-	1.0	1.10	0.31	0.06	2.5	2.5	7.1	9.6	26	50	11	1.04
C/A	4.8	-	0.7	0.79	0.31	0.06	1.9	3.3	6.1	8.0	24	64		0.30

**LITÓLICO EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa substrato diabásio.**

### – CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

Este solo é raso, bem drenado e apresentando um horizonte A sobre rocha ou saprólito de diabásio diaclasado. O horizonte A é argiloso com coloração bruno-avermelhada-escura transicionando abruptamente para o material de origem subjacente (Fig. 12, Apêndice 8). É ligeiramente ácido, com teores baixos de matéria orgânica e valores altos de soma e saturação de bases trocáveis e de capacidade de troca de cátions. O teor de alumínio trocável é tolerável.

Esta classe de solo ocorre na parte noroeste da área, onde, na margem esquerda da Sanga da Cascata e do Arroio do Conde, em relevo fortemente ondulado, com Podzólico Bruno-Acinzentado da unidade PB1, forma a associação PB2, e na margem esquerda do Arroio do Conde, junto à confluência deste com a Sanga da Cascata, em relevo fortemente ondulado, forma a associação PE6 com o Podzólico Vermelho-Escuro da unidade PE2.

### – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

#### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 7

CLASSIFICAÇÃO - LITÓLICO EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa substrato diabásio

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Associações PE6 e PB2

LOCALIZAÇÃO - Estrada Butiá - CMS (Campo de Instrução Butiá - Ministério do Exército). 4km após Butiá, 8km da BR e 90 metros após riacho.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Pedreira, terço superior de elevação, 15% de declividade.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Dique de diabásio

MATERIAL DE ORIGEM - Alteração de diabásio.

RELEVO LOCAL - Fortemente ondulado

RELEVO REGIONAL - Fortemente ondulado

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO - Mata latifoliada subtropical

USO ATUAL - Mata e capoeira

## B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-24cm, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila, moderada média e grande blocos subangulares e pequena granular; friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição abrupta e irregular.
R	24/45-120+ Saprolito de diabásio diaclasado e com caráter litóide.
	RAÍZES - Abundantes no A e raras no R.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Silte. % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20m)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00 - 0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 -mm)			
A	0 - 24/45	-	-	-	9	19	28	24	48	22	54	0.5
R	- 120+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sortivo cmolc kg <sup>-1</sup>							Valor V (saturação de bases) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ Argila cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %	
	H <sub>2</sub> O	KCl IN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>					Valor T (soma)
A	5.4	-	3.9	1.70	0.17	0.04	5.8	0.50	4.1	9.9	59	8	13	0.81
R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## **PLINTOSSOLO EPIÁLICO ENDOEUTRÓFICO T<sub>b</sub> A moderado textura média/ argilosa substrato sedimentos arenosos, siltosos e argilosos coluviais ou aluviais**

### **– CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA**

O solo desta classe é profundo, com textura variando de média a argilosa com o aumento da profundidade. Apresenta drenagem imperfeita e coloração cinzento-escura a cinzento-muito-escura e cinzento-escura a bruno-acinzentado-escura nos horizontes superiores. Nos horizontes inferiores a coloração passa à cinzenta com mosqueados proeminentes vermelhos e amarelo-brunados. As transições entre os horizontes são claras e graduais.

O Plintossolo ocorre principalmente em relevo plano, nas planícies aluviais e em relevo suavemente ondulado, nas transições entre as coxilhas e depressões mal drenadas inclusas, que se distribuem de leste a oeste, predominantemente na parte central e norte da área. Nas planícies, onde ocupa as partes mais elevadas do microrrelevo, o Plintossolo está associado a Planossolos e Gleis Húmico e Pouco Húmico, compondo a unidade de mapeamento PT3. Nas áreas suavemente onduladas está associado a Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico e Planossolos, formando a unidade de mapeamento PT2. Como unidade de mapeamento simples PT1, o Plintossolo ocorre em áreas pouco mais elevadas que se destacam nas planícies aluviais ao longo da margem direita do Arroio dos Ratos e nas margens do Arroio do Conde.

### **– CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL**

#### **A. DESCRIÇÃO GERAL**

PERFIL Nº 8

CLASSIFICAÇÃO - PLINTOSSOLO EPIÁLICO ENDODISTRÓFICO T<sub>b</sub> A moderado, textura média/argilosa substrato sedimentos arenosos, siltosos e argilosos coluviais ou aluviais.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Unidade simples PT1 e associações PT2 e PT3

LOCALIZAÇÃO - Propriedade do Sr. Alencastro, município de Butiá.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Várzea, junto ao pé de colina, com declive 3-5%.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Folhelhos do grupo Guatá.

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos silto-argilo-arenosos de deposição coluvial.

RELEVO - Local: Suave ondulado.

Regional: ondulado.

EROSÃO - Não observada

DRENAGEM - Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO - Local: Campo natural

Regional: Campos naturais, lavouras em pousio e matas de eucalipto, acácia.

USO ATUAL - Pecuária extensiva.

## B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A <sub>1</sub>	0-15cm, cinzento-escuro a cinzento muito escuro (10YR 3,5/1, úmido) cinzento a cinzento-escuro (10YR 4,5/2, seco); franco-argilo-arenoso; fraca média blocos subangulares; muitos poros pequenos ligeiramente duro; friável ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara; raízes abundantes.
A <sub>2</sub>	15-45cm, cinzento-escuro a bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/1,5, úmido), cinzento (10YR 5,5/2, seco) com mosqueado pequeno comum proeminente bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); franco-arenoso; fraca média blocos subangulares; muitos poros pequenos; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e gradual; raízes abundantes.
E	40/45-65/75cm, cinzento-brunado-claro a bruno-acinzentado (10YR 5,5/2, úmido), cinzento-claro a cinzento-brunado-claro (10YR 6,5/2, seco) com mosqueado abundante pequeno e distinto bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); franco-argilo-arenoso; fraca pequena a média blocos subangulares, poros muito pequenos; duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara; raízes comuns.
Bf	65/75-90/100cm, cinzento (10YR 5/1 úmido), com mosqueado comum médio a grande e proeminente vermelho (2,5YR 4/7, úmido); argila; forte média a grande prismática que se desfaz em moderada pequena a grande blocos subangulares; poucos poros muito pequenos; extremamente duro muito firme, plástico e pegajoso; transição ondulada e clara; raízes poucas.
Bg	90/100-100/120cm, cinzento (10YR 5,5/1, úmido), com mosqueado pouco pequeno proeminente amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido); muito argiloso; forte média a grande prismática que se desfaz em moderada pequena a grande blocos subangulares; poucos poros muito pequenos; extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso; transição ondulada gradual; raízes raras.
Cg	100/120-200+cm, cinzento (10YR 5,5/1, úmido), com mosqueado abundante médio proeminente amarelo-brunado (10YR 6/7, úmido); argila; maciça e extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso; raízes raras.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações de amostra total - %			Composição granulométrica de fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de floculação %	% S&L % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20µm)	Cascalho (20-200µm)	Terra fina (<20µm)	areia grossa (0,00-0,20mm)	areia fina (0,20-0,05mm)	areia total (2,00-0,05mm)	silte (0,05-0,002mm)	argila (<0,002 mm)			
A <sub>1</sub>	0 - 15	-	-	-	38	27	65	14	21	-	-	0,7
A <sub>2</sub>	- 40/45	-	-	-	36	26	62	20	18	-	-	1,1
E		-	-	-	29	20	49	25	26	-	-	0,9
Bf	- 90/100	-	-	-	22	14	36	16	48	-	-	0,3
Bg		-	-	-	18	13	31	17	52	-	-	0,3
Cg		-	-	-	28	23	51	18	31	-	-	0,6

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sorcivomolc kg <sup>-1</sup>							Valor V (saturação) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	AtivArgila cmol, kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %	
	H <sub>2</sub> O	KCl IN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>					Valor T (soma)
A <sub>1</sub>	4,8	4,0	0,4	1,18	0,04	0,05	1,6	2,0	3,1	4,7	34	55	1	1,10
A <sub>2</sub>	4,7	4,1	1,2	0,19	0,06	0,07	1,5	1,3	3,1	4,6	33	46	14	0,47
E	4,9	3,9	0,6	2,09	0,06	0,06	2,8	1,9	2,7	5,5	51	40	17	0,23
Bf	4,8	3,7	3,0	3,00	0,18	0,20	6,4	4,4	6,1	12,5	51	41	23	0,29
Bg	4,9	3,6	4,1	3,36	0,23	0,27	8,0	5,6	6,8	14,8	54	41	27	0,17
Cg	4,9	3,9	4,7	3,47	0,17	0,28	8,6	2,7	3,3	11,9	72	24	38	0,06

## **PLANOSSOLO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A proeminente textura média/argilosa.**

### **– CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA**

É um solo moderadamente profundo, mal drenado, com horizontes superficiais bruno-escuros e acinzentados-escuros, de textura média que aumenta abruptamente para argilosa no horizonte inferior, de cor bruno-acinzentada com mosqueados vermelhos muito escuros. Este Planossolo é ácido, com teores de matéria orgânica, soma e saturação de bases baixos em todo o perfil. A capacidade de troca de cátions é média no horizonte superficial, passando à baixa nos horizontes subjacentes e alta no horizonte Btg. Os teores de Al trocável são prejudiciais em todo o perfil e conferem caráter álico aos horizontes subsuperficiais.

Este solo não foi mapeado como unidade de mapeamento simples na área. Ele ocorre nas planícies aluviais que se distribuem ao longo dos rios e arroios e em depressões mal drenadas localizadas entre as coxilhas, formando a associação PT2 com o Podzólico Vermelho-Escuro da unidade PE1 e o Plintossolo da unidade PT1, a associação PT3 com o Plintossolo e os Gleis Húmico e Pouco Húmico e a associação HGP com os Gleis Húmico e Pouco Húmico.

### **– CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL**

#### **A. DESCRIÇÃO GERAL**

PERFIL 9 (MELLO *et al.*, 1966)

CLASSIFICAÇÃO - PLANOSSOLO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A proeminente textura média/argilosa.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Associações PT2, PT3 e HGP

LOCALIZAÇÃO - Estação Experimental Agronômica, FA/UFRGS.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Área mais baixa situada entre coxilhas, com 0 - 3% de declive

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Sedimentos do Quaternário.

MATERIAL DE ORIGEM - Sedimentos aluviais

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suavemente ondulado

DRENAGEM - Mal drenado

VEGETAÇÃO - Campo nativo

USO ATUAL - Pastagem natural

## B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap	0-20cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido amassado) com mosqueados ferruginosos ao longo dos canais de raízes; franco-arenoso; fraca média granular; pouco poroso; fracamente cimentado, duro e quebradiço, friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana
E	20-46cm; cinzento-escuro (10YR 5/2, úmido); franco; macio e fortemente cimentado que se quebra em pedaços angulares; duro, firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.
EB	46-55/70cm; bruno (10YR 5/3 úmido amassado); franco-argilo-arenoso; macio, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição abrupta e irregular.
Btg	55/70-100cm+; bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido) com revestimentos vermelho muito escuro-acinzentados (2.5YR 2/2, úmido); argila; fraca, colunar que se desfaz em forte grandes blocos angulares e subangulares; pouco poroso, revestimentos de matéria orgânica forte e abundante envolvendo praticamente todos os agregados e apresentando também revestimentos dentro dos agregados; muito duro, extremamente firme, muito plástico, muito pegajoso.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Sól. % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20mm)	Carvalhos (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,075mm)	areia total (2,00+0,075mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 -mm)			
Ap	0-20	0	4	96	42	13	55	26	19	10	47	14
E	46-55	0	4	96	35	13	48	33	19	12	37	17
AB	55-70	0	4	96	35	12	47	31	22	17	29	14
Btg	100+	0	4	96	26	8	34	21	45	33	27	5

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sorvotomolc kg <sup>-1</sup>								Valor V (substituição) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ Argila cmol kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %
	H <sub>2</sub> O	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)				
Ap	4.5	3.4	1.6	0.69	0.06	0.06	2.4	0.9	5.1	7.5	32	28	9	1.26
E	4.7	3.5	0.8	0.39	0.03	0.03	1.3	1.3	3.8	5.0	24	55	17	0.40
AB	4.6	3.4	0.8	0.51	0.04	0.07	1.4	1.7	4.3	5.7	25	54	17	0.40
Btg	4.7	3.2	2.0	1.26	0.08	0.11	3.5	3.5	7.3	10.8	32	50	21	0.33

## **GLEI POUCO HÚMICO EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa/muito argilosa.**

### **– CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA**

Este solo é moderadamente profundo, mal drenado, com textura argilosa a muito argilosa e cores acinzentadas em todo o perfil. Na área também ocorrem perfis mais siltosos. É um solo moderadamente ácido, com baixos teores de matéria orgânica, médios e altos valores de soma e de saturação de bases trocáveis e alta capacidade de troca de cátions. Apesar da baixa saturação com alumínio trocável, os teores deste elemento são prejudiciais às culturas.

O Gleí Pouco Húmico ocorre nas planícies aluviais e depressões mal drenadas existentes entre as coxilhas, onde está associado aos solos Plintossolo da unidade de mapeamento PT1, Planossolos, Gleí Húmico e Aluviais, formando as associações PT3, HGP e A. Este solo, bem como o Gleí Húmico, ocupa as partes mais baixas e mais mal drenadas do micro relevo.

### **– CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL**

#### **A. DESCRIÇÃO GERAL**

##### **PERFIL 10**

**CLASSIFICAÇÃO - GLEI POUCO HÚMICO EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa/muito argilosa**

**UNIDADE DE MAPEAMENTO - Associações PT3, HGP e A**

**LOCALIZAÇÃO - Propriedade do Sr. Alencastro, município de Butiá, a esquerda da BR 290 no lado oposto à COPELMI**

**SITUAÇÃO E DECLIVE - Várzea entre colinas, declive 0-3%.**

**LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Folhelhos do grupo Guatá.**

**MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos aluviais argilosos.**

**RELEVO -** Local: Plano  
Regional: Ondulado

**EROSÃO - Não observada.**

**DRENAGEM - Mal drenado.**

**VEGETAÇÃO -** Local: pastagem natural c/caraguatás e mato de maricá.  
Regional: campo nativo natural, com matas naturais e matas de eucalipto.

**USO ATUAL - Pecuária extensiva.**

## B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-5cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido), bruno-acinzentado a bruno (10YR 5/2,5, seco); argila; fraca médios blocos subangulares que se desfaz em moderada pequena granular; muitos poros pequenos; duro, frável, plástico e pegajoso; transição plana e clara; raízes abundantes.
Ab/Cg	5-40/45cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido), e bruno-acinzentado a bruno-acinzentado-escuro (10YR 4,5/2 úmido), cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco) com mosqueado pouco pequeno proeminente bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); muito argiloso; fraca pequena granular e fraca média blocos subangulares; muitos poros pequenos; muito duro, firme, plástico e pegajoso; transição ondulada e gradual; raízes comuns.
Cg <sub>1</sub>	40/45-70/85cm, bruno-acinzentado-escuro a bruno-acinzentado (10YR 4,5/2 úmido) com mosqueado adundante pequeno distinto bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); muito argiloso; moderada média prismática que se desfaz em moderada média blocos subangulares; poucos poros muito pequenos; muito duro, frável, plástico e pegajoso; transição irregular e gradual; raízes comuns.
Cg <sub>2</sub>	70/85-110-120cm; cinzento (10YR 5/1, úmido), com mosqueado abundante médio proeminente bruno-amarelado (10YR 5/8 úmido); muito argiloso; fraca média prismática; poucos poros muito pequenos; extremamente duro; muito firme, muito plástico e muito pegajoso; transição irregular e clara; poucas raízes.
Cg <sub>3</sub>	110/120-200+cm; cinzento-escuro (N4, úmido), com mosqueado abundante médio proeminente amarelo-brunado (10YR 6/8 úmido) e bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); muito argiloso; maciço e bruno-amarelado (10YR 5/8, úmido); argila; maciço; extremamente duro, firme, muito pegajoso e muito plástico; raízes raras.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte	Frações da amostra total - %				Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Silte % Argila
	Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20m)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00 - 0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)			
A	0 - 5	-	-	-	13	8	21	22	57	-	-	0.4
A/Cg	-40/45	-	-	-	9	4	13	26	61	-	-	0.4
Cg <sub>1</sub>	-70/85	-	-	-	13	6	19	13	68	-	-	0.2
Cg <sub>2</sub>	-110/1-20	-	-	-	25	10	35	20	45	-	-	0.4
Cg <sub>3</sub>	-200+	-	-	-	18	10	28	19	53	-	-	0.4

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sortivo cmol, kg <sup>-1</sup>							Valor V (saturação) %	100 Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ. Argila cmol, kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %	
	H <sub>2</sub> O	KCl IN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>					Valor T (soma)
A	5.1	4.1	4.8	0.29	0.36	0.21	5.7	0.7	5.3	11.0	52	11	5	1.86
A/Cg	5.2	4.0	5.0	1.66	0.13	0.22	7.0	0.8	4.1	11.1	63	10	10	1.10
Cg <sub>1</sub>	5.2	3.9	3.8	3.60	0.13	0.24	7.7	1.3	5.1	12.8	60	14	13	0.87
Cg <sub>2</sub>	5.2	3.8	2.4	2.30	0.08	0.18	4.9	1.8	3.4	8.3	59	27	16	0.29
Cg <sub>3</sub>	5.2	3.7	3.6	3.06	0.12	0.39	7.1	2.6	3.9	11.0	64	27	18	0.29

## GLEI HÚMICO ENDOEUTRÓFICO Tb A proeminente textura média/argilosa.

### – CARACTERÍSTICAS GERAIS E OCORRÊNCIA

O Gleí Húmico é um solo moderadamente profundo, muito mal drenado, de cor preta e de textura variando de média a argilosa. Na área ocorrem perfis mais argilosos e com menor variação textural entre os horizontes. São solos ácidos superficialmente, passando a moderadamente ácidos nos horizontes inferiores. Os teores de matéria orgânica são elevados nos horizontes superiores e baixos no inferior. A soma de bases trocáveis e a capacidade de troca de cátions são elevadas em todo o perfil. A saturação de bases aumenta com a profundidade, variando de baixa a alta. Os teores de alumínio trocável são prejudiciais somente no horizonte superficial.

Este solo ocorre nas planícies aluviais e depressões mal drenadas, ocupando as partes mais mal drenadas do microrrelevo. Juntamente com o Plintossolo, Planossolo, Gleí Pouco Húmico e Solos Aluviais forma as associações PT3, HGP e A.

### – CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL

#### A. DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL Nº 11 (ESPÍRITO SANTO, 1988)

CLASSIFICAÇÃO - GLEI HÚMICO ENDOEUTRÓFICO Tb A proeminente textura média/argilosa.

UNIDADE DE MAPEAMENTO - Associações PT3, HGP e A

LOCALIZAÇÃO - Município de Guaíba/RS. Estação Experimental Agronômica da UFRGS. Estrada da internada da Zootecnia na direção oeste a 500m das benfeitorias da fazenda de criação.

SITUAÇÃO E DECLIVE - Trincheira aberta em campo nativo, situada no pedimento de encosta, com 2 a 3% de declive.

LITOLOGIA E FORMAÇÃO GEOLÓGICA -

MATERIAL DE ORIGEM - Sedimentos retrabalhado de granito

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Ondulado

DRENAGEM - Muito mal drenado

VEGETAÇÃO - Campo nativo. Presença de gramíneas e caraguatás.

USO ATUAL - Pastagem

## B. DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A <sub>1</sub>	0-20cm; preto (10YR 2/1 úmido), cinzento (10YR 5/1 seco); franco; moderada, média blocos subangulares, ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana; raízes abundantes.
A <sub>2</sub>	20-40cm; preto (N2/ úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1 seco); franco-argilosa; moderada, média blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara e plana; raízes comuns.
Cg <sub>1</sub>	40-70cm; preto (N2/ úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1 seco); franco; maciça; muito duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana; raízes poucas.
Cg <sub>2</sub>	70-100cm; preto (N2/ úmido), cinzento-escuro (10YR 4/1 seco); argila; maciça; muito duro, firme, plástico, pegajoso; raízes raras.

OBSERVAÇÕES - Na época da descrição morfológica o solo se encontrava seco, não sendo evidenciado a altura do lençol freático. Na época de maiores precipitações ocorre saturação do perfil com a elevação do lençol freático.

## C. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Frações da amostra total - %			Composição granulométrica da fração terra fina (dispersão com NaOH) %					Argila dispersa em água %	Grau de flocculação %	% Silte % Argila
Símbolo	Profundidade (cm)	Calhaus (>20m)	Cascalho (20-2mm)	Terra fina (<2mm)	areia grossa (2,00 - 0,20mm)	areia fina (0,20 - 0,05mm)	areia total (2,00 - 0,05mm)	silte (0,05 - 0,002mm)	argila (<0,002 mm)			
A <sub>1</sub>	0-20	-	-	-	-	-	43	40	17	-	-	2.4
A <sub>2</sub>	20-40	-	-	-	-	-	25	42	33	-	-	1.3
Cg <sub>1</sub>		-	-	-	-	-	40	39	21	-	-	1.9
Cg <sub>2</sub>	70-100	-	-	-	-	-	27	23	50	-	-	0.5

Símbolo	pH (1:1)		Complexo sorvivo cmol, kg <sup>-1</sup>								Valor V (saturação) %	100 AL <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	Ativ Argila cmol, kg <sup>-1</sup> argila	Carbono orgânico %
	H <sub>2</sub> O	KCl IN	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Valor T (soma)				
A <sub>1</sub>	4.7	3.7	4.9	2.40	0.80	0.94	9.0	1.4	22.3	32.7	28	13.5	Tb	7.70
A <sub>2</sub>	4.8	4.0	3.8	1.88	0.19	0.60	605	0.2	12.0	19.0	35	3.0	Tb	3.30
Cg <sub>1</sub>	5.6	4.2	2.9	3.33	0.11	0.46	6.8	0.1	6.30	13.2	52	1.5	Tb	1.84
Cg <sub>2</sub>	5.1	3.3	7.0	7.00	0.45	1.02	15.5	0.8	4.43	20.7	75	4.9	Ta	0.56

-de foram associados solos com características distintas, não foi possível gerar mapas que indiquem as classes de potencial de uso das terras para fins agrícolas, urbanização e para descarte de lixo, efluentes e rejeitos urbanos, industriais e de mineração, pontualmente. Para isto foram elaborados QUADROS-GUIAS. A metodologia utilizada e os quadros-guias resultantes constam no ítem 4. O uso destes quadros permitirá aos técnicos locais, indicar a campo, o potencial de uso para fins diversos de áreas de interesse específicas, cujas características não são discrimináveis diretamente a partir do mapa de solos.

### Potencial de uso agrícola das terras

Para a classificação do potencial de uso agrícola, as terras da área foram estratificadas em dois grupos. Um grupo abrange terras bem drenadas, onde ocorrem solos Podzólicos Vermelho-Escuros, Cambissolos e Litólicos. O outro grupo corresponde às terras imperfeitamente drenadas e mal drenadas, onde ocorrem solos Podzólicos Bruno-Acinzentados, Plintossolos, Planossolos, Gleis Pouco Húmicos, Gleis Húmicos e Solos Aluviais.

Para cada grupo foram identificadas as características dos solos e do meio físico que representam limitações ao uso agrícola das terras e para cada uma delas foram estabelecidos limites para a definição de classes paramétricas, crescentes ou decrescentes, que representam maior ou menor grau de limitação. As características das terras e respectivas classes paramétricas levadas em conta para a classificação do potencial de uso para agricultura dos diferentes grupos de terras foram as seguintes:

#### *TERRAS BEM DRENADAS*

<u>Declividade</u>	<u>Profundidade (cm)</u>
d1: < 5%	p1: > 180
d2: 5 - 10%	p2: 100 - 180
d3: 10 - 15%	p3: 40 - 100
d4: 15 - 30%	p4: < 40
d5: > 30%	

#### Textura (horizonte superficial/subsuperficial)

t1: m/ag
t2: ar/ag
ar - textura arenosa (< 15% de argila)
m - textura média (15 - 35% de argila)
ag - textura argilosa (> 35% de argila)

#### *TERRAS IMPERFEITAMENTE E MAL DRENADAS*

<u>Declividade</u>	<u>Drenagem</u>
d1: < 2%	h1: Imperfeitamente drenado (mosqueados nos horizontes inferiores)
d2: 2 - 3%	
d3: > 3%	h2: Mal drenado (cores cinzentas com ou sem mosqueados em todo o perfil)

Textura (superficial/subsuperf.)

t1: m/ag

t2: ar/ag

t3: m/m

t4: ag/ag

ar - textura arenosa (&lt;15% de argila)

m - textura média (15 -35% de argila)

ag - textura argilosa (&gt; 15% de argila)

Riscos de inundação

i1: não inundável

i2: inundável esporadicamente  
(menos de uma vez por ano)i3: inundável freqüentemente  
(mais de uma vez por ano)

Para cada grupo de terras foi elaborado um quadro-guia, através do qual é indicada a capacidade de uso agrícola das terras. Na montagem dos quadro-guias, para as diferentes combinações de classes paramétricas das limitações, foram definidos os tipos de uso da terra mais adequados, correspondentes às classes de capacidade de uso e representadas por letras maiúsculas e definidos os manejos recomendados para estes usos, correspondentes às sub-classes de capacidade de uso e representadas por números arábicos acrescentados aos símbolos das classes.

Os quadros-guias resultantes, com as respectivas legendas das classes e sub-classes de capacidade de uso constam nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1**

QUADRO-GUIA PARA INDICAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO AGRÍCOLA DAS TERRAS BEM DRENADAS DA BACIA CARBONÍFERA DO BAIXO JACUÍ.

DECLI VIDADE (%)	PROFUNDIDADE DO SOLO (cm)						
	p1: >180		p2: 180 - 100		p3: 40 - 100		p4: <40
	TEXTURA SUPERFICIAL/SUBSUPERFICIAL						
	t1: m/ag	t2: ar/ag	t1: m/ag	t2: ar/ag	t1: m/ag	t2: ar/ag	ag, m, ar
d1: 0 - 5	C1	C1	C1	C1	C2	C3	P8
d2: 5 - 10	C2	C3	C2	C3	P8	P8	P9
d3: 10 - 15	C4	F5	C4	F5	S	R10	R
d4: 15 - 30	F6	F6	S7	S7	S10	S10	R
d5: >30	S10	S10	S10	S10	R	R	R

**Legenda:**

CLASSES DE CAPACIDADE DE USO: **C** - Culturas anuais; **F** - Fruticultura; **S** - Silvicultura; **P** - Pastagem natural ; **R** - Refúgio de flora e fauna.

SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO:

1 -	Preparo convencional em contorno; cultivos em faixas alternadas, mantendo uma vegetada ou coberta com resíduos.
2 -	Preparo reduzido, com manutenção de 30% ou mais de cobertura por resíduos culturais após o preparo; no inverno manter cobertura verde (aveia preta, azevem, ervilhaca, etc.); terraços de base larga.
3 -	Preparo reduzido, com manutenção de 60% ou mais de cobertura por resíduos culturais após o preparo; manter cobertura verde no inverno; cultivo com culturas densas a cada 2 ciclos culturais; terraços de base larga.
4 -	Plantio direto; cobertura verde no inverno; terraços de base média vegetados.
5 -	Terraços de base média vegetados; manutenção de cobertura permanente (verde ou morta) nas entrelinhas; manter cobertura morta nas coroas das plantas.
6 -	Plantio das mudas em banquetas; manutenção de cobertura morta nas coroas das plantas; manutenção de cobertura verde ou morta permanente nas entrelinhas.
7 -	Plantio em covas ou em sulcos, em curva de nível; colheita em faixas alternadas paralelas às curvas de nível.
8 -	Melhoramento da pastagem por adubação e introdução de espécies melhoradas por semeadura direta e incorporação por pisoteio do gado, ou por plantio direto de mudas em covas ou sulcos.
9 -	Melhoramento da pastagem (idem 8); rotação do pastejo e dos locais de concentração do gado (bebedouros, saleiros, corredores, etc.)
10 -	Plantio de mudas em covas; abate isolado de árvores com manutenção de cobertura florestal permanente.

**Tabela 2**

QUADRO-GUIA PARA INDICAÇÃO DA CAPACIDADE DE USO AGRÍCOLA  
DAS TERRAS IMPERFEITAMENTE E MAL DRENADAS  
DA BACIA CARBONÍFERA DO BAIXO JACUÍ.

DECLIVIDADE (%)	RISCOS DE INUNDAÇÃO	DRENAGEM				
		d1: IMPERFEITAMENTE DRENADO		d2: MAL DRENADO		
		TEXTURA				
		t1: m/agt2: ar/ag	t3: m/mt4: ar/ar	t1: m/agt2: ar/ag	t3: ar/art4: m/m/	t5: ag/a-g
d1: 0 - 2	i1: não inunda	C1,A	C1	C1,A	Cc1	Cc3,A
	i2: inund. uma vez ao ano	Cc1,A	Cc1	A	Cc1	A
	i3: inunda freqüentemente	N		R		
d2: 2 - 5	i1: não inunda	C2,A	C2	-	-	-
	i2: inunda uma vez ao ano	Cc2, A	Cc2	-	-	-
	i3: inunda freqüentemente	N		-	-	-

**Legenda:**

CLASSES DE CAPACIDADE DE USO: **C** - Culturas de verão adaptadas; **Cc** - Culturas de verão adaptadas, de ciclo curto; **A** - Arroz irrigado; **N** - Pastagem natural ou exploração florestal com espécies adaptadas; **Rf** - Refúgio de flora e fauna.

SUBCLASSES DE CAPACIDADE DE USO:

1 -	Drenagem subsuperficial no sentido do declive. Os drenos devem se aprofundar na parte superior do horizonte subjacente mais argiloso.
2 -	Drenagem subsuperficial paralela às curvas de nível. Os drenos devem se aprofundar na parte superior do horizonte subjacente mais argiloso.
3 -	Drenagem superficial (em camalhões).

**Potencial de Uso da Terras para Urbanização**

As características das terras e respectivas classes paramétricas que foram levadas em conta para a classificação do potencial de uso para urbanização, são as seguintes:

Declividade

d1: 0 - 8%  
d2: 8 - 15%  
d3: > 15%

Profundidade do solo (cm)

p1: = ou > 80  
p2: 40 - 80  
p3: < 40

### Riscos de Inundação

i1: não inundável

i2: inundável

### Drenagem

h1: bem drenado (Cores avermelhadas ou amareladas)

h2: imperfeitamente drenado (Cores acinzentadas com ou sem mosqueados nos horizontes inferiores)

h3: mal drenado (Cores acinzentadas com ou sem mosqueados em todo o perfil)

Para as diferentes combinações destas características foram definidas as classes de uso potencial: PREFERENCIAL, MARGINAL e INAPTA, conforme mostra o Quadro-Guia apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3**  
QUADRO-GUIA PARA INDICAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DAS TERRAS DA BACIA CARBONÍFERA DO BAIXO VALE DO JACUÍ PARA URBANIZAÇÃO

DECLIVIDADE (%)	RISCOS DE INUNDAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)					
		p1: = ou > 80			p2, 40 - 80		
		DRENAGEM			DRENAGEM		
		TEXTURA					
		h1: boa	h2: imperf.	h3: má	h1: boa	h2: imperf.	h3: má
d1: 0 - 8	i1: não inunda	PREF.	MARG.*	INAPTO	PREF.	INAPTO	
	i2: inundável	INAPTO					
d2: 8 - 15	i1: não inunda	PREF.	-	-	MARG.	-	-
d3: > 15	i1: não inunda	MARG.	-	-	INAPTO	-	-

Observação: Terras com solos mais rasos que 40 cm são inaptos para urbanização

LEGENDA
PREFERENCIAL - Terras pouco declivosas, com solos moderadamente profundos ou profundos, bem drenados e não sujeitos á inundações.
MARGINAL - Terras onde a declividade acentuada e/ou a pequena profundidade dos solos, ou ainda a drenagem inadequada do solo, dificulta a implantação e a manutenção das obras de infraestrutura urbana.
INAPTA - Terras em que a má drenagem, os riscos de inundação ou a declividade excessiva impedem a implantação e a manutenção da infraestrutura urbana.
* - As áreas onde ocorre solo Podzólico Bruno-Acinzentado são inaptas para urbanização.

# POTENCIAL DE USO DAS TERRAS PARA DESCARTE DE LIXO, EFLUENTES, E REJEITOS URBANOS, INDUSTRIAIS OU DE MINERAÇÃO

Para estabelecer o potencial para estes usos foram levados em conta as seguintes características das terras:

## Profundidade do Solo

p1: = ou > 180 cm

p2: < 180 cm

## Textura (horizonte superficial/subsuperficial)

t1: m ou ag/ag

t2: m/m

t3: ar/ag, ar ou m

ar - textura arenosa (< 15% de argila)

m - textura média (15-35% de argila)

ag - textura argilosa (>35% de argila)

## Declividade

d1: 0 - 8%

d2: 8 - 15%

d3: > 15%

## Drenagem

h1: bem drenado (Cores avermelhadas ou amareladas em todo o perfil. Ausência de cores acinzentadas com ou sem mosqueados)

h2: imperfeitamente ou mal drenado (Cores acinzentadas ou cinzentas com ou sem mosqueados nos horizontes inferiores ou em todo o perfil)

O Quadro-Guia com as diferentes combinações destas limitações e as correspondentes classes de uso potencial é apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4**

QUADRO-GUIA PARA INDICAÇÃO DO POTENCIAL DE USO DAS TERRAS DA BACIA CARBONÍFERA DO BAIXO JACUÍ PARA DESCARTE DE LIXO, EFLUENTES E REZÍ DUOS URBANOS, INDUSTRIAIS E DE MINERAÇÃO.

DECLIVIDADE (%)	RISCOS DE INUNDAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)			
		p1: = ou > 180		p2: < 180	
		TEXTURA SUPERFICIAL/SUBSUPERFICIAL DO SOLO			
		t1: m ou ag/ag	t2: m/m	t3: ar/ag, ar ou m	qualquer textura
d1: 0 - 8	h1: boa	PREF.	MARG.	INAPTO	
	h2: imperf.	INAPTO			
d2: 8 - 15	i1: não inunda	MARG.		INAPTO	
	h2: imperf.	INAPTO			
d3: > 15	h1 : boa	INAPTO			

OBSERVAÇÃO: Terras inundáveis são inaptas para os fins propostos .

LEGENDA
PREFERENCIAL - Terras pouco declivosas com solos profundos, bem drenados e argilosos. A boa capacidade de adsorção de efluentes no solo e o escoamento superficial facilmente controlável reduz os riscos de contaminação do lençol freático e de áreas adjacentes.
MARGINAL - Terras onde a textura do solo menos argilosa reduz a capacidade de adsorção de contaminantes e/ou o declive dificulta o controle do escoamento superficial de efluentes para áreas adjacentes. A quantidade de material que pode ser descartado nestas terras é reduzida.
INAPTO - Terras muito declivosas, com solos arenosos, imperfeitamente ou mal drenados, pouco profundos, onde o escoamento superficial dos efluentes e das lixívias do material sólido descartado não é controlável, devendo conseqüentemente ocorrer contaminação do lençol freático e de áreas adjacentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul*. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30.)
- CAMARGO, M.N.; KLAMTJE.; KAUFFMAN, J.H. Classificação usada em levantamentos pedológicos no Brasil. *Bol. Inf. Soc. Bras. Ci. Solo*, Campinas, n.1, p.:11-13, 1987.

- DICK, D.P.; KÄMPF, N. Comparação da extração de ferro com HCl 6N, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1:1 e ditionito-citrato-bicarbonato de sódio em horizontes B - latossólicos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 12:185-188. 1988.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1979. v.1.
- EMBRAPA. *Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento*. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1988.
- BRASIL RADAMBrasil/IBGE. *Levantamento de recursos naturais*. Folhas SH22 Porto Alegre e parte das Folhas SH21 Uruguaiana e SI22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: RADAMBrasil/IBGE., 1986. v.33, 796p.
- LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. dos. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 2 ed. Campinas: Soc. Bras. Ci. Solo/ Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1984. 45p.
- MELLO, O.; LEMOS, R. C.; ABRÃO, P. U. et al. Levantamento em série dos solos do Centro Agrônomo. *Rev. Fac. Agron. Vet. UFRGS.*, Porto Alegre, v.8, n.1/4, p.7-155, 1966.

# COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO CARBONÍFERA DO BAIXO RIO JACUÍ - PADCT/CIAMB

Paulo Luiz de Oliveira  
Rodrigo Agra Balbueno

“(…) na região carbonífera (…) as coxilhas, engrossando pouco a pouco em direção à raiz da Serra, se acham revestidas de um tapete gramináceo muito uniforme, reparado por fracas formações de galeria e porções insignificantes de mata brejosa. Nas partes mais altas, a serra do terreno supera a da Campanha, nutrido uma flora muito baixa e pobre, de legítimos xerófitos. Na beira do arroio dos Ratos, a mata de anteparo se alarga, vindo a terminar nas formações palustres que caracterizam o curso inferior do Jacuí”.

RAMBO (1956)

## INTRODUÇÃO

Analisando-se o processo de colonização do Estado, verifica-se ter sido a região carbonífera uma das primeiras a receber, ainda no século XVIII, um importante contingente de colonos que, subindo a lagoa dos Patos a partir do porto de Rio Grande, tiveram o rio Jacuí como principal via de interiorização.

Qualquer estudo que inclua a avaliação da qualidade ambiental de uma região ou a compreensão dos processos que conduziram a uma dada situação não pode deixar de considerar a cobertura vegetal, tanto em termos das condições originais como da situação atual.

O estudo da vegetação, além de permitir a obtenção de importantes informações referentes às limitações que a natureza impôs ao homem ou mesmo a sua capacidade de resistir às modificações decorrentes da presença humana, revela muito acerca das possibilidades de exploração racional dos recursos naturais e da fragilidade dos ambientes em apreço.

## OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo fornecer uma caracterização geral da cobertura vegetal na região de abrangência do projeto PADCT/CIAMB, considerando tanto as feições originais dos ecossistemas que ali ocorrem, como também os efeitos que a presença humana acarretou sobre esses ambientes.

## METODOLOGIA

A região objeto do presente estudo compreende aproximadamente um retângulo de 103 x 61 km, cujos limites são ao norte o rio Jacuí, a oeste o município de Minas do Leão, a leste o município de Eldorado do Sul e ao sul as primeiras elevações da Serra do Sudeste.

A FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA (1983), em um levantamento preliminar da flora e vegetação fanerogâmica na área de influência do complexo do carvão do Rio Grande do Sul faz uma estimativa de que 1/3 da área estaria coberta por matas e 2/3 por campos, embora não lance mão de dados de sensores que possam ratificar essa afirmação.

Para o mapeamento da vegetação, foi utilizada uma imagem de satélite LANDSAT/TM com data de 08/09/93, que foi geo-referenciada mediante o uso de 45 pontos de controle, identificáveis tanto nas cartas-base como na imagem de satélite.

A base cartográfica utilizada inclui as cartas *Taquari (MI 2669/3)*, *São Jerônimo (MI 2969/4)*, *Arroio dos Ratos (MI 2986/2)*, *Minas do Leão (MI 2985/2)* e *Butiá (MI 2986/1)*, em escala 1:50.000, da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG). A imagem geo-referenciada compreendeu uma área de 6283 km<sup>2</sup>, com uma resolução de 30 metros (2034 linhas x 3434 colunas).

Foi efetuada uma classificação supervisionada por máxima verossimilhança, empregando-se a rotina MAXLIKE do sistema IDRISI for Windows 1.0, tendo sido utilizadas as bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 7 (infravermelho). Essa teve sua acuidade posteriormente verificada a campo, através da análise de 27 pontos de controle determinados por receptor GPS (*Global Positioning System*) MAGELLAN 5000 NAV PRO.

Dados originais obtidos por trabalhos vinculados ao projeto e que abordaram temas relacionados à vegetação, também são considerados no presente estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### COBERTURA VEGETAL

Em termos fisiográficos, o polígono em estudo situa-se na região da Depressão Central Sul-rio-grandense, sobre terrenos do quaternário, formados a partir de depósitos aluvionares, areias e sedimentos siltico-argilosos da planície de inundação, terra-

ços e depósitos de calha da rede fluvial, assim como depósitos inconsolidados, areias e argilas de caráter fluviolacustre, e a Serra do sudeste ou Planalto Sul-rio-grandense, formada por rochas do pré-cambriano e solos derivados da intemperização do material granítico.

Visualizando-se a região desde sua porção norte, a paisagem que se descortina pode ser basicamente dividida em três compartimentos, cujas características geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas regulam o desenvolvimento da vegetação que ocorre em cada um deles.

1. A partir do rio Jacuí e logo após a mata ciliar do próprio rio (nos pontos onde essa ainda persiste), podem ser observadas porções de áreas alagadiças, de larguras variáveis, cujas altitudes quase nunca ultrapassam os cinco metros, onde ocorre uma vegetação de caráter paludoso, permanentemente alagada.

A vegetação palustre é a que mais contribui para a fisionomia dessa porção do terreno, podendo ser subdividida nas seguintes categorias: sociedades flutuantes, sociedades de beira d'água, sociedade do banhado, sociedades do prado úmido, sociedades das ilhas inundáveis e sociedades de galeria (Rambo, 1956). Esse tipo de vegetação também ocorre nas ilhas do delta do rio Jacuí.

Nos locais onde as áreas baixas apresentam uma continuidade, desde a margem do rio, penetrando na direção sul, o caráter paludoso da vegetação faz-se notar em amplas áreas internas, principalmente junto ao trecho a montante da barragem de Amarópolis, onde o ambiente lântico criado a partir do barramento do rio Jacuí permitiu o desenvolvimento de grande áreas de vegetação alagada.

Segundo o IBGE (1986), o local é definido como "Área de Formações Pioneiras de Influência Fluvial", caracterizado pela ocorrência de uma vegetação típica das primeiras fases de ocupação de novos solos, donde se depreende estarem virtualmente ausentes os endemismos, em função da "juventude" dos ambientes em questão.

Esses ambientes devem ser vistos como uma unidade ecológica funcional, uma vez que têm fluxos de material e energia próprios, numa dinâmica que é determinada em grande medida pelo movimento do água através do solo.

Naqueles locais onde se verifica um permanente encharcamento, as espécies mais importantes são *Eryngium pandanifolium* (gravatã), *Panicum grumosum* (capim-canivão), *Eleocharis* spp., *Luziola peruviana* (grama-boiadeira), *Rhynchospora* spp., *Cyperus* spp., *Utricularia* spp. e *Juncus* spp.

No trabalho desenvolvido por Longhi & Ramos (1981) no delta do rio Jacuí, no limite leste da região ora considerada, as ilhas são descritas como tendo a margem norte mais alta coberta por mata ciliar, enquanto que na parte central das mesmas verifica-se um gradiente de áreas periodicamente alagadas, constituída de vegetação herbácea com predomínio de gramíneas e ciperáceas, e áreas permanentemente alagadas, cobertas por vegetação de macrófitos. Nas margens de cotas mais baixas (sul) há uma continuidade entre o banhado interno e a vegetação macrofítica tanto de flutuantes fixas quanto livres, destacando-se *Nymphoides indica* (soldanela-d'água), *Eichornia azurea* (aguapé-de-baraço), *Eichornia crassipes* (aguapé), *Pistia stratiotes* (repolho-d'água), *Azolla filiculoides* e *Sahinia herzogii*.

O limite leste do Parque Estadual do Delta do Jacuí está incluído na área de

abrangência do estudo, constituindo uma unidade de conservação de fundamental importância para a estabilidade dos ecossistemas paludosos associados ao rio Guaíba, embora sujeito a intensas pressões, como o aterro de áreas ribeirinhas, invasões e deposição de resíduos sem qualquer controle ambiental.

Entre a vegetação aquática da beira e os capões, situa-se uma faixa arbustiva de transição, caracterizada pela ocorrência de espécies conhecidas popularmente por sarandis, que compreendem principalmente representantes das famílias euforbiácea e rubiácea, assim como grandes maciços de *Mimosa bimucronata* (maricás). Esse trabalho torna manifesto o fato de a vegetação das margens do rio apresentar uma conformação que é determinada, em grande medida, pela variação da morfologia das áreas adjacentes.

2. A partir dessa faixa alagada, encontram-se as áreas baixas, utilizadas intensivamente para o cultivo de arroz e para a pecuária. Esse trecho da área de estudo pode ser considerado o mais alterado da região.

A atividade agrícola é responsável por notáveis modificações na drenagem local, através da abertura de canais de irrigação, o que em alguns pontos chega a alterar os cursos dos arroios que drenam para o rio Jacuí. Apesar de as altitudes também serem baixas, com variações que atingem poucos metros, aqui a presença de água não é constante ao longo do ano, ao contrário do que acontece com o primeiro compartimento descrito.

Os elementos florestais que ocupam a região seriam basicamente originários da Floresta Estacional Decidual, apresentando uma estacionalidade foliar das espécies dominantes do estrato emergente (Klein, 1985). Tal formação arbórea, imigrada no RS, é uma floresta diluída dos rios Paraná e Uruguai e atualmente, no seu avanço em direção ao leste, ainda se encontraria em plena expansão Estado, não fosse a violenta intervenção do homem.

Seus elementos adaptam-se à queda de temperatura dos meses frios pela perda da folhagem, como é o caso de *Parapiptadenia rigida* (angico) e *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva) que nesse local passam a conviver com outros gêneros de origem climática temperada, como são *Nectandra*, *Patagonula* e *Matayba*.

As árvores mais abundantes nas matas ciliares da região são *Inga uruguensis* (ingá), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Parapiptadenia rigida* (angico), *Patagonula americana* (guajuvira), *Pouteria gardneriana* (aguai), *Ficus organensis* (figueira), *Nectandra megapotamica* (canela-preta), *Salix humboldtiana* (salgueiro) e *Syagrus romanzoffiana* (genivá), enquanto que no estrato arbustivo destacam-se *Psychotria carthagenensis*, *Daphnopsis racemosa* (embira) e diversos representantes da família das mirtáceas, como, por exemplo, *Eugenia schuechiana*, *E. bacopari* e *Myrciaria* spp., além da ocorrência de indivíduos jovens das espécies do estrato arbóreo, nos locais onde não é permitida a penetração do gado.

Um estudo da vegetação arbórea num trecho ao longo do rio Jacuí, realizado por Balbuena & Eggers (1992), nas cercanias da cidade de Charqueadas, revela um claro predomínio de árvores que na floresta original ocorreriam no estrato médio ou dominado e, em função da ausência das espécies típicas do estrato superior, substituem-nas, como são *Casearia sylvestris* (chá-de-bugre), *Parapiptadenia rigida* (angico), *Sebastiania comersoniana* (branquilha), *Guarea lessoniana*, *Nectandra megapotamica* (canela-preta) e *Allophylus edulis* (chal-chal).

Já Neves *et alii* (1987), num estudo da área prevista para a instalação do Pólo Carboquímico do Rio Grande do Sul, na margem direita do rio Jacuí, (municípios de Butiá e São Jerônimo), citam como espécies mais importantes do estrato arbóreo *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Ruprechtia laxiflora*, *Vitex megapota mica* (tarumã) e *Matyba elaeagnoides* (camboatá), enquanto que nos estratos das arvoretas e arbustivo ocorrem *Sebastiania klotzschiana* (= *S. commersoniana*, branquilho), *Myrciaria tenella* (camboim), *Pouteria salicifolia* (aguaí), *Gnietarda uruguensis*, *Campomanesia rhombea* e *C. xanthocarpa*, *Daphnopsis racemosa* (embira), *Maytenus dasyclados*, *M. ilicifolia* (cancorosa) e *Psychotria carthagenensis*.

É importante destacar a presença marcante de *Mimosa bimucronata* (maricã), não somente na área aqui considerada, como também em toda a região do baixo rio Jacuí, principalmente junto aos banhados e avançando sobre os campos nos locais favoráveis ao seu desenvolvimento, como são aqueles onde há disponibilidade de água ao longo de todo o ano.

3. O terceiro compartimento é aquele que ocupa as primeiras elevações da Serra do Sudeste, sobre cotas que vão de uma altitude de cerca de vinte metros até mais de cento e cinquenta metros.

A pecuária, o cultivo de eucalipto e a fruticultura, principalmente de rosáceas e cítricas, são as atividades mais comuns na região da Serra do Sudeste, na qual também ocorrem capões de mata nativa, nos locais onde uma maior acumulação de água e matéria orgânica permite o desenvolvimento de vegetação de maior porte. Essas matas são de caráter bastante distinto daquelas que ocorrem nas porções mais baixas, junto às margens do rio Jacuí. Nesses locais não se verifica a ocorrência de espécies típicas das matas ciliares como *Inga* spp., *Salix humboldtiana* e *Pouteria gardneriana* e a mata apresenta um caráter mais xeromórfico, com a abundante ocorrência de mirtáceas e a presença de espécies típicas da Serra do Sudeste, como por exemplo *Podocarpus lambertii* (pinheiro-bravo) e uma menor densidade de lianas.

Os campos, que ocupam a maior parte da área, têm a sua fisionomia e composição florística variáveis, em função dos tipos de ações antrópicas a que foram submetidos. Assim, nos locais de lavouras recentemente abandonadas abundam aquelas espécies pioneiras de maior agressividade, como *Sida rhombifolia* (guanxuma), *Axonopus fissifolius* (grama-fina), *Vernonia nudiflora* (alecrim-do-campo), *Piptochaetium montevidense* (cabelo-de-porco), *Cynodon dactylon* (grama-paulista), *Eragrostis neesii* e *Paspalum notatum* (capim-forquilha).

Nas áreas onde o cultivo se deu já há mais tempo, são comuns *Ischaemum minus*, *Paspalum pumilum* (palha-branca), *Andropogon lateralis* (capim-caninha), *Eryngium horridum* (gravatá), *Setaria geniculata* (flexilha), *Aristida circinalis*, *A. filifolia*, ciperáceas, juncáceas e onagráceas, além de diversas compostas, como por exemplo *Baccharis* spp. (carquejas), *Eupatorium* spp., *Pterocaulon polystachyum* e *Senecio brasiliensis* (maria-mole).

Nos locais utilizados para a pecuária ou naqueles onde há muito não se verifica o uso para a agricultura, como os de cotas um pouco mais altas, *Paspalum notatum* é a espécie francamente dominante, encontrando-se também *Andropogon lateralis* (capim-caninha), *Aristida laevis* (barba-de-bode), *A. jubata* (capim-barba-de-bode), *Aspilia montevidensis* (mal-me-quer), *Richardia brasiliensis* e *R. grandiflora*, *Desmodium incanum* (pega-pega), *Paspalum plicatulum* (coqueirinho) e *Piptochaetium montevidense* (cabelo-de-porco).

Em estudo realizado por Boldrini & Miotto (1987) em um campo limpo na

Estação Experimental Agronômica da UFRGS, município de Eldorado do Sul, as espécies mais importantes foram *Paspalum notatum* (grama-forquilha), *Paspalum paucifolium*, *Aspilia montevidensis* (mal-me-quer), *Evolvulus sericeus*, *Polygala australis*, *Herbertia pulchella*, *Coelorhachis selloana*, *Axonopus affinis* (grama-tapete) e *Borreria fastigiata*.

Nos campos utilizados para a pecuária, nos locais onde há uma lotação inadequada de gado (sub ou superlotação) ou a prática periódica de queimadas, dominam as espécies cespitosas, como *Andropogon lateralis*, *Erianthus clandestinus* (macega-estaladeira), *Agrostis montevidensis* (capim-mimoso), *Andropogon bicornis* (macega), *Schizachyrium microstachyum* (capim-rabo-de-burro), *Eragrostis bahiensis* (capim-canivão) e *Hypogonium virgatum* (cola-de-zorro).

Em trabalho realizado também na Estação Experimental Agronômica, Pillar (1988) procurou estudar a relação entre a estrutura da vegetação e os fatores do ambiente, amostrando um campo de cerca de 30 ha, ao longo de um gradiente que vai desde áreas úmidas de baixada até o topo de uma coxilha. Os resultados obtidos permitem afirmar que o relevo e a umidade, juntamente com a pressão do pastejo atuam diretamente sobre a conformação da cobertura de campo, determinando as espécies que se instalam nos diferentes locais ao longo do gradiente.

Eggers & Porto (1994) desenvolveram um estudo avaliando os efeitos do fogo sobre uma comunidade de campo do tipo paleáceo, no qual dominam gramíneas altas e rígidas, com altura que varia de 30 cm a 1 m. O trabalho foi realizada na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, no município de Eldorado do Sul.

Em duas parcelas de 50 x 50 m foram amostrados 25 quadrados de 1 x 1 m. Uma das parcelas foi queimada sob condições controladas e teve a dinâmica de recomposição da vegetação posteriormente acompanhada durante nove meses.

O estudo registrou o desaparecimento de cinco espécies na parcela queimada (*Nothoscordum* sp., *Senecio selloi*, *Galactia gracillima*, *Richardia stellaris* e *Senecio pinnatus*), que antes da queima eram raras, com frequências baixas.

Apesar dos efeitos marcantes que o fogo acarreta sobre os campos, o trabalho revelou uma tendência ao retorno ao aspecto original da vegetação, decorridos nove meses após a queimada.

Balbueno (1997) desenvolveu a caracterização em bases fitocenológicas da vegetação arbórea em dois fragmentos florestais no município de Arroio dos Ratos, buscando relacionar os efeitos da fragmentação sobre a estrutura dessas manchas arbóreas e relacionando as características do entorno à capacidade de auto-perpetuação dos fragmentos e ao seu potencial de conservação.

Os fragmentos em estudo encontram-se incluídos em hortos de cultivo de eucalipto. O Horto São Pedro I situa-se junto às áreas mais baixas, fortemente influenciada pelo rio Jacuí, enquanto que o Horto Santa Rosa está situado já nas primeiras elevações do cristalino, em direção ao limite sul da região de estudo do Projeto PADCT/CIAMB.

Em cada um dos fragmentos foram inventariadas e medidas todas as árvores com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 10 cm, numa transecção de 240 m de extensão por 10 m de largura, cortando o fragmento ao longo de seu eixo maior.

No Horto Santa Rosa foi amostrado um total de 206 indivíduos, que apresen-

taram uma cobertura de 8,44 m<sup>2</sup>. Destacam-se no fragmento espécies como *Myrcianthes gigantea*, *M. pungens* (guabiju), *Dyospiros inconstans* (maria-preta), *Gymnanthes concolor* (laranjeira-do-mato), *Roupala brasiliensis* (carvalho-brasileiro) e *Ficus organensis* (figueira).

No Horto São Pedro I foram amostradas 236 árvores, que perfizeram uma área basal de 8,00 m<sup>2</sup>, de espécies das quais se destacam *Sebastiania commersoniana* (brinquilho), *Guarea macrophylla* (catiguá-morcego), *Casearia sylvestris* (chá-de-bugre), *Chrysophyllum marginatum* (aguai-vermelho) e *Luehea divaricata* (açoita-cavalo).

Em trabalho desenvolvido também no município de Arroio dos Ratos, em área de deposição de rejeitos de carvão, foram inventariadas 50 unidades amostrais de 1 m<sup>2</sup> cada uma, tendo sido registradas 59 espécies de espermatófitas. Em termos de diversidade específica, as famílias mais representativas são gramíneas (20 espécies), compostas (10 espécies), seguidas de ciperáceas (5 espécies), rubiáceas (3 espécies) e umbelíferas (3 espécies).

As espécies mais representativas da comunidade, quanto à frequência e, algumas também, quanto ao grau de cobertura são *Sporobolus indicus*, *Vernonia nudiflora*, *Gamochaeta filaginea*, *Richardia humistrata*, *Baccharis trimera*, *Bulbostylis capillaris*, *Axonopus affinis*, *Cynodon dactylon*, *Paspalum notatum* e *Piptochaetium montevidense*.

A seqüência de famílias mais importantes está de acordo com os resultados de autores que estudaram campos nativos na região (Boldrini & Miotto, 1987; Pillar, 1988; Eggers & Porto, 1994). Cabe destacar, no entanto, a baixíssima expressão da família das leguminosas no campo em estudo, representada apenas por *Desmodium incanum*, com somente 2% de frequência absoluta.

## MAPEAMENTO

O apêndice 4 - Classificação e uso dos solos - apresenta o resultado da classificação da imagem de satélite, na região de abrangência deste estudo.

No mapeamento, realizado através da classificação de imagem de satélite, foram obtidas 9 classes de uso e cobertura do solo (água, campos, pastagens introduzidas, reflorestamentos, mata nativa, banhados, áreas de mineração, solo descoberto e áreas urbanas).

O fato de a classificação ter sido baseada em uma única data (8/9/93) limitou o grau de refinamento obtido, em função da impossibilidade de uma análise de caráter multitemporal. Dessa forma, algumas feições da paisagem da região não foram devidamente contempladas no presente estudo, como é o caso das áreas de cultivo de rosáceas, as quais, devido ao espaçamento utilizado nos cultivos e à caducifolia das espécies, foram incorporadas à classe de campo.

Muitas das áreas agrícolas, principalmente aquelas de várzea, destinadas ao cultivo de arroz, estão incorporadas à classe de solo nu, uma vez que nesse período do ano (setembro) essas encontram-se em pleno processo de preparo para o cultivo.

A grande maioria das áreas de reflorestamento correspondem a plantações de eucalipto, estando presentes alguns talhões de acácia-negra, ambas espécies utilizadas na indústria de celulose. Além disso, existem na região taquaireiras que servem como quebra-vento e algumas áreas nas quais essas plantas foram cultivadas também para a indústria peleleira, prática hoje em desuso.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A região incluída no presente estudo apresenta uma cobertura vegetal cuja estrutura e composição é determinada principalmente por três principais agentes, quais sejam, a situação topográfica, as condições edáficas e o uso antrópico das áreas adjacentes.

Variando desde as áreas inundáveis contíguas ao rio Jacuí aos campos sobre terrenos secos da Serra do Sudeste, a vegetação originalmente presente possibilitou o uso de extensas áreas para a pecuária, já no início da colonização açoriana no Estado, atividade que ainda hoje persiste na região.

A exploração do carvão mineral, a partir do início do século, inicialmente se dava através da mineração subterrânea, e posteriormente substituída pela atividade a céu aberto, onde tal técnica fosse possível, introduziu um novo e importante elemento de modificação de extensas áreas.

Além da atividade extrativa propriamente dita, o fato da região abrigar duas usinas termétricas em operação e uma terceira cujas obras se encontram paralisadas, faz das atividades vinculadas à exploração e ao uso do carvão o principal agente de alteração da paisagem em escala regional.

As minas ocupando extensas áreas, nas quais as soluções de remediação se encontram em geral aquém do minimamente necessário para a manutenção de comunidades naturais estáveis, e a disposição de cinzas e rejeitos de forma descontrolada, principalmente nas áreas mais próximas ao rio Jacuí, provocam alterações cuja importância excede os limites físicos dessas áreas.

Uma análise preliminar das condições de conservação dos distintos compartimentos ambientais caracterizados ao longo desse estudo permite afirmar serem os banhados e matas ciliares os ambientes mais ricos, tanto em termos de produtividade como de diversidade de espécies.

Os campos utilizados para a agricultura e as lavouras, principalmente de arroz, nas áreas de várzea, são práticas que também afetam os processos naturais de evolução dos ambientes da região. Enquanto a pecuária se dá de forma extensiva, em geral utilizando como forrageiras basicamente as espécies nativas, a lavoura orizícola depende da intensa utilização de insumos, tanto fertilizantes e herbicidas, cujo carreamento para os corpos d'água pode afetar a biota de uma forma significativa, quanto pelo sistema de irrigação, no qual as drenagens naturais são substituídas pelo canais que distribuem a água para as lavouras.

As matas nativas da região estão sujeitas à extração seletiva das essências mais nobres e à retirada de lenha, práticas que afetam em graus distintos a estabilidade dessas áreas. A presença do gado em áreas de vegetação arbórea nativa também pode ser apontada como um fator de instabilidade desse sistema, pelo forrageamento e pisoteio das fases jovens das espécies das matas, afetando o processo de regeneração natural das mesmas.

São arroladas a seguir algumas medidas cuja implantação se revela fundamental para uma adequada gestão dos ambientes relacionados à região de estudo:

- controle da vegetação das matas ciliares e implementação de um programa de recuperação de áreas onde a cobertura arbórea foi suprimida, utilizando, para tanto, espécies nativas da região;
- recuperação de áreas mineradas e depósitos de cinzas e rejeitos, através da introdução de espécies nativas;
- monitoramento das áreas em processo de recuperação, com ênfase para as que se prestam à atividade pecuária;
- conservação das áreas de vegetação paludosa contíguas ao Parque Estadual do Delta do Jacuí;
- na implantação de atividades de exploração econômica da região (industrialização, urbanização, agricultura, etc), observar as potencialidades e as restrições dos sistemas naturais ressaltadas neste e em relatórios de outros grupos;
- implantação de um viveiro regional de espécies vegetais nativas, visando o cumprimento do programa de recuperação de áreas degradadas, bem como sua inserção em ações de educação ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, L. W. et alii. Levantamento preliminar da vegetação da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. I. Ilhas do Pavão, dos Marinheiros, das Flores e do Lage. *Iheringia Sér. Bot.*, Porto Alegre, n.24, p.3-14, 1979.
- BALBUENO, R. A.; EGGERS, L. Caracterização da vegetação arbórea de um trecho do rio Jacuí. In: SOCIEDADE MINERADORA ARROIO DOS RATOS. *Plano de controle ambiental de jazidas de areia ao longo do rio Jacuí*, 1992.
- BALBUENO, R. A. *A fragmentação de ambientes florestais: dois casos na região do Baixo Jacuí, RS*. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação de Ecologia, Instituto de Biociências da UFRGS, 1997.
- BOLDRINI, I. I.; MIOTTO, S. T. S. Levantamento fitossociológico de um campo limpo da Estação Experimental Agronômica, UFRGS, Guaíba, RS. 1. etapa. *Acta bot. bras.*, v.1, n.1, p.49-56, 1987.
- BUENO, O. L. et al. Florística em áreas da margem direita do baixo Jacuí, RS, Brasil. *Acta bot. bras.*, v.1, n.2, p.101-121, 1987.
- EGGERS, L.; PORTO, M. L. Ação do fogo em uma comunidade campestre secundária, analisada em bases fitossociológicas. *Boletim do Instituto de Biosciências*, Porto Alegre, n.53, p.1-88, 1994.
- FIBGE. *Folhas SH 22 Porto Alegre e parte das folhas SH 21 e SI 22 Lagoa Mirim: levantamento de recursos naturais. geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1986. v.33, 776p.
- KLEIN, R.M. Aspectos predominantes da vegetação sul-brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA. 15. *Anais...* 1964. 20p.
- KLEIN, R.M. Síntese ecológica da floresta estacional da bacia do Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS). *Comun. Mus. Ci. PUCRS Sér. Bot.*, Porto Alegre, n.32, p.25-48, 1985.
- LONGHI-WAGNER, H.M.; RAMOS, R.F. Composição florística do Delta do Jacuí, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. I. Levantamento florístico. *Iheringia Sér. Bot.*, Porto Alegre. n.26, p.145-163, 1981.
- NEVES, M. T. M. B. et alii. *Levantamento preliminar da flora e vegetação fanerogâmica na área de influência do complexo do carvão Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, FZBRGS, 1983.

- PILLAR, V de P. *Fatores de ambiente relacionados a variação da vegetação de um campo natural*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Agronomia da UFRGS, Zootecnia.1988.
- RAMBO, B. *A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural*. 2.ed. Porto Alegre: Selbach, 1956. 471p.
- REITZ, R. et alii. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. *Sellowia*, Itajaí, 1983.

# ANEXO

## FLÓRULA DA REGIÃO DO BAIXO JACUÍ

### FLÓRULA DA REGIÃO DO BAIXO JACUÍ (a partir de revisão bibliográfica)

1) BOLDRINI, I.I. & MIOTTO, S.T.S. 1987. Levantamento fitossociológico de um campo limpo da Estação Experimental Agronômica, UFRGS, Guaíba, RS. - 1ª Etapa. Acta bot. bras. 1(1):49-56.

2) BUENO, O.L. et alii. 1987. Florística em áreas da margem direita do baixo Jacuí, RS, Brasil. Acta bot. bras. 1(2):101-121.

3) NEVES, M.T.M.B. et alii. 1983. *Levantamento preliminar da flora e vegetação fanerogâmica na área de influência do complexo do carvão Rio Grande do Sul.* FZBRGS.

4) LONGHI-WAGNER, H.M. & RAMOS, R.F. 1981. Composição florística do Delta do Jacuí, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. I. Levantamento florístico. Iheringia Sér. Bot. (26):145-163. Porto Alegre.

5) ZOCHE, J.J. & PORTO, M.L. 1993. I - florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas, Rio Grande do Sul, Brasil. Acta bot. bras. 6(2):47-84.

Código dos hábitos das espécies listadas:

x	espécies herbáceas
X	espécies arbustivo-arbóreas
x*	espécies aquáticas ou com afinidade por ambientes úmidos
X#	espécies trapadeiras
X@	epífitas e parasitas

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
ACANTHACEAE				
<i>Didiptera pedliana</i>	x			4
<i>Didiptera sp.</i>	x	x		2,3,4
<i>Hygrophila brasiliensis</i>	x			2,3
<i>Hygrophila guianensis</i>	x			4
<i>Justicia axillaris</i>	x			2,3
<i>Ruellia angustiflora</i>	x			4
<i>Ruellia marongii</i>	x			1
ALISMATACEAE				
<i>Edinococcus grandiflorus</i>	x*			2,3,4
<i>Sagittaria montevidensis</i>	x*			2,3
AMARANTHACEAE				
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	x			2,3,4
<i>Alternanthera tenella</i>		x		2,3
<i>Amaranthus spinosus</i>	x			4
<i>Iresine diffusa</i>	x	x		2,3
<i>Plinia tuberosa</i>	x			1,2,3,4,5
AMARYLLIDACEAE				
<i>Crinum americanum</i>	x			4
<i>Habenanthus cf. tubispatus</i>	x			5
<i>Zephyranthes sp.</i>	x			2,3
ANACARDIACEAE				
<i>Schinus terebinthifolius</i>	X		X	1
ANNONACEAE				
<i>Rollinia silvestris</i>			X	2
<i>Rollinia sp.</i>		X		3,4
APOCYNACEAE				
<i>Forsterania glabrescens</i>		X#		4
<i>Macrosiphonia petraea</i>			X	2,3
<i>Peschiera citharinensis</i>		X		4
AQUIFOLIACEAE				
<i>Ilex chuxxa</i>		X		4
ARACEAE				
<i>Pistia stratiotes</i>	x*			4
ARISTOLOCHIACEAE				
<i>Aristolochia sessifolia</i>	x			2,3
ASCLEPIADACEAE				
<i>Asclepias curassavica</i>	x			4
<i>Asclepias sp.</i>	x			4
<i>Cynanchum bonariensis</i>		X#		4
<i>Oxypetalum sp.</i>	x			4

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
ASPIDACEAE				
<i>Dryopteris dentata</i>		x		2,3,4
<i>Dryopteris goedenii</i>	x			4
<i>Dryopteris gongaloides</i>	x			4
<i>Dryopteris serrata</i>	x			4
<i>Dryopteris setigera</i>	x			4
BIGNONIACEAE				
<i>Anaphylidium vauhtiei</i>			X	2
<i>Clytostema callistegioides</i>	X#	X#		2,3,4
<i>Doxantha unguis-cati</i>	X#	X#		2,3,4
<i>Jacaranda nicaragua</i>			X	2,3
<i>Macclidena dentata</i>		X		2,3
<i>Pithecoctenium deltoideum</i>		X#		2,3,4
<i>Tecoma stans</i>	X			2,3
BORAGINACEAE				
<i>Cardia calyculata</i>			X	2,3
<i>Cardia monosperma</i>	x			4
<i>Echium cf. plantagineum</i>	x			5
<i>Heliotropium elongatum</i>		x		2,3
<i>Heliotropium lugense</i>	x			5
<i>Patagonula americana</i>			X	2,3
BROMELIACEAE				
<i>Aedmea recurvata</i>			X@	2,3
<i>Ananas barbatulus</i>			x	2,3
<i>Billbergia zebrina</i>		x		2,3
<i>Tillandsia aecanthos</i>		X@	X@	2,3,4
<i>Tillandsia geminiflora</i>		X@	X@	2,3,4
<i>Tillandsia recurvata</i>		X@	X@	2,3,4
<i>Tillandsia stricta</i>		X@	X@	2,3
<i>Tillandsia usneoides</i>		X@	X@	2,4
BUDDLEJACEAE				
<i>Buddleja strobilifera</i>	x			4
BUTOMACEAE				
<i>Hydrocotyle nymphoides</i>	x			4
CACTACEAE				
<i>Rhipsalis baccata</i>		X@	X@	2
<i>Rhipsalis dissimilis</i>		X@		4
<i>Rhipsalis sagittalis</i>		X@		4
CALYCERACEAE				
<i>Acicarpa procumbens</i>	x			1
CAMPANULACEAE				
<i>Pezia heckerana</i>	x			2,3,4,5

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
CAMPANULACEAE				
<i>Tirochilus biflora</i>	x	x		2,3
<i>Wibbenbergia linearisoides</i>	x			2,3
CARYOPHYLLACEAE				
<i>Arenaria cf. lanuginosa</i>	x			2
<i>Cerastium dicotyledum</i>	x			2
<i>Drymonia cordata</i>	x			2,4
<i>Paracryphia dulensis</i>		x		2
CELASTRACEAE				
<i>Maytenus cassiniifolia</i>		X		3
<i>Maytenus dasydactylodes</i>		X		2
<i>Maytenus illiifolia</i>		X		2,3
CHENOPODIACEAE				
<i>Chenopodium austroriparioides</i>	x			4
CISTACEAE				
<i>Helianthemum brasiliense</i>	x			1
COMBRETACEAE				
<i>Combretum fruticosum</i>		X#		2,3,4
<i>Terminalia australis</i>		X		2,3,4
COMMELINACEAE				
<i>Commelina erecta</i>	x			2,3,4
<i>Commelina diffusa</i>	x			4
<i>Commelina virginica</i>	x			2,3
<i>Commelina sp.</i>		x		2
<i>Floscopa glabrata</i>	x			2
<i>Floscopa sp.</i>	x			3
<i>Tradescantia cf. fluminensis</i>		x		2,3
<i>Tropogunda elongata</i>	x			4
COMPOSITAE				
<i>Anthopentemum australe</i>	x			2,3,5
<i>Achyrocline satureioides</i>	x			2,3
<i>Ageratum conyzoides</i>	x			1
<i>Aspilia montevidensis</i>	x			1,2,3,5
<i>Aster squarrosus</i>	x			2,3,4,5
<i>Baccharis dracunculifolia</i>		x		2,3
<i>Baccharis ananala</i>	x	x		2,3,4
<i>Baccharis articulata</i>	x			5
<i>Baccharis crispata</i>	x			2
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	x			2,3,4,5
<i>Baccharis illinoia</i>	x			2
<i>Baccharis microcephala</i>	x			2,3
<i>Baccharis nutans</i>			x	3
<i>Baccharis pseudotenuifolia</i>	x			2

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Baccharis cigogandensis</i>	x			2,3
<i>Baccharis spicata</i>	x			2,3,4,5
<i>Baccharis trinera</i>	x			1,2,3,4,5
<i>Bercoa guptalioides</i>	x			1
<i>Bidesis laevis</i>	x			4
<i>Calea pinnatifida</i>	x			2,3
<i>Cardus pycnocephalus</i>	x			4
<i>Chaptalia exscapa</i>	x			1
<i>Chaptalia nutans</i>			x	2
<i>Chaptalia piloselloides</i>	x			1
<i>Chaptalia nudicauda</i>	x			1,2,3
<i>Chevreulia acuminata</i>	x			1
<i>Chevreulia samentosa</i>	x			1,5
<i>Cirsium vulgare</i>	x			2,3
<i>Coryza blakei</i>	x	x		2,3
<i>Coryza chilensis</i>	x			1,2,3
<i>Coryza flaccibunda</i>	x			2,3,4
<i>Eclipta aegyptiaca</i>	x			2,3
<i>Eclipta prostrata</i>	x			4
<i>Elephantopus mollis</i>	x	x	x	1,2,3,4,5
<i>Elyda anagallis</i>	X#			4
<i>Erechtites hieracifolia</i>	x			4
<i>Eupatorium arietarium</i>	x			2,3
<i>Eupatorium carmesonii</i>	x			2,3
<i>Eupatorium grande</i>	x			5
<i>Eupatorium unulaefolium</i>	x			2,3,5
<i>Eupatorium laevigatum</i>	x			2,3,5
<i>Eupatorium lanigerum</i>	x			1
<i>Eupatorium umbelliforme</i>	x			2,3
<i>Facelis retusa</i>	x			1,2,3,5
<i>Galinsoga parviflora</i>	x			4
<i>Gnaphalium aneicium</i>	x			1,5
<i>Gnaphalium filicoides</i>	x			2,3
<i>Gnaphalium d'Almeida</i>	x			5
<i>Gnaphalium spicata</i>	x			1,5
<i>Gnaphalium subfilicoides</i>	x			1
<i>Gouania polymorpha</i>		x		2,3
<i>Hypochaeris brasiliensis</i>	x			2,3
<i>Hypochaeris aegyptiaca</i>	x			1,2,3
<i>Hypochaeris papposica</i>	x			1
<i>Hypochaeris sp.</i>	x			1,2,3,5
<i>Jussiaea hirta</i>	x			2,3

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Jussia sellowii</i>	x			2,3
<i>Luculia nitens</i>	x			2,3
<i>Micropsis spathulata</i>	x			1,5
<i>Mikania cordifolia</i>		x		4
<i>Mikania gnaphalifolia</i>	X#			2
<i>Mikania diseni</i>		X#		2,3
<i>Mikania involucrata</i>		X#		2,3
<i>Mikania micrantha</i>	X#	X#		4
<i>Mikania perfoliata</i>		X#		4
<i>Mikania sp.</i>	X#			2
<i>Nectostemum alvianum</i>	x			2,3
<i>Nectostemum deambens</i>	x			1
<i>Nectostemum marginatum</i>	x			1,5
<i>Nectostemum sericeum</i>	x			2,3
<i>Orthopappus angustifolius</i>	x			1
<i>Panphala comersonii</i>	x			1
<i>Pluchea sigillalis</i>	x			4,5
<i>Podocornu hieacoidia</i>	x			1
<i>Pterocaulon angustifolium</i>	x			2,3
<i>Pterocaulon cordobense</i>	x			4
<i>Pterocaulon lanatum</i>	x			5
<i>Pterocaulon lorentzii</i>	x			1
<i>Pterocaulon interruptum</i>	x			4
<i>Pterocaulon polypetrum</i>	x			2,3
<i>Pterocaulon polystachyum</i>	x			2,3,5
<i>Pterocaulon purpurascens</i>	x			1
<i>Pterocaulon rugosum</i>	x			1
<i>Pterocaulon virgatum</i>	x			2,3
<i>Senecio bonariensis</i>	x			2,3,4
<i>Senecio brasiliensis</i>	x			2,3,4,5
<i>Senecio asplatinus</i>	x			5
<i>Senecio crassifolius</i>	x			2,3,4
<i>Senecio heteractidius</i>	x			5
<i>Senecio leptalobus</i>	x			2,3,5
<i>Senecio pinnatus</i>	x			1
<i>Senecio cf. oligophyllus</i>	x			2,3
<i>Senecio sellai</i>	x			2,3,5
<i>Solidago chilensis</i>	x			2,3,5
<i>Soliva pterosperrum</i>	x			1,2,3,4,5
<i>Spilanthes acnicoides</i>	x			2,3
<i>Stenactenium cunepestre</i>	x			2,3
<i>Stenactenium microcephalum</i>	x			2,3

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Taraxacum officinale</i>	x			4
<i>Taraxacum officinale</i>	x			5
<i>Taraxacum officinale</i>	x			1,2,3
<i>Veronica brevifolia</i>	x			2,3
<i>Veronica flexuosa</i>	x			1,2,3
<i>Veronica megalantha</i>	x			1,2,3
<i>Veronica nudiflora</i>	x			1,2,3,4,5
<i>Veronica platensis</i>	x			2,3
<i>Veronica sellowii</i>	x			2,3,5
<i>Veronica tweediana</i>		x	x	2,3
<i>Xanthium cavendishii</i>	x			4
CONVOLVULACEAE				
<i>Ariseia argentea</i>	x	x		2,3
<i>Didymandra nurocoryx</i>	x			1
<i>Didymandra sericea</i>	x			1,5
<i>Evolvulus sericeus</i>	x			2,3,5
<i>Ipomoea alba</i>	X#	X#		4
<i>Ipomoea citriformis</i>	X#	X#		4
<i>Ipomoea grandifolia</i>	X#			2,3,4
<i>Ipomoea l. triloba</i>	X			5
<i>Mexrenia dissecta</i>		X#		2,4
CRUCIFERAE				
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	x			4
<i>Lepidium aletes</i>	x			2
<i>Nasturtium officinale</i>	x			4
CUCURBITACEAE				
<i>Cayaponia d. bonariensis</i>		X#		4
<i>Cayaponia d. diversifolia</i>		X#		4
<i>Cayaponia podantha</i>	X#			4
<i>Melothria candolleana</i>		X#		4
<i>Wilbrandia d. ebracteata</i>	X#			4
CYPERACEAE				
<i>Asclapsis brasiliensis</i>	x			4
<i>Bulbostylis capillaris</i>	x			2,3
<i>Carex phalaroides</i>	x			5
<i>Carex sororia</i>	x			1
<i>Cyperus brevifolius</i>	x			1
<i>Cyperus crismensis</i>	x			5
<i>Cyperus corymbosus</i>	x			2,3
<i>Cyperus entrecianus</i>	x			2,3
<i>Cyperus esulentus</i>	x			4
<i>Cyperus giganteus</i>	X*			4

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Cyperus laspan</i>	x			2
<i>Cyperus laxocarpus</i>		x		2
<i>Cyperus laevis</i>	x			5
<i>Cyperus lanxclatus</i>	x			2,3
<i>Cyperus luzulae</i>	x			4
<i>Cyperus obtusatus</i>	x			1
<i>Cyperus obtusifolius</i>	x			5
<i>Cyperus polystachyus</i>	x			2,5
<i>Cyperus prolixus</i>	X*			4
<i>Cyperus reflexus</i>	x			2,3
<i>Cyperus rotundus</i>	x			2,3
<i>Cyperus sesquiflorus</i>	x			1,2,3,5
<i>Eleocharis bonariensis</i>	x			2,3,5
<i>Eleocharis data</i>	x			2,3
<i>Eleocharis nodulosa</i>	X*			2,3,4
<i>Eleocharis ovium</i>	x			5
<i>Eleocharis cf. sellowiana</i>	x			5
<i>Eleocharis viçidiana</i>	x			2,3,5
<i>Fimbristylis autumnalis</i>	x			1
<i>Fimbristylis dichotoma</i>	x			1,5
<i>Rhynchospora coccinbosa</i>	x			2,3
<i>Rhynchospora baironii</i>	x			5
<i>Rhynchospora emaciata</i>	x			2,3
<i>Rhynchospora glauca</i>	x			2,3
<i>Rhynchospora globosa</i>	x			1
<i>Rhynchospora hieronymi</i>		x		2,3
<i>Rhynchospora cf. nervosa</i>	X*			4
<i>Rhynchospora rostrata</i>	x			2,3
<i>Rhynchospora rugosa</i>	x			5
<i>Rhynchospora tenuis</i>	x			2,3,5
<i>Rhynchospora ulensis</i>	X*	x		4
<i>Scirpus californicus</i>	X*			4
<i>Scleria hirtella</i>	X			2,3
ERYTHROXYLACEAE				
<i>Erythroxylum argentinum</i>			X	4
EUPHORBIACEAE				
<i>Acalypha multicaulis</i>	X	X		2,4
<i>Acinosenonox canador</i>		X	X	2,3
<i>Aldounea triplinervia</i>		X		4
<i>Croton dusenii</i>	x			2,3
<i>Croton guaphali</i>	x			5
<i>Euphorbia papillosa</i>	x			2,3,5

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Euphorbia parpeana</i>	x			1
<i>Euphorbia sellai</i>	x			1,2,3
<i>Phyllanthus niruri</i>		x		4
<i>Phyllanthus sellowianus</i>		X		2,3,4
<i>Sapum glandulosum</i>	X	X		2,3,4
<i>Sebastiania comersoniana</i>	X	X		2,3,4
<i>Sebastiania schottiana</i>	X*	X*		2,3,4
<i>Sebastiania serrata</i>		X*		2,4
<i>Taga erioides</i>	X			1
FLACOURTIACEAE				
<i>Casahuate sylvatica</i>		X	X	2,3,4
GERANIACEAE				
<i>Geranium robertianum</i>	x			4
GRAMINEAE				
<i>Agrostis montevidensis</i>	x			2,3,5
<i>Andropogon bicornis</i>	x			2,3
<i>Andropogon lateralis</i>	x			1,2,3,5
<i>Andropogon sellowianus</i>	x			1,2,3,5
<i>Andropogon ternatus</i>	x			1,2,3
<i>Aristida cirinalis</i>	x			2,3
<i>Aristida filifolia</i>	x			2,3
<i>Aristida flavida</i>	x			1
<i>Aristida jubata</i>	x			1,2,3,5
<i>Aristida laevis</i>	x			1,2,5
<i>Avena barbata</i>	x			2,3
<i>Axonopus affinis</i>	x			1,2,3,4,5
<i>Axonopus argentinus</i>	x			2,3
<i>Axonopus compressus</i>	x		x	2,3
<i>Axonopus fissifolius</i>	x			2,3
<i>Axonopus purpusii</i>	x			5
<i>Brachiaria mitis</i>	x			4
<i>Brachiaria plantaginea</i>	x			5
<i>Briza calotheca</i>	x			2,3
<i>Briza minor</i>	x			5
<i>Briza subaristata</i>	x			1,2,3
<i>Calamagrostis viridiflavescens</i>	x			4
<i>Coelachne sellowii</i>	x			1,5
<i>Cynodon dactylon</i>	x			1,2,3,5
<i>Digitaria alvina</i>	x			5
<i>Echinodactylus crusgalli</i>	x			2,3
<i>Echinodactylus polystachya</i>	x			4
<i>Eleusine tristachya</i>	x			2,3,4,5

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Elymus candidus</i>	x			1
<i>Eragrostis airoides</i>	x			2,3,5
<i>Eragrostis bahiensis</i>	x			2,3,4,5
<i>Eragrostis expansa</i>	x			4
<i>Eragrostis hypnoides</i>	x			2,3
<i>Eragrostis ligata</i>	x			1,2,3,5
<i>Eragrostis mesii</i>	x			1,2,3,5
<i>Eragrostis plana</i>	x			2,3
<i>Eragrostis polytricha</i>	x			1,5
<i>Eriochloa trinii</i>	x			2,3,4
<i>Eriochloa nautoidensis</i>	x	x		4
<i>Eriochloa punctata</i>	x			2,3,4
<i>Gnaphalium trinii</i>		x		2,3,4
<i>Guzmania grandiflora</i>	x			1
<i>Hypochaeris virgata</i>	x			2,3
<i>Ischaemum pallens</i>		x		2,3,4
<i>Ischaemum unius</i>	x			2,3
<i>Leersia hexandra</i>	x			4
<i>Luzida peruviana</i>	x			2,3,4
<i>Microchloa indica</i>	x			1
<i>Olyra micrantha</i>		x		2,3
<i>Oplismenus setaceus</i>		x	x	2,3,4
<i>Panicum aquaticum</i>	x			2,3
<i>Panicum arvense</i>	x			3
<i>Panicum capybatum</i>	x			3
<i>Panicum deapense</i>	x			1,5
<i>Panicum densum</i>	x			5
<i>Panicum elephantipes</i>	x			4
<i>Panicum guianense</i>	x			5
<i>Panicum gramineum</i>	x			2,3,4
<i>Panicum helodes</i>	x			2,3
<i>Panicum laxum</i>	x	x		2,3,4
<i>Panicum ulicoides</i>	x			2,3,5
<i>Panicum ovaliflorum</i>			x	2
<i>Panicum pruriens</i>		x		2,4
<i>Panicum trivulvare</i>	x			4
<i>Panicum saiborum</i>	x			5
<i>Panicum stoloniflorum</i>		x		2,4
<i>Panicum trichanthum</i>		x		2,3,4
<i>Panicum sp.</i>	x			2
<i>Paspalum paludicolum</i>	x			4
<i>Paspalum capybatum</i>		x		4
<i>Paspalum dilatatum</i>	x			5

FAMÍLIA/ Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Paspalum inaequivalve</i>		x		4
<i>Paspalum rioxane</i>	x			5
<i>Paspalum notatum</i>	x			1,2,3,5
<i>Paspalum pauciflorum</i>	x			2,3
<i>Paspalum pauciflorum</i>	x			1,2,3,5
<i>Paspalum plicatulum</i>	x			1,2,3
<i>Paspalum purpurum</i>	x			2,3,5
<i>Paspalum repens</i>	x			4
<i>Paspalum urvillei</i>	x			2,3,5
<i>Paspalum vaginatum</i>	x			2,3
<i>Phalaris sp.</i>	x			2,3
<i>Piptochaetium oxenteoides</i>	x			1,2,3,5
<i>Piptochaetium pauciflorum</i>	x			1
<i>Piptochaetium stipoides</i>	x			1
<i>Pseudochamaecrista polystachya</i>			x	2,3
<i>Rhynchosyris repens</i>	x			2,3,4,5
<i>Rhynchosyris subulata</i>	x			2,3
<i>Rotifolium sellowii</i>	x			2,3
<i>Schizachyrium condensatum</i>	x			2,3
<i>Schizachyrium nitens</i>	x			2,3,4
<i>Schizachyrium tenax</i>	x			1
<i>Setaria geniculata</i>	x			2,3,4
<i>Setaria vulpisetia</i>	x			4
<i>Sporobolus indicus</i>	x			1,4,5
<i>Stipa neesiana</i>	x			2,3
<i>Trachypogon monulatus</i>	x			1
<i>Zizaniopsis brasiliensis</i>	x			4
HALORRHAGACEAE				
<i>Myriophyllum brasiliense</i>	x			4
HYPERICACEAE				
<i>Hypericum brasiliense</i>	x			5
HYPOCRATEACEAE				
<i>Pristimera andina</i>		x		2,3
HYPOXIDACEAE				
<i>Hypoxis deambens</i>	x			1,2,3,5
ICACINACEAE				
<i>Citrinella paniculata</i>		x		2,3
IRIDACEAE				
<i>Herbertia pulchella</i>	x			1,5
<i>Sisyrinchium vaginatum</i>	x			5
<i>Sisyrinchium spp.</i>	x			1,2,3

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
JUNCACEAE				
<i>Juncus bufonius</i>	x			5
<i>Juncus capillareus</i>	x			2,3,5
<i>Juncus dichotomus</i>	x			4
<i>Juncus cf. darbyanus</i>	x			5
<i>Juncus cf. microcephalus</i>	x			5
<i>Juncus cf. sellowianus</i>	x			5
<i>Juncus vertuzianus</i>	x			2,3
LABIATAE				
<i>Hypoxis brevipes</i>	x			2,3,5
<i>Hypoxis fasciculata</i>	x			2,3
<i>Hypoxis cf. flourensii</i>	x			2,3
<i>Hypoxis lappacea</i>		x		4
<i>Hypoxis lorentziana</i>	x	x		2
<i>Hypoxis mutabilis</i>	x			4
<i>Leonotis nepetifolia</i>	x			4
<i>Monarda sp.</i>	x			4
<i>Peltodon longipes</i>	x			1,2,3
<i>Satellaria platensis</i>		x		2
<i>Satellaria ramosa</i>	x			2,3
LAURACEAE				
<i>Nectandra maggotanica</i>		X	X	2,3
<i>Nectandra rigida</i>			X	2,3
<i>Ocotea puberula</i>			X	2,3
<i>Ocotea pulchella</i>		X		2,3,4
<i>Ocotea tosis</i>		X		2,3
LEGUMINOSAE				
<i>Acacia bonariensis</i>	X#	X#		2,3
<i>Aeschynomene filata</i>	x			1,2,3
<i>Aeschynomene sensitiva</i>	x			2,3
<i>Apuleia leiocarpa</i>		X		2,3
<i>Atacis bukartii</i>	x			5
<i>Bauhinia candicans</i>		X		4
<i>Cesalpinia punctata</i>	X			1
<i>Cesalpinia rubicunda</i>	X			2,3
<i>Calliandra tweedii</i>	X	X		2,3
<i>Cassia chamecrista</i>	X			2
<i>Cassia corymbosa</i>		X		2,3,4
<i>Cassia neglecta</i>	X			3
<i>Cassia occidentalis</i>		X		4
<i>Cassia repens</i>	x			1
<i>Clitaria nana</i>	x			1
<i>Callaea stenophylla</i>	x			2,3

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Crotalaria hirsutiana</i>	x			2,3
<i>Crotalaria sp.</i>	x			2,3
<i>Dalbergia variabilis</i>			X#	2,3
<i>Desmodium depressus</i>	x			1,2,3
<i>Desmodium virgatus</i>	x			5
<i>Desmodium a descenders</i>	x			2,3
<i>Desmodium incarnum</i>	x			1,2,3,5
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>			x	2,3,4
<i>Erythrina crista-galli</i>	X*			2,3,4
<i>Galactia marginalis</i>	x			1
<i>Galactia praecoxa</i>	x			1
<i>Inga uruguayensis</i>		X		2,3,4
<i>Lathyrus sp.</i>		X		2
<i>Lupinus luteus</i>	x			2,3,4
<i>Machaecium stipitatum</i>		X		4
<i>Macropodium prostratum</i>	x			1
<i>Macropodium sp.</i>	x			2
<i>Mimosa bimacronata</i>	X*	X*		2,3,4,5
<i>Parapiptadenia rigida</i>		X	X	2,3
<i>Sesbania marginata</i>	X			4
<i>Sesbania punicea</i>	X			2,3,4
<i>Stylosanthes leucocarpa</i>	x			1,2,3,5
<i>Stylosanthes montevidensis</i>	x			1,2,3
<i>Taraxacum polymorphum</i>	x			1
<i>Taraxacum riograndense</i>	x			2,3
<i>Zoaria latifolia</i>	x			2,3
<i>Zoaria multinervosa</i>	x			2
<i>Zoaria reticulata</i>	x			2
LEMNACEAE				
<i>Lemna sp.</i>	x			4
<i>Spicodola intermedia</i>	x			4
LENTIBULARIACEAE				
<i>Utricularia cf. erectiflora</i>	x			2
<i>Utricularia obtusa</i>	x			2,3
<i>Utricularia trialeae</i>	x			2
LILIACEAE				
<i>Nothoscordum bonariensis</i>	x			1,2,3
<i>Nothoscordum bitorquatum</i>	x			2,3
LOGANIACEAE				
<i>Stydnos brasiliensis</i>		X	X	2,3
LORANTHACEAE				
<i>Phoradendron rubrum</i>		X@		4

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Phytolanthus acutifolius</i>		X@		2,3,4
LYTHRACEAE				
<i>Cuphea d'acutifolia</i>	x			5
<i>Cuphea aperta</i>	x			2,3
<i>Cuphea calophylla</i>	x			1,2,3
<i>Cuphea carthagenensis</i>	x	x		2,3,5
<i>Cuphea fruticosa</i>		x		4
<i>Cuphea glutinosa</i>	x			4
<i>Cuphea ingrata</i>	x			2,3
<i>Cuphea linearicoides</i>	x			2,3
<i>Cuphea racemosa</i>	x	x		2,3,4
<i>Heimia nuytoides</i>	x			2,3
<i>Heimia salicifolia</i>	x			4
MALPIGHIACEAE				
<i>Banisteriopsis metallica</i>		X#		4
<i>Dicella woifera</i>	x			2,3
<i>Heteropteis d'areea</i>		x		2
<i>Jussiaea guianensis</i>		x		2
MALVACEAE				
<i>Abutilon grandifolium</i>	x		x	2,3,4
<i>Hibiscus diversifolius</i>	x			4
<i>Hibiscus lamertianus</i>	x			4
<i>Hibiscus sellai</i>	x			4
<i>Hibiscus stans</i>	x			2,3
<i>Malvastrum oxanodleanum</i>	x			4
<i>Pavonia carolinensis</i>		x		4
<i>Pavonia sepium</i>		x	x	2,3
<i>Sida carpinifolia</i>	x			2,3
<i>Sida regnellii</i>	x			2,3
<i>Sida rhomboides</i>	x			1,2,3,4,5
<i>Sida spinosa</i>	x			2,3,5
<i>Sida varium</i>	x			2,3
MARANTHACEAE				
<i>Thalia geniculata</i>	x*			4
MELASTOMATACEAE				
<i>Tibouchina grisea</i>	X			5
MELIACEAE				
<i>Cabralea cingecana</i>			X	2,3
<i>Guarea macrophylla</i>			X	2,3
<i>Tichilia dausseni</i>			X	2,3
<i>Tichilia elegans</i>			X	2,3

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
MENISPERMACEAE				
<i>Cissampelos paraia</i>		X		2
MENYANTHACEAE				
<i>Nymphoides indica</i>	x*			2,3
MOLLUGINACEAE				
<i>Mollugo verticillata</i>	x			2,3
MORACEAE				
<i>Cassipoua schottii</i>			X	2,3,4
<i>Dacsteria brasiliensis</i>	X			1
<i>Ficus enervis</i>		X	X	3
<i>Ficus luschnathiana</i>		X		2
<i>Ficus monckii</i>		X		3
<i>Ficus ogbunensis</i>		X	X	2,3,4
<i>Sarcoca baylandii</i>		X	X	2,3
MYRSINACEAE				
<i>Rapanea laxiflora</i>		X		4
<i>Rapanea lorentziana</i>		X	X	2,4
<i>Rapanea umbellata</i>		X		2,3
MYRTACEAE				
<i>Rhoparcalyx apiculatus</i>		X	X	2,3
<i>Rhoparcalyx salicifolius</i>		X		2,3
<i>Rhoparcalyx tweedii</i>		X		2,3,4
<i>Caliptranthes carolina</i>		X	X	2
<i>Canpamnesia aurea</i>	X			1
<i>Canpamnesia thombei</i>		X		2,3
<i>Canpamnesia xanthocarpa</i>		X	X	2,3,4
<i>Eugenia emarginata</i>		X		2,3
<i>Eugenia bacopari</i>		X		4
<i>Eugenia glaucescens</i>		X		2,3
<i>Eugenia hiemalis</i>		X		2,3
<i>Eugenia involucrata</i>		X		4
<i>Eugenia muscui</i>		X		2
<i>Eugenia meridionalis</i>		X		4
<i>Eugenia platysena</i>		X		4
<i>Eugenia pyrifolia</i>			X	2,3
<i>Eugenia schubertiana</i>		X	X	2,3
<i>Eugenia speciosa</i>		X		2,3
<i>Eugenia uniflora</i>		X		2,3
<i>Eugenia uruguayensis</i>		X		2,3,4
<i>Eugenia vincifolia</i>		X		2,3
<i>Conradsia palustris</i>		X	X	2,3,4
<i>Jambosa jambos</i>		X		4

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Myraugenia glaucescens</i>		X		2,3
<i>Myraugenia montevidensis</i>		X		4
<i>Myraugenia sellowiana</i>		X		4
<i>Myria glabra</i>		X		2,3
<i>Myria multiflora</i>		X		2,3
<i>Myrianthes asplataensis</i>		X		4
<i>Myrcia aspidata</i>		X		2,3
<i>Myrcia tenella</i>		X	X	2,3
<i>Psidium cattleianum</i>		X		4
NYCTAGINACEAE				
<i>Cucurbita opposita</i>			X	2
<i>Pisonia aculeata</i>		X*		4
ONAGRACEAE				
<i>Ludwigia delegans</i>	x*			4,5
<i>Ludwigia erecta</i>	x			4
<i>Ludwigia cf. peruviana</i>	x			5
<i>Ludwigia repens</i>	x			4
<i>Ludwigia sp.</i>	x	x		2
OPHIOGLOSSACEAE				
<i>Ophioglossum crocopharactes</i>	x			1,5
ORCHIDACEAE				
<i>Besleria apyria</i>	x			1
<i>Brassavola tuberculata</i>		X@		4
<i>Caephalocentrum aroniticum</i>		X@		2,3
<i>Cattleya intermedia</i>		X@		4
<i>Eucystis sp.</i>		X@		2
<i>Galeandra beyrichii</i>		X@		2
<i>Habenaria cf. parviflora</i>	x			1
<i>Habenaria spp.</i>	x			2,3,5
<i>Oncidium cf. barbatum</i>		X@		4
<i>Oncidium fimbriatum</i>		X@		2
<i>Oncidium pumilum</i>		X@		3
<i>Oncidium uniflorum</i>		X@		2
<i>Plaucothallis glumacea</i>		X@		4
OXALIDACEAE				
<i>Oxalis articulata</i>	x			5
<i>Oxalis bipartita</i>		x		2
<i>Oxalis brasiliensis</i>	x			1
<i>Oxalis coccinifera</i>	x			2,5
<i>Oxalis coccinifera</i>	x			4
<i>Oxalis cf. hispida</i>	x			5
<i>Oxalis esocarpa</i>	x			1

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Oxalis d. papilionacea</i>			x	2,3
<i>Oxalis perfoliata</i>	x			5
<i>Oxalis triangularis</i>		x	x	2
PALMAE				
<i>Borassia lindheimeriana</i>		X		2,3
<i>Syagrus romanzoffiana</i>		X		2,3
PASSIFLORACEAE				
<i>Passiflora d. leptocaula</i>		X#		2,3
<i>Passiflora nisera</i>	X#	X#	X#	2,3,4
<i>Passiflora tenuifolia</i>			X#	2,3
<i>Passiflora violacea</i>		X#		4
PHYTOLACCACEAE				
<i>Peivecia alliaea</i>			X	2
<i>Seguicia guaranitica</i>			X#	2,3
PIPERACEAE				
<i>Peperomia blanda</i>			x	2
<i>Peperomia catharinensis</i>		x	x	2
PLANTAGINACEAE				
<i>Plantago australis</i>	x			5
<i>Plantago nyesanus</i>	x			2,3
POLYGALACEAE				
<i>Polygala australis</i>	x			1
<i>Polygala brasiliensis</i>	x			2
<i>Polygala leptocaulis</i>	x			2
<i>Polygala d. lincoides</i>	x			5
<i>Polygala multiglandulata</i>	x			5
<i>Polygala parvula</i>	x			1
POLYGONACEAE				
<i>Coccoloba sp.</i>		x		2
<i>Polygonum ace</i>	x	x		3
<i>Polygonum acuminatum</i>	x			4
<i>Polygonum hydroquiperoides</i>	x			4
<i>Polygonum hirsutissimum</i>		x		3
<i>Polygonum punctatum</i>	x	x		2
<i>Polygonum setaceum</i>	x			5
<i>Polygonum squalidum</i>		x	x	3
<i>Polygonum stelligerum</i>	x			4
<i>Rumex sp.</i>	x			4
<i>Ruprechtia laxiflora</i>		x		2
POLYPODIACEAE				
<i>Microgramma squarilosa</i>		X@	X@	2
<i>Microgramma vacillifolia</i>		X@	X@	2
<i>Polypodium angustum</i>		X@	X@	2,5

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Polypodium neriisifolium</i>		X@		5
<i>Polypodium squalidum</i>		X@	X@	2,5
<i>Polypodium cf. hirsutissimum</i>		x		2
PONTEDERIACEAE				
<i>Eichhornia azurea</i>	X*			2,3
<i>Eichhornia crassipes</i>	X*			4
<i>Heteranthera reniformis</i>	X*			4
<i>Pontederia lanceolata</i>	X*			2,3
PORTULACACEAE				
<i>Tilium paniculatum</i>		x	x	3
PRIMULACEAE				
<i>Anagallis minima</i>	x			5
PTERIDACEAE				
<i>A. dianopsis dichrophylla</i>		x		4
<i>A. dianum cuneatum</i>		x		4
<i>Docyopteris carolinæ</i>	x			4
<i>Docyopteris multipartita</i>	x	x		4
<i>Polystichum a. dianifolium</i>	x			4
RHAMNACEAE				
<i>Gouania ulmifolia</i>		x		2
<i>Sida buxifolia</i>			X	2,3
RANUNCULACEAE				
<i>Ranunculus flagelliformis</i>	X			2
RUBIACEAE				
<i>Bocconia brachystemonoides</i>	x			1
<i>Bocconia capitata</i>	x			1,5
<i>Bocconia equisetoides</i>	x			5
<i>Bocconia oxycoides</i>	x			1,2,3
<i>Bocconia fastigiata</i>	x			1,2,3
<i>Bocconia verticillata</i>	x	x		1,2,3
<i>Cephalanthus glaberratus</i>		X*	X*	2,3,4
<i>Coussiposelum lanceolatum</i>	x		x	2
<i>Diodia alata</i>	x			2,3
<i>Diodia brasiliensis</i>		x		2,3
<i>Diodia cf. dasycephalala</i>	x			5
<i>Diodia saponariifolia</i>	x			2,3,4
<i>Emmechthiza umbellata</i>	x			5
<i>Faramea marginata</i>		x		2,3
<i>Galium uruguayensis</i>	x			1
<i>Guettarda uruguayensis</i>		x		2,4
<i>Hedyotis salzmanii</i>	x			2,3
<i>Machaonia spinosa</i>		x		2

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Mitracarpus nuyttianus</i>	x			5
<i>Psychotria carthagenensis</i>		X	X	2,3,4
<i>Psychotria leocarpa</i>		X	X	2,3
<i>Randia amara</i>		X	X	2,3,4
<i>Rebunium carthagenensis</i>	x			2,3
<i>Rebunium luteum</i>	x			5
<i>Richardia brasiliensis</i>	x			2,3,5
<i>Richardia grandiflora</i>	x			2,3
<i>Richardia humilis</i>	x			1,2,3,5
<i>Richardia stellaris</i>	x			1
RUTACEAE				
<i>Fagrus hiemalis</i>		X		3
<i>Fagrus thalictria</i>			X	3
SALICACEAE				
<i>Salix humboldtiana</i>		X*	X*	2,3
SALVINIACEAE				
<i>Azolla filiculoides</i>	x			4
<i>Salvinia auriculata</i>	x			4
SAPINDACEAE				
<i>Allophylus edulis</i>		X		2,3,4
<i>Allophylus guianensis</i>		X	X	2,3
<i>Cardospermum halicacabum</i>		X		4
<i>Cupania vernalis</i>		X	X	2,3
<i>Matayba elaeagnoides</i>		X		2,3
<i>Matayba guianensis</i>		X		3
<i>Psyllina elegans</i>		X#		2,3,4
<i>Sebastiania luteoventris</i>			X	2,3
<i>Sebastiania multinotata</i>		X		2,3
<i>Thunbergia repanda</i>			X	2,3
SAPOTACEAE				
<i>Cheysophyllum nuyttianum</i>		X	X	2,3
<i>Pouteria guianensis</i>		X	X	2,3,4
<i>Pouteria saltitida</i>		X*		2,3,4
SCHYZAEACEAE				
<i>Aneides phyllitidis</i>		x		2,3
SCROPHULARIACEAE				
<i>Buchnera integrifolia</i>	x			5
<i>Geardia communis</i>	x			5
<i>Gratida peruviana</i>	x			5
<i>Linaria texana</i>	x			2,3,5
<i>Mecardonia montevidensis</i>	x			1
<i>Mecardonia tenella</i>	x			2,3,5

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
<i>Sapota dilata</i>	x			2,3
SIMAROUBACEAE				
<i>Picramnia campestris</i>		X	X	2
SMILACACEAE				
<i>Suzlux campestris</i>		X#	X#	2,3,4
SOLANACEAE				
<i>Acnistus brevilobus</i>	x			4
<i>Acnistus sp.</i>		x		3
<i>Capsicum flexuosum</i>			x	2,3
<i>Cestrum corymbosum</i>		x		4
<i>Cestrum intermedium</i>		x		4
<i>Petunia ovalifolia</i>	x			2
<i>Petunia integrifolia</i>	x			1,2,3
<i>Solanum acaule tisserantii</i>	x			4
<i>Solanum acaule caracasense</i>	x	x		4
<i>Solanum atropurpureum</i>	x			4
<i>Solanum angustilobum</i>	x			4
<i>Solanum boerhaviaefolium</i>		x		4
<i>Solanum dilatum</i>	X			2,3,4
<i>Solanum inaequale</i>	x		x	2,3
<i>Solanum inodorum</i>	x	x		2,3
<i>Solanum cf. nudiflorum</i>	x			5
<i>Solanum reflexum</i>	x			2
<i>Solanum sancti-catharinae</i>			x	2,3
<i>Solanum sisymbirifolium</i>	x			2,3,4,5
<i>Solanum spp.</i>		x		2,3
STERCULIACEAE				
<i>Byrsonia urucifolia</i>			X#	2
<i>Waltheria douradinha</i>	x			1
SYMPLOCACEAE				
<i>Symplocos uniloba</i>		X		2,3
THYMELAEACEAE				
<i>Daphnopsis racemosa</i>		X	X	2,3,4
THYPHACEAE				
<i>Typha clavigerensis</i>	X*			4
TILIACEAE				
<i>Luehea divaricata</i>		X	X	2,3,4
<i>Tillandsia sp.</i>		x		2
TURNERACEAE				
<i>Pitiqueta sellii</i>	x			1,2
<i>Turnera sidoides</i>	x			5

FAMÍLIA/Espécie	CAMPOS	M. GAL.	CAPÃO	FONTE
ULMACEAE				
<i>Celtis tala</i>	x			2
UMBELLIFERAE				
<i>Apium leptophyllum</i>	x			2,3
<i>Bowlesia incana</i>	x			4
<i>Centella biflora</i>	x	x		4
<i>Centella asiatica</i>	x			1
<i>Centella hirtella</i>	x			1,2,3,5
<i>Eryngium aliatum</i>	x			2,3
<i>Eryngium ebucense</i>	x			1,2,3,4
<i>Eryngium degens</i>	x			4
<i>Eryngium horridum</i>	x			2,3
<i>Eryngium pandanifolium</i>	x	x	x	2,3,4,5
<i>Hydrocotyle laucocephala</i>			x	1
<i>Hydrocotyle rumicoides</i>	x			4,5
URTICACEAE				
<i>Boehmeria glauca</i>		x		4
<i>Urtica aurantiaca</i>	x	x		4
<i>Urtica urens</i>	x			4
VERBENACEAE				
<i>Glandularia peruviana</i>	x			2,3
<i>Lantana sp.</i>	x			5
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	x			2,3
<i>Verbena litorea</i>		X		2,3
<i>Vitex magapotamica</i>		X		3
VIOLACEAE				
<i>Hybanthus parviflorus</i>	X			5
<i>Hybanthus sp.</i>	X			2,3
VITACEAE				
<i>Cissus palmata</i>	X#	X#		4
<i>Cissus sicyoides</i>	X#			4
XYRIDACEAE				
<i>Xyris jupicai</i>	x			2,3

# A REGIÃO CARBONÍFERA "TRADICIONAL" DO RIO GRANDE DO SUL

Gervásio Rodrigo Neves  
Sylvia Helena Ayres Chaves

## INTRODUÇÃO

A Região Carbonífera no Rio Grande do Sul está situada na porção oriental da Formação Rio Bonito, em depósitos localizados em pequenas bacias, cujas camadas de carvão têm espessuras que não ultrapassam, via de regra, dois metros, situadas na Depressão Central ou Periférica Gaúcha e concentram importantes reservas do País, como está indicado na tabela 1.

**Tabela 1**  
RECURSOS IDENTIFICÁVEIS DE CARVÃO NO BRASIL  
(EM MILHÕES DE TONELADAS)

Estados	RESERVAS					
	Média	Indicada	Inferida	Total	Marginais	Total
S.Paulo	3,50	1,00	-	4,50	4,00	8,50
Paraná	74,38	23,44	3,72	101,54	2,65	104,19
Sta.Catarina	410,15	875,90	1.035,56	2.321,60	1.041,40	3.363,00
R.G.do Sul	2.621,62	6.079,32	5.943,20	14.644,14	14.159,30	28.803,44
<b>Brasil</b>	<b>3.109,64</b>	<b>6.979,66</b>	<b>6.982,48</b>	<b>17.071,78</b>	<b>15.207,35</b>	<b>32.279,13</b>

O Rio Grande do Sul detém 89,2% da reserva de carvão do Brasil e a área carbonífera “tradicional”, 19,0% das reservas do Rio Grande do Sul.

Para definir a região carbonífera se faz necessário avaliar um espaço mais amplo do que o dos municípios onde se processou ou se processa a extração do carvão, o que torna a definição das “fronteiras” mais precisa. Dois conceitos estão implícitos nos limites desta área de estudos: o de região e o de “tradicional”.

Usamos o termo região para um espaço delimitado por fluxos de pessoas e mercadorias, segundo sua dinâmica específica, determinada por sua base produtiva, o que implica, necessariamente, em relações técnicas e sociais de produção. A base produtiva é a exploração do carvão que tem necessidades técnicas e organizacionais muito precisas. A região, por suas determinações técnicas, é mais ampla do que a relação jazidas-áreas residenciais, incorporando outros locais necessários à extração e à circulação do carvão, como os portos de embarque, os estabelecimentos insumidores e as vias que materializam esses fluxos.

O termo “tradicional” é utilizado para localizar o espaço que deu origem à exploração carbonífera no Rio Grande do Sul, desde o Século XIX, quando foi descoberto e teve início a sua exploração econômica, a partir do “Curral Alto” nas minas do Arroio dos Ratos e do Butiá. A explanação estende-se, posteriormente, para Charqueadas, tendo como antigo “centro” regional a cidade de São Jerônimo, onde não se realiza atividade de extração de carvão e não se localiza nenhuma sede das empresas mineradoras.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Material: as fontes de dados**

A análise dos dados demográficos está apoiada nas séries estatísticas censitárias disponíveis do período de 1940 a 1980, quando é observada a frequência decenal. Também foi tomado o censo de 1991 que quebrou a sequência em função do intervalo de onze anos. Os conceitos operacionais e os processos de coleta são, portanto, os dos respectivos censos, com as possíveis comparabilidades registradas nos documentos de divulgação. Os dados censitários referem-se às populações totais e distritais dos municípios, segundo as áreas rural ou urbana. A população suburbana foi utilizada e incorporada a urbana, para permitir a comparabilidade das populações das sedes dos municípios ou dos distritos.

Os dados relativos aos fenômenos vitais (nascimentos e óbitos) foram coletados na publicação anual, também do IBGE, “Estatísticas do Registro Civil”, cujos conceitos e técnicas de coleta estão registrados na citada publicação. Na mesma fonte foram obtidos os dados brutos referentes a casamentos, desquites, divórcio e separações judiciais.

Essas duas fontes são as principais e únicas informações estatísticas utilizadas à elaboração da análise demográfica da área de estudo. É importante registrar que tais dados não são compatíveis com outras fontes, considerando as diferenças conceituais e os critérios de coleta dos dados

## AS BASES GEOGRÁFICAS DA COLETA DE DADOS

As bases geográficas da coleta de dados censitários foram as configurações territoriais dos municípios e dos distritos no momento da realização dos censos. A desagregação dos dados, em unidades geográficas inferiores ao distrito, somente foi utilizada nos censos de 1980 e 1991, com base nos setores censitários.

O conjunto dos municípios objeto deste estudo apresenta grandes dificuldades na análise das séries históricas, em razão dos desmembramentos territoriais resultantes da criação de novos municípios. Em virtude desses processos “emancipacionistas”, que não utilizaram os antigos limites distritais e nem mesmo os limites dos setores censitários, a compatibilidade dos dados estatísticos é, freqüentemente, impossível porque ocorrem, entre dois censos, modificações das respectivas bases territoriais. Na medida do possível e, quando conveniente, podem-se agregar dados referentes aos municípios para comparações temporais. Mesmo utilizando este artifício, com certo cuidado, é evidente a perda de consistência dos dados.

O quadro I mostra, em síntese, o processo de fragmentação territorial na área analisada, o que demonstra a dificuldade de comparações integrais de 1940 a 1991, excetuando os municípios de General Câmara e Triunfo, criados antes de 1940 e que não sofreram processos emancipacionistas até 1991.

**Quadro I**  
GENEALOGIA DOS MUNICÍPIOS DA ÁREA DE ESTUDO

GENERAL CÂMARA (IV)	
GUAÍBA (III)	<b>Barão do Triunfo (1992)</b>
Barra do Ribeiro (1959)	<b>Mariana Pimentel (1992)</b>
Eldorado do Sul (1988)	<b>Sertão Santana (1992)</b>
SÃO JERÔNIMO (II)	
Butiá (1963)	<b>Minas do Leão (1992)</b>
Arroio dos Ratos (1964)	
Charqueadas (1982)	
TRIUNFO (I)	

Fonte: IBGE. Setor de Base Operacional Cartográfica

Os municípios em negrito foram criados após o censo demográfico de 1991. Portanto todas as informações posteriores serão estimativas.

(I) - Triunfo passou à categoria de vila e sede de município pelo Decreto Regêncial de 25/10/1831, sendo que o início de seu povoamento é de 1754. Passou a ser município e cidade pelo Decreto 7.199 de 31/3/1938.

(II) - São Jerônimo passou a ser vila e sede de município pela Lei 457 de 3/12/1860. O município e cidade foram criados pelo citado Decreto 7.199 de 1938.

(III) - Vila e sede do município pelo Decreto 3.697 de 14/10/1926. Cidade e sede de município pelo Decreto 7.199 de 1938.

(IV) - Município criado pela Lei 1.285 de 4/5/1881, instalado em 1883. Cidade e sede de município pelo Decreto 7.199 de 1938.

## A COMPARABILIDADE DOS DADOS ESTATÍSTICOS

A comparabilidade dos resultados censitários entre 1940 e 1991 exige que se trabalhe com o conceito operacional de “agregados municipais”, entendidos aqui como o somatório dos resultados censitários do município de origem (MAES) com os desmembrados. Este artifício permite algumas comparações temporais, com as restrições anteriormente registradas.

As possibilidades de criação de “agregados municipais” na área estudada são:

1. *General Câmara* - Os dados são comparáveis em todo o período.

2. *Guaíba*

2.1 - Comparáveis os resultados dos censos de 1940 e 1950;

2.2 - Comparáveis os resultados dos censos de 1950 e 1960 desde que sejam somados aos resultados censitários da Barra do Ribeiro de 1960

(2.1 + Barra Ribeiro/1960).

2.3 - Comparáveis, nas condições anteriores, aos resultados censitários da Barra do Ribeiro em 1970 e 1980.

(2.1 + Barra do Ribeiro 1970 e 1980).

2.4 - Comparáveis entre 1980 e 1991, desde que sejam somados os dados de Eldorado do Sul em 1991.

(Guaíba/1980 + Guaíba/1991 + Eldorado do Sul/1991).

3. *São Jerônimo*

3.1 - Comparáveis os dados de 1940 a 1960.

3.2 - Comparáveis os resultados de 1960 a 1980, desde que sejam soma dos os resultados de Butiá e Arroio dos Ratos, a partir do censo de 1970.

3.3 - Comparáveis os resultados de 1980 a 1991, desde que sejam soma das os resultados de Butiá, Arroio dos Ratos e Charqueadas em 1991.

4. *Triunfo*.

4.1 - Os dados são comparáveis em todo o período

Para diminuir erros e incertezas utilizaremos apenas comparações municipais entre os censos demográficos de 1980 e 1991.

## COMPORTAMENTO DEMOGRÁFICO MUNICIPAL

Face as dificuldades de comparação dos dados censitários reduzimos a análise do comportamento municipal ao período de 1980 a 1991. O saldo demográfico registrado pelo censo de 1991, comparativamente ao de 1980, indicou um acréscimo demográfico real de 31.160 pessoas, do qual o aglomerado municipal de Guaíba - Eldorado do Sul representou 93,76% do total. O crescimento demográfico de Guaíba - Eldorado do Sul representou 96,16% do crescimento global. Estes resultados (Tabela 2) mostram que todos os municípios, exceto Guaíba - Eldorado do Sul e Triunfo, tiveram crescimento demográfico inferior ao crescimento vegetativo ou seja, estão indicando a ocorrência de um processo migratório ou, com mais precisão, uma efetiva e silenciosa expulsão populacional.

**Tabela 2**

COMPORTAMENTO DOS MUNICÍPIOS: SALDOS DEMOGRÁFICOS (1980-1991)

Município	1980	CV	1980+CV	1991	Saldo	Demográfico	(5)
	(1)	(2)	(3)	(4)	Positivo	Negativo	%
1.Arroio dos Ratos	9577	1667	11244	11824	580	-	5,15
2.Butiá	21203	4772	25975	25534		-441	-1,69
3.General Câmara	11697	1379	13076	11548		-1528	-11,68
4.Guaíba	55054	15785	70839	100805	29966	-	93,76
4.1.Eldorado do Sul	-	-	-	-	-	-	-
5.São Jerônimo	46880	7619	54449	52440	-	-2009	-3,68
5.1.Charqueadas							
6.Triunfo	13860	2649	16509	17923	1414	-	8,56
TOTAL	158271	33871	192092	220074	31160	-3978	14,53

Fonte: Dados Brutos.FIBE. *Censos Demográficos* 1980 e 1991; *Estatísticas do Registro Civil*, 1980 a 1991. (1) - Censo demográfico 1980; (2) - Diferença entre nascimentos e óbitos, ajustados a setembro dos anos censitários; (3) - População de 1980 somada ao crescimento vegetativo; (4) Censo Demográfico de 1991; (5) - Soma da população de 1980 com o crescimento vegetativo, subtraído da população recenseada de 1991.

Esse comportamento parece indicar a ocorrência de um processo econômico e social depressivo generalizado na porção da área que corresponde as “velhas” ou “tradicionais” áreas carboníferas.

Os fatores determinantes do crescimento real de Arroio dos Ratos, onde o fluxo migratório correspondeu a 74,18% do crescimento demográfico entre 1980 e 1991, necessitam de um estudo aprofundado com base na pesquisa de campo.

Triunfo, no mesmo período, teve um crescimento de 4.063 pessoas, das quais 1.414 de imigrantes internos, o que correspondeu a 34,80% de seu crescimento. O crescimento de Triunfo é explicado por dois fatores fundamentais: o Pólo Petroquímico e o aumento dos fluxos de transportes na estrada Tabai-Canoas (Br-386) que se constitui num determinante à organização de uma urbanização ciliar ao longo da estrada, mais atrativa do que o Pólo Petroquímico no período analisado.

## ÊXODO RURAL E URBANIZAÇÃO ACELERADA

A dinâmica demográfica da região sugere um nítido êxodo rural em relação a situação demográfica de 1980.

As únicas ocorrências de crescimento demográfico rural positivo foram constatadas nos municípios de Guaíba e Triunfo. Neles o crescimento da população rural ocorreu nos distritos de Guaíba e Eldorado do Sul, isto é, distritos sedes dos respectivos municípios. Trata-se, no distrito de Guaíba, de uma “invasão” da periferia urbana ainda não legalmente transformada em urbana, de uma população “suburbana” decorrente do rápido fluxo de imigrações internas.

A esse movimento se associa uma desenfreada e ilegal oferta de terras loteadas, sem qualquer controle municipal ou do sistema legal de registros, o que é fato freqüente nas cidades de altas taxas de crescimento populacional, gerando os loteamentos clandestinos.

Em Triunfo, excetuando o distrito de Passo Raso, foram registrados crescimentos demográficos rurais positivos. Eldorado do Sul, em razão das mesmas condições registradas para o caso do distrito de Guaíba, isto é, a “invasão” desordenada nas áreas rurais pelo processo de urbanização clandestina ao longo das estradas e especialmente no trecho Tabai-Canoas (Br-386), também registra crescimento demográfico na área rural.

A tabela 3 mostra o comportamento das populações rurais nos distritos de Guaíba, Eldorado do Sul e de Triunfo.

**Tabela 3**  
CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO RURAL 1980/1991

Municípios	Distritos	População		Diferença	
		1980	1991	Absoluta	%
Guaíba	Guaíba	4961	6018	1057	21,3
	Mariana Pimentel	1890	1639	-78	-4,1
	Sertão Santana	1745	1667	-78	-4,3
	Eldorado do Sul	1799	5223	3424	190,3
Triunfo	Triunfo	1911	1988	77	4,0
	Costa da Cadeia	1465	2447	982	67,0
	Passo Raso	1291	1034	- 257	-19,971
	Porto Batista	2432	2474	42	1,7
Total		17494	22490	4996	28,55

Fonte: Dados Brutos. FIBGE. Censos Demográficos. 1980 e 1991

# O COMPORTAMENTO DEMOGRÁFICO DAS CIDADES

## Grau de urbanização

Embora comparabilidade das séries históricas da população total dos municípios esteja comprometida é possível, entretanto, analisar as informações sobre o comportamento demográfico das cidades que, antes de adquirirem tal posição, foram vilas (sedes de distritos) ou povoados. Deve-se registrar que as bases territoriais das cidades - no período de 1940 a 1991 - também sofreram modificações face a expansão dos limites urbanos das cidades ou vilas. Entretanto, os dados são comparáveis uma vez que o crescimento demográfico urbano determina necessariamente a expansão dos espaços urbanizados que frequentemente ultrapassam os limites legais das cidades ou vilas.

O índice de urbanização, conceituado como o percentual da população das cidades em relação a população total do município, revela que no conjunto da área estudada as diferenciações são muito significativas, como está indicado na Tabela 4.

**Tabela 4**  
ÍNDICE DE URBANIZAÇÃO

CIDADES	ÍNDICE DE URBANIZAÇÃO	
	1940	1991
Arroio dos Ratos	76,8 (1)	89,7
Barão do Triunfo	-	-
Butiá	62,8 (1)	67,1
Charqueadas	45,7 (2)	98,4
Eldorado do Sul	-	70,4
General Câmara	21,8	34,3
Guaíba	13,4	87,5
Mariana Pimentel	18,0	19,3
Minas do Leão	- (3)	55,7
São Jerônimo	5,15	47,5
Sertão Santana	7,1	28,1
Triunfo	16,7	40,3

(1) - Em relação a população do distrito do qual era sede em 1940.

(2) - Em 1970

(3) - Não dispomos de dados censitários para os municípios criados após o censo demográfico de setembro de 1991.

Fonte: Dados brutos. Censos Demográficos. IBGE.

Os dados da tabela mostram um acelerado processo de urbanização nas cidades de Arroio dos Ratos, Charqueadas, Guaíba, Eldorado do Sul, Butiá e Minas do Leão que ultrapassaram o índice de 50% em 1991.

Para compreender o processo de urbanização - produto de um conjunto de fatores consubstanciados nos processos migratórios - examinamos a série histórica do crescimento demográfico das cidades no período de 1940 a 1991, cujos resultados estão representados nas Tabelas 5,6 e 7.

**Tabela 5**  
RITMO DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO CIDADINA  
(EM PORCENTAGEM)

Cidades	Períodos				
	1940/50	1950/60	1960/70	1970/80	1980/91
Arroio dos Ratos	63,7	-36,6	-15,0	41,8	31,8
Barão do Triunfo	-43,1	-8,7	27,6	18,5	53,3
Butiá	37,5	5,9	41,8	0,2	31,7
Charqueadas	-	-	-	100,4	28,4
Eldorado do Sul	-	-	-	-	
General Câmara	21,2	27,5	3,3	9,7	16,6
Guaíba	47,3	75,0	143,2	139,5	69,2
Mariana Pimentel	-33,2	20,72	-25,9	17,5	36,3
Minas do Leão	-	-	-	3,9	32,3
São Jerônimo	17,8	95,5	36,4	31,8	73,6
Sertão Santana	20,5	4,03	84,5	-2,6	57,0
Triunfo	11,3	7,4	73,5	26,9	40,6

Fonte: Dados brutos. Censos demográficos. FIBGE

**Tabela 6**

CRESCIMENTO ABSOLUTO DA POPULAÇÃO CIDADINA. 1940 - 1991

<b>CIDADES</b>	<b>1940</b>	<b>1991</b>
Arroio dos Ratos	6338	10610
Barão do Triunfo	341	429
Butiá	6281	17144
Charqueadas		24349
Eldorado do Sul		12480
General Câmara	2352	3964
Guaíba	2860	72731
Mariana Pimentel		
Minas do Leão		6467
São Jerônimo	2416	13610
Sertão Santana		
Triunfo	1954	7238
Total	22542	169022

Fonte: FIBGE. Censos Demográficos

## **CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO CIDADINA**

Entre 1940 e 1991 ocorreu na área objeto de análise um processo acelerado de urbanização traduzido pelo aumento de 146.480 pessoas nos limites urbanos das sedes dos municípios. No período de 1940 a 1991 a população cidadina passou de 22.542 para 169.022 pessoas. Esse acréscimo tem profunda importância à administração pública uma vez que tem como consequência a exigência crescente de obras e serviços e investimentos sociais.

— crescimento da população cidadina foi desigual na área estudada, onde a cidade de Guaíba foi responsável por 43,0% do crescimento da população demográfica urbana (tabela 7).

**Tabela 7**  
**IMPORTÂNCIA DO CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO CIDADINA NO**  
**PERÍODO DE 1940/1991**

Cidade	Aumento absoluto(40/91)
Arroio dos Ratos	5 026
Barão do Triunfo	88
Butiá	10 863
Charqueadas	14 892
Eldorado do Sul (3)	12 371
General Câmara	1 612
Guaíba	69 871
Mariana Pimentel (1)	-18
Minas do Leão	6 064
São Jerônimo	11 194
Sertão Santana (2)	468
Triunfo	5 284
<b>Total</b>	<b>146 480</b>

Fonte: Dados brutos. FIBGE. Censos demográficos.

(1) - 1970/1991

(2) - 1980/1991

(3) - 1970/ 1991

## **A REDE URBANA DA REGIÃO CARBONÍFERA "TRADICIONAL"**

No conjunto analisado destaca-se, pela dinâmica demográfica, a "rede urbana da região carbonífera tradicional" do Rio Grande do Sul. É uma rede típica das áreas de mineração, onde o sítio é determinado pela localização das jazidas e sua organização empresarial que, por muito tempo, se constituiu na única e exclusiva autoridade nesses espaços "urbanos particulares".

O projeto urbanístico, a arquitetura, o uso da terra "urbana" foi determinado pelas empresas responsáveis pelo empreendimento e pelas condições técnicas e sociais da produção.

A organização urbana corresponde, na sua estruturação, a um processo específico da administração privada que se inicia - sem considerar as descobertas e as iniciativas de pesquisa e prospecção a partir de 1866 - com a concessão Imperial de exploração e lavra de carvão de pedra em Arroio dos Ratos, dada a James Johnson e Inácio Ferreira

de Moura, em 1872, que posteriormente constituíram a “Imperial Brazilian Coleries e o C.Lt”. A empresa de James Johnson será a responsável pela primeira corrente de operários imigrantes constituída de doze famílias de mineiros ingleses. Posteriormente, outra empresa retoma a mineração em Arroio dos Ratos: comandada por “Holtzweissig Cia”, que obtém também concessão Imperial à nova empresa “Cia Minas de Carvão do Arroio dos Ratos” (1882), no mesmo ano que obtém a concessão de exploração e lavra em Butiá, cuja exploração havia se iniciado um ano antes.

A mina do Leão terá sua exploração iniciada em 1916 com a empresa Companhia Carbonífera do Jacuí, depois reorganizada sob a denominação de Minas de Carvão do Jacuí (1917), com a participação de capitais do Governo Federal.

Arroio dos Ratos, Butiá, Charqueadas e Minas do Leão formam os núcleos da bacia carbonífera “tradicional” tendo como centro administrativo - sede municipal - na velha cidade de São Jerônimo que foi elevada à categoria de vila e sede de município em 1860.

Só muito recentemente essas novas organizações urbanas - produto de atividade industrial especializada - se incorporaram como unidades funcionais à administração municipal, uma vez que os velhos centros mineiros possuíam uma vida própria, ferreamente determinada pelas empresas concessionárias do direito à exploração do carvão.

São Jerônimo - como cidade residência de fazendeiros - foi progressivamente envolvida pelas necessidades tecnológicas das minas. A incorporação técnica se fez através da rede ferroviária e dos pontos de embarque de carvão pelo rio Jacuí. Essa rede se inicia com a estrada de ferro ligando a mina do Arroio dos Ratos ao porto do carvão em São Jerônimo, conhecido como Porto Velho em 1873. Essa via é alterada e alcança Charqueadas em 1882. Em 1917 a nova mina, a do Leão, é ligada por via férrea ao Porto do Conde e, depois, a cidade de São Jerônimo.

Posteriormente (1932) a cidade de General Câmara é ligada as minas do Butiá - através de um funicular atualmente desativado - atravessando o rio Jacuí - para atender as necessidades de combustíveis para os trens da VFERGS em decorrência dos Decretos 1828 de 21/6/1937 e 20.089 de 9/7/1931 que obrigavam a Viação Férrea do Rio Grande do Sul a utilizar 10 e, posteriormente, 20% de carvão nacional.

Triunfo, organismo urbano dos primórdios da organização territorial do Rio Grande do Sul, cujo povoamento tem início em 1754, elevada à categoria de vila e sede de município pelo Decreto Regencial de 25 de outubro de 1831, mantém relações muito difusas com a área carbonífera, exceto e excepcionalmente como uma área dormitório restrita.

A instalação do Pólo Petroquímico - vinculado a refinaria Alberto Pasqualini - somente veio a afetá-la em consequência dos aportes financeiros decorrentes das atividades da Copesul. Nestas condições, embora com uma vizinhança muito próxima a São Jerônimo, mantém com ela relações de migrações pendulares que não são objeto desta primeira investigação. É inegável, pela proximidade física - apesar do obstáculo do rio Jacuí - a incorporação de Triunfo a rede urbana carbonífera “tradicional” do Rio Grande do Sul, inclusive pelo terminal carbonífero da Copesul.

Organiza-se, desta forma, uma rede urbana muito especializada no contexto do Rio Grande do Sul, determinada pela localização de um recurso natural - as jazidas de carvão, a exploração empresarial, decisões macroeconômicas do Estado brasileiro e as conjunturas internacionais.

A dinâmica demográfica dessas cidades carboníferas (antes vilas e povoados) é decorrente da combinação das ações desses diferentes agentes modeladores do espaço, de suas contradições, da força desagregadora do mercado internacional e da influência da introdução de novos energéticos e de novas tecnologias, acionadas pela economia mundializada.

## **Classificação funcional dos municípios**

Os municípios da área estudada podem ser classificados em conjuntos específicos ante a homogeneidade dos seguintes fatores: 1 - dinâmica demográfica; 2 - o sistema de relações funcionais e 3 - a base econômica. A combinação destes fatores permite definir as seguintes regiões funcionais:

1 - Municípios pertencentes ao processo metropolitano:

Guaíba

Eldorado do Sul

2 - Municípios da região carbonífera “tradicional”, sob o efeito metropolitano”.

2.1 - Núcleo

Arroio dos Ratos

Butiá

Charqueadas

São Jerônimo

2.2 - Periférico

Triunfo

General Câmara

3 - Municípios de atividades rurais

Barão do Triunfo

Mariana Pimentel

Sertão Santana

## **A atual organização da mineração**

A exploração do carvão no Rio Grande do Sul está organizado num conjunto de empresas com escritórios centrais em Porto Alegre, Criciúma (Santa Catarina) e Rio de Janeiro, atuando seja na área tradicional, seja em algumas jazidas isoladas ou no complexo de Candiota.

A situação atual das empresas que atuam no setor está indicada na tabela 8, constatando-se que, nesta oportunidade, somente estão ativas as minas do Recreio (Leão-Butiá) e Butiá Leste (Butiá).

**Tabela 8**  
EMPRESAS CARBONÍFERAS NO RIO GRANDE DO SUL. (1993)

Empresas	Localização	Produção mil toneladas	Pessoal empregado (operários)	Produtividade
Companhia Riograndense de Mineração	Porto Alegre			
Candiota	Candiota	1 216,6	311	3911,8
Leão I	Minas do Leão	153,6	392	391,8
Leão II	Minas do Leão			
Taquara		71,6	...	
COPELMI Mineração Ltda	Porto Alegre			
Recreio	Butiá	1057,1	118	8958,4
Faxinal	Arroio dos Ratos	28,6	15	1906,6
Charqueadas	Charqueadas	...	28	1820,8
Butiá Leste	Butiá	480,7	264	
Mineradora Santa Heloisa Ltda	Rio de Janeiro			
Carbonífera Palermo Ltda	Criciúma (SC)			
Companhia Nacional de Mineração Candiota	Rio de Janeiro			
Seival	Seival			

Fonte: Informativo anual da indústria carbonífera 1993.MME, DNPM, Brasília, 1994

A funcionalidade dos municípios se traduz por um conjunto de indicadores econômicos como pode ser constatado pelos dados da tabela 9.

**Tabela 9**  
INDICADORES ECONÔMICOS

1. Guáíba	3.870	451,5	52,8
Eldorado do Sul	5.554	578,1	
2. Arroio dos Ratos	1.446	97,5	29,4
Butiá	1.997	443,6	9,5
Charqueadas	4.720	4.189,9	65,4
São Jerônimo	1.451	30,6	68
Gal. Câmara	1.247	32,1	2,1
Triunfo	28.569	12.746,6	206,0
3. Barão do Triunfo	-	-	-
Mariana Pimentel	-	-	-
Sertão Santana	-	-	-

Fontes de dados: (1) - FEE, para 1991; (2) - Por mil habitantes estabelecimentos e dados de emprego, FEE; população, IBGE; (3) - CEE; (4) - DNPM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Manuel L. de. *Memórias e reminiscência da minha Triunfo*. Porto Alegre: s.ed., 1972.
- ALMEIDA, Luiz A. Ferreira de. Minas de carvão de pedra de Arroio dos Ratos. *Revista de Engenharia*, Rio de Janeiro, v.5, ago. 1884
- AZAMBUJA, Graciano A de. *Anuário do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 1897-1899 e 1910.
- BARCELOS, Ramiro Frota. *A bacia carbonífera do Rio Grande do Sul e os meios de aproveitá-la*. Porto Alegre: Typ. A Federação, 1904.
- BRASIL. *Informativo anual da indústria carbonífera*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, DNPM, 1994.
- BRDE. *Carvão mineral na região sul*. Porto Alegre: s.ed., 1984.
- BUNSE, Heinrich A.W. *A mineração de carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria de Energia, Minas e Comunicações, 1984.
- BUTIÁ, Prefeitura Municipal. *Butiá, cultivar sua cultura é conhecer sua história*. Butiá: Arquivo Histórico, Biblioteca Pública Sulamita Bratkowski, 1992. (Datilografado.)
- CABRAL, Frederico de V. P. *Memória geológica sobre os terrenos do Curral Alto e Serro do Roque na Província de São Pedro do Sul*. Porto Alegre: Pomatelli, 1851.
- CEEE. Companhia Estadual de Energia Elétrica. *Elementos técnicos estatísticos*. Porto Alegre.
- CENERGS. *Balanco energético consolidado do Estado do Rio Grande do Sul 1979/82*. Porto Alegre: CO-RAG, 1984.
- CORBELLINI, Élio. *O mineiro e o carvão*. Porto Alegre: Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, s.d.
- COSTA, Alfredo R da. *O Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Globo, 1922.
- COSTA, Renato. Só em 1876 inaugurou-se na província de São Pedro o transporte ferroviário. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 18 jan. 1969.
- CUNHA, Mário Lounes. *Parecer contrário à construção da usina termoeétrica de Charqueadas*. Porto Alegre: CEEE, 1951.
- DAHNE, Eugênio S. *A mineração de carvão e as concessões da Companhia no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Ed. Est. Typ. Gundlache, 1893.
- DIAS, José Roberto de Souza. A primeira ferrovia do Rio Grande do Sul. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 16 jun. 1979. Caderno de Sábado.
- DIAS, José Roberto de Souza. 1978. *A primeira ferrovia do Rio Grande do Sul*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1978. (Mimeografado.)
- DOMINGUES, Hercílio. *Notas sobre a evolução econômica do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Globo, 1929.
- DULLES, John W. Foster. *Anarquistas e comunistas no Brasil*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1977.
- ECKERT, Cornelia. Os homens da mina. *Ciência Hoje*, v.7, n.41, p.36-42, abr. 1988.
- ECKERT, Cornelia. *Os homens da mina: um estudo das condições de vida e representações dos mineiros de carvão de Charqueadas RS*. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, UFRGS, 1985. (Mimeografado.)
- ELETOBRAS. *Termoeétrica de Charqueadas S.A.* Rio Grande do Sul, out. 1964. (Mimeografado.)
- FEEE. *Anuário Estatístico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul.
- FEEE. *Mensário estatístico*. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul.
- FEEE. *Uma década 1970 -1979*. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul.
- FERREIRA, Euzébio Paulo. *Regiões carboníferas dos estados do Sul*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1928.

- FERREIRA, J.A; SUFFERRT, T.; SANTOS, A. P. *Projeto carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CPRM, 1978. Relatório final, 2v.
- FERREIRA, Octacílio. *O carvão do Rio Grande do Sul: seu consumo nas locomotivas da Viação Férrea do Estado*. Rio de Janeiro: Typ. Fluminense, 1922.
- FORTES, Amyr Borges; WAGNER, João B. S. 1963. *História administrativa, judiciária e eclesiástica do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Globo, 1963.
- FRANK, Emanuel Paulo. *Minas de carvão de S. Jerônimo*. *Revista de Engenharia*, Rio de Janeiro, n.219, 14 out. 1889.
- FREITAS, Fernando de C. *Triunfo: história, gentes e lendas*. s.d.
- FREITAS, Deoclides Severo de. *Gal. Câmara: de onde veio, onde está, como está*. s.d.
- FREITAS, Luiz. *Triunfo na história do Rio Grande do Sul*. s.d.
- FREITAS, Noé Melo. 1951. *Parecer contrário à construção da usina termoeétrica de Charqueadas*. Porto Alegre, CEE, 1951.
- GEIGER, Pedro Pinchas. *Evolução da rede urbana brasileira*. Rio de Janeiro: CBPE/NEP, Ministério de Educação e Cultura, 1963.
- GRAHAN, Richard. *Grã-Bretanha e o início da modernização do Brasil 1850-1914*. São Paulo: Brasiliense, 1973
- HOBBSAWM, Eric J. *Os trabalhadores*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.
- HOFF, Gertrudes Novak. *Butiá em busca de sua história*. Arroio dos Ratos: PBS Gráf. Ed. Arroio dos Ratos, 1992.
- KOELER, Julio. *Estudo técnico industrial sobre o carvão do Arroio dos Ratos*. Tip. Jornal do Comércio, 1889.
- KUMAGAI, Maria Vale. *Butiá*. s/e., 1986.
- LANARAI, JR. Amaro. *O carvão no processo de desenvolvimento e a segurança nacional*. Out. 1973. Brasília. Comissão de Minas e Energia. Câmara dos Deputados. Belo Horizonte: USIMINAS, 1993
- LOBATO, Monteiro. *O escândalo do petróleo e ferro*. São Paulo: Brasiliense, 1955
- LOPES, Francisco Brasiliense da Cunha; AZEVEDO, José Luiz Neves de. *Carta geográfica do Estado do Rio Grande do Sul. 1:1 000 000*. Paris: Erhard Fres; Porto Alegre: Ed. Echenique Irmão, Livr. Universal, 1902.
- LOUREIRO FILHO, Inaldo. *O planejamento regionalizado do sistema energético brasileiro: uma resposta democrática ao desafio energético*. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 1985.
- MACEDO, Francisco Riopardense de. *Ingleses no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: A Nação, 1975.
- MANOLO (M. Jover Telles). *Arroio da esperança*. Arroio dos Ratos: Gráf. Ed. PBS, s.d.
- MARÇAL, João Batista. *Comunistas gaúchos*. Porto Alegre, Tchê!, 1986.
- MARÇAL, João Batista. *Primeiras lutas operárias no RGS*. Porto Alegre: Globo, 1985.
- MASSEY, Doreen. *Spatial divisions of labor: structures and the geography of production*. New York: Methuen, 1984.
- MOTTA, José do Patrocínio. *Economia mineira nacional*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS, 1980. 3v.
- NEVES, Gervásio Rodrigo. *Organização do espaço nas áreas carboníferas*. Subsídios a uma política carboquímica estadual. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul. CON-CARBO, 1980. p.123-178.
- NOLL, Maria Izabel; TRINDADE, Helgio. *Estatísticas eleitorais comparativas do Rio Grande do Sul. 1945-1994*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGD/Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1995.
- OHLWEILER, Otto Alcides. *Por uma política nacionalista no setor de eletricidade*. *Rev. Brasiliense*, São Paulo, jan.-fev., 21, 1959.

- OLIVEIRA, Euzébio Paulo de. *Regiões carboníferas dos estados do sul*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Imprensa Nacional, 1918.
- ORPLAN, *Plano diretor de São Jerônimo, Charqueadas*. Porto Alegre: Sudesul, out. 1993.
- PETERSEN, Sílvia Regina Ferraz. 1992. *Antologia do movimento operário gaúcho. 1870-1937*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/Tchê, 1992.
- PETERSEN, Sílvia R. Ferraz. *As greves no Rio Grande do Sul (1890-1919)*. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1979.
- PETERSEN, Sílvia Regina Ferraz; LUCAS, Maria Elisabeth. *Antologia do movimento operário gaúcho (1870-1937)*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/Tchê, 1992.
- PETERSEN, Sílvia Regina Ferraz. *El proletariado urbano en Rio Grande do Sul, 1888-1910*. Tese de mestrado. México. Universidad Autónoma de México, 1977.
- PETERSEN, Sílvia Regina Ferraz. *Movimento grevista no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Ed. PU-CRGS, 1984.
- PETERSEN, Sílvia Regina Ferraz. Os conflitos coletivos de trabalho no Rio Grande do Sul nos princípios do processo de industrialização. *Revista do IFCH*, Porto Alegre, n.6, 1978.
- PIMENTEL, Fortunato. *Aspectos gerais de Porto Alegre*. Porto Alegre: Imprensa Oficial. 1945,
- PIRES, Saldino Antônio. *Monografia de Charqueadas: sua origem, sua história*. Charqueadas: Folha Mineira, 1986.
- RAMOS, Mario de Andrade. *A nova usina termo elétrica de Porto Alegre*. Rio de Janeiro: Niemeyer Soares, 1929.
- RAMOS, Romeo de Almeida. *Carvão nacional e a sua contribuição na solução do problema energético*. Porto Alegre, s.d.
- RIO GRANDE DO SUL. *Plano diretor do Pólo Carboquímico*. Porto Alegre, CEDRO, 1980.
- RIO GRANDE DO SUL. Assembléia Legislativa. Comissão Especial de Defesa do Carvão. *Relatório final. Conclusões*. Porto Alegre, 1992.
- SÃO JERONYMO. Companhia Estrada de Ferro e Minas. Reunião ordinária de 1895. *Relatório apresentado à Assembléia geral dos accionistas*. Rio de Janeiro: Of. Jornal do Brasil, 1895.
- SCHNEIDER, Arthur Wentz. *Companhia Rio-Grandense de Mineração. História, evolução no período de 1960-1970*. s.l; s.ed., 1971.
- SIMCH, A. *Município de São Jerônimo R.G. do Sul*. Porto Alegre: Imprensa Oficial, 1961. Monografia.
- SIMCH, A.R. *Município de São Jerônimo*. Porto Alegre: Ed. Livr. Andradadas, 1943.
- SIMONSEN, Roberto C. 1973. *Evolução industrial do Brasil e outros estudos*. São Paulo: Ed. Nacional/EDUSP, 1973. (Col. Brasileira 349.)
- SINDICATO DOS TRABALHADORES NA INDÚSTRIA DE EXTRAÇÃO DO CARVÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO JERÔNIMO. *Estatutos*. Guaíba: Gráf. Guntzel, 1956.
- SOARES, Wanderley Correa. *Butiá: cidade carbonífera em crise*. Monografia de bacharelado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Geografia, 1974. (Mimeografado.)
- SOUZA, Susana Bleit de. A concorrência anglo-germânica no comércio exterior gaúcho na República Velha. *Revista da FFCH/UFRGS*, n.11 e 12, 1983/84.
- SULZBACH, Ervino Lothar. *Arroio dos Ratos*. 2.ed. Arroio dos Ratos, 1989.
- SULZBACH, Ervino Lothar. *Arroio dos Ratos: berço da indústria carbonífera nacional*. s.e., s.d.
- SULZBACH, Ervino Lothar. *Perfil de um mineiro*. Arroio dos Ratos, s.e., 1989.
- TELLES, Jover. *O movimento sindical no Brasil*. São Paulo: Ed. Ciências Humanas, 1962.
- TELLES, Jover. 1991. *O movimento sindical no Brasil. A questão social no Brasil 1*. São Paulo: Ed. Ciências Humanas, 1991.
- TELLES, Jover. *Discursos*. Porto Alegre. Anais da Assembléia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1946.

- UNISINOS. *Pesquisa sobre os empregados e ex-empregados das minas de Butiá sobre o mercado de trabalho na região*. São Leopoldo, 1972.
- VARIG. *Mapa geográfico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Empresa de Viação Aérea Rio-Grandense, 1938.
- VEIT, Benedito. *Calendário histórico da região carbonífera*. Arroio dos Ratos: Ed. L. C. Publicidade, 1989.
- VEIT, Benedito. *Memória fotográfica*. São Jerônimo. s.e., .s.d. v.1.
- VILARINO, Maria da Graça de Andrade; NUNES, Marion Kruse. 1992. *Carris 120 anos*. 2a ed. Porto Alegre. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. SMC. Centro de Pesquisa Histórica. 1992.
- WHITE, I. C. *Final Report* apresentado ao dr. Lauro Severiano Muller. Rio de Janeiro: Comissão de Estudos das Minas de Carvão do Brasil, 1908.
- WHITE, I. C. *Relatório da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, ASIL, 1908.
- XAVIER, Paulo. *Projetos de tramway*. *Correio do Povo*, Porto Alegre, 16 maio 1975. Suplemento rural.
- ZILBERMAN, Isaac (Coord.) *Subsídios a uma política carboquímica estadual*. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Concarbo, 1980.

# ANEXOS ESTATÍSTICOS

Tabela A-1  
POPULAÇÃO TOTAL: 1940 - 1991

Município	Distrito	População					
		1940	1950	1960	1970	1980	1991
São Jerônimo	São Jerônimo	6274	8321	15147	9422	11856	14413
	Arroio dos Ratos	8246	11632	7959			
	Barão do Triunfo	13752	13918	15702	7950	7372	6791
	Butiá	9997	15970	18776			
	Charqueadas				12270	20443	
	Morrinhos				1680	1900	1720
	Quitéria				6957	5309	4760
	Total Município	38269	49841	57584	38279	46880	27684
General Câmara	General Câmara	4518	5910	6575	5953	5554	5751
	Melos	3087	3194	2465	2291	1782	1890
	Santo Amaro do Sul	3183	3187	3125	1467	1720	1330
	Boqueirão				1981	1525	1525
	Monte Alegre				1550	1116	1052
		Total Município	10788	12291	12165	13242	11697
Guaíba	Guaíba	9486	9834	14339	21977	47928	78749
	Barra do Ribeiro	6883	5187				
	Mariana Pimentel	2277	2396	2435	1560	2179	2033
	Sertão de Santana	2574	2805	1668	2384	2162	2320
	Bom Retiro do Guaíba		2574	3458	3551	877	
	Eldorado do Sul					1908	
		Total Município	17012	22796	21900	33680	55054
Triunfo	Triunfo	3644	4213	4928	6323	7057	9226
	Costa da Cadeia	2139	2513	1805	2514	2319	2793
	Passo Raso	2990	2976	3019	2385	1478	1787
	Porto Baísta	2914	2957	3152	3386	3006	4117
		Total Município	11687	12659	12904	14608	13860
Butiá	Butiá				14923	14394	18261
	Cerro do Roque				1405	880	536
	Minas do Leão				5619	5929	6782
		Total Município				21947	21203
Arroio dos Ratos	Arroio dos Ratos				7904	9577	11824
	Total Município				7904	9577	11824
Charqueadas	Charqueadas						24756
	Total Município						24756
Eldorado do Sul	Eldorado do Sul						17703
	Total Município						17703

Fonte: FIBGE. Censos Demográficos

**Tabela A-2**  
POPULAÇÃO RURAL: 1940 - 1991

POPULAÇÃO							
Município	Distrito	1940	1950	1960	1970	1980	1991
São Jerônimo	São Jerônimo	3858	5473	9579	1825	1839	1259
	Arroio dos Ratos	1914	1253	1385			
	Barão do Triunfo	13411	13724	15525	7724	7104	6362
	Butiá	3716	7332	9627			
	Charqueadas				2813	1490	
	Morrinhos				1663	1887	1712
	Quitéria				6921	5296	4741
General Câmara	General Câmara	2166	3058	2936	2191	2157	1787
	Melos	2881	2979	2249	2130	1595	1485
	Santo Amaro do Sul	2808	2721	2739	1112	1321	865
	Boqueirão				1955	1506	1487
	Monte Alegre				1465	1038	1014
Guaíba	Guaíba	6626	5620	6964	4041	4961	6018
	Barra do Ribeiro	4888	2647				
	Mariana Pimentel	1865	2121	2103	1314	1890	1639
	Sertão de Santana	2389	2582	1436	1956	1745	1667
	Bom Retiro do Guaíba		2145	2705	2999	428	
	Eldorado do Sul					1799	
Triunfo	Triunfo	1690	2038	2592	2268	1911	1988
	Costa da Cadeia	1302	1692	1141	1875	1465	2447
	Passo Raso	2491	2409	2403	1709	1291	1034
	Porto Batista	2473	2370	2432	2922	2432	2474
Butiá	Butiá				1944	1385	1072
	Cerro do Roque				1391	870	535
	Minas do Leão				916	1041	315
Arroio dos Ratos	Arroio dos Ratos				2320	1532	1214
Charqueadas	Charqueadas						407
Eldorado do Sul	Eldorado do Sul						5223

Fonte: FIBGE. Censos Demográficos

**Tabela A-2.1**  
**PERDAS DA POPULAÇÃO RURAL**

Municípios	1940	1960	1991	1940/91	%
1.General Câmara	7.855	7.924	6.637	-1218	-15,50
2.Triunfo	7.956	8.568	7.943	-13	-0,16
3.São Jerônimo	22.899	36.116	10.757	-12.142	-53,02
4.Guaíba	10.880	12.468	14.547	3.667	33,70

Fonte: Dados Brutos. FIBGE. Censos Demográficos.

**Tabela A-3**  
POPULAÇÃO URBANA: CIDADES E VILAS

Municípios	Distritos	População					
		1940	1950	1960	1970	1980	1991
São Jerônimo	São Jerônimo	2416	2848	5568	7597	10017	13154
	Arroio dos Ratos	6338	10379	6574			
	Barão do Triunfo	341	194	177	226	268	429
	Butiá	6281	8638	9149			
	Charqueadas				9457	18953	
	Morrinhos				17	13	8
	Quitéria				36	13	19
General Câmara	General Câmara	2352	2852	3639	3762	3397	3964
	Melos	206	215	216	161	187	405
	Santo Amaro do Sul	375	466	386	355	399	465
	Boqueirão				26	19	38
	Monte Alegre				85	78	38
	Guaíba	Guaíba	2860	4214	7375	17936	42967
	Barra do Ribeiro	1995	2540				
	Mariana Pimentel	412	275	332	246	289	394
	Sertão de Santana	185	223	232	428	417	653
	Bom Retiro do Guaíba		429	753	552	449	
	Eldorado do Sul					109	
	Triunfo	Triunfo	1954	2175	2336	4055	5146
	Costa da Cadeia	837	821	664	639	854	346
	Passo Raso	499	567	616	676	187	753
	Porto Batista	441	587	720	464	574	1643
	Butiá	Butiá				12979	13009
	Cerro do Roque				14	10	1
	Minas do Leão				4703	4888	6467
	Arroio dos Ratos	Arroio dos Ratos				5584	8045
Charqueadas	Charqueadas						24349
Eldorado do Sul	Eldorado do Sul						12480

**Tabela A-4**  
**POPULAÇÃO CIDADINA: 1940 - 1991**

<b>Município</b>	<b>1940</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1991</b>
São Jerônimo	2416	2848	5568	7597	10017	13610
Arroio dos Ratos	6338	10379	6574	5584	8045	10610
Butiá	6281	8638	9149	12979	13009	17144
Charqueadas				9457	18953	24349
Eldorado do Sul					109	12480
General Câmara	2352	2852	3639	3762	3397	3964
Guaíba	2860	4214	7375	17936	42967	72731
Triunfo	1954	2175	2336	4055	5146	7238
Barão Triunfo	341	194	177	226	268	429

Fonte: Dados Brutos. IBGE.

# ASPECTOS GLOBAIS DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL

Nali de Jesus de Souza  
Jeferson Luís Bittencourt

## INTRODUÇÃO

Este trabalho insere-se em uma pesquisa mais ampla denominada *Energia e meio ambiente: o carvão do Rio Grande do Sul*, realizada pelo Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, abrangendo os municípios de Arroio dos Ratos, Barão do Triunfo, Butiá, Charqueadas, Eldorado do Sul, General Câmara, Minas do Leão, São Jerônimo e Triunfo.

Nesse contexto, objetiva caracterizar a estrutura industrial da Região Carbonífera do Estado do Rio Grande do Sul, com ênfase nos municípios de Arroio dos Ratos, Butiá, Charqueadas e São Jerônimo, aqui denominados de *núcleo básico*. Procurar-se-á salientar seus pólos industriais, potencialidades de crescimento e vulnerabilidades, em termos da infra-estrutura de apoio e de atividades fornecedoras de insumos.

## APRESENTAÇÃO DA REGIÃO CARBONÍFERA

A Região Carbonífera do Rio Grande do Sul, uma das mais importantes do País, é formada por nove municípios, a saber: São Jerônimo, Barão do Triunfo, Charqueadas, Arroio dos Ratos, Butiá, Minas do Leão, General Câmara, Triunfo e Eldorado do Sul. Os municípios mais antigos são Triunfo (criado em 1831), São Jerônimo (1860), General Câmara (1881), Butiá (1963), Arroio dos Ratos (1964) e Charqueadas (1982). Os demais municípios são antigos distritos emancipados há poucos anos.

As cidades de São Jerônimo, Triunfo e General Câmara formam um triângulo, às margens do rio Jacuí. Elas estão distanciadas cerca de 5 km umas das outras, constituindo o mais importante mercado consumidor da Região Carbonífera. Esse mercado

amplia-se razoavelmente, ao se incluir a cidade de Charqueadas, situada cerca de 7 km de São Jerônimo, na direção de Porto Alegre.

Em Triunfo, localiza-se o Pólo Petroquímico do Rio Grande do Sul. São Jerônimo, antes de perder grande parte de seu território, foi o mais importante produtor de carvão do Estado. As localidades de Arroio dos Ratos, Butiá e Minas do Leão situam-se, nessa ordem, ao longo da BR-290, adiante da entrada para São Jerônimo.

A sede municipal de Barão de Triunfo localiza-se acerca de 35 km à esquerda da BR-290, na altura de Arroio dos Ratos, em direção de Pântano Grande. O acesso é difícil, por ser feito por estrada não-asfaltada.

Ao contrário, Eldorado do Sul é o município mais próximo de Porto Alegre, logo na saída para Guaíba (apenas 10 km). É um município com o maior número de empregados na indústria, após o município de Triunfo.

Os atuais municípios de Barão de Triunfo, Charqueadas e Arroio dos Ratos foram antigos distritos de São Jerônimo, enquanto Minas do Leão pertencia a Butiá. Todos os municípios da Região Carbonífera inserem-se na Microrregião Carbonífera do Vale do Jacuí (n.315), à qual pertence também Cachoeira do Sul, exceto Eldorado do Sul, que se encontra na Microrregião Carbonífera de Porto Alegre.

## **ASPECTOS GEOGRÁFICOS**

Estando localizada a Sudeste do Estado do Rio Grande do Sul e sendo vizinha à Oeste da Lagoa dos Patos, a Região Carbonífera, com seus 5.501,11 km<sup>2</sup> participa com 1,96% da área total do Estado. Possui uma altitude média de 31 m, sendo Triunfo o município de maior altitude (43 m).

Para atingir os municípios da Região Carbonífera, a partir de Porto Alegre, utiliza-se a BR-290. O acesso à Charqueadas necessita ainda da estrada estadual RS-401, ou da estrada estadual transitória RS-407. Entra-se nos municípios de Triunfo e de General Câmara, via São Jerônimo, através de uma balsa. De modo que o acesso mais fácil para esses municípios, a partir de Porto Alegre, ocorre pela cidade de Canoas, através da BR-386. Para se chegar à General Câmara, é necessário, ainda, utilizar-se a estrada estadual RS-244. Em média, a Região Carbonífera apresenta uma distância de 64,6 km da capital (ver Mapa n. 1).

Além de possuir uma vasta rede de arroios, a Região Carbonífera ainda é dividida pela zona do baixo/médio Jacuí. Esse rio, sendo navegável, constitui um importante meio de escoamento da produção regional em direção de Porto Alegre, do Oeste do Estado e para o porto de Rio Grande.

## **ASPECTOS HISTÓRICOS**

Antes de efetuar-se a descrição da Região Carbonífera, comparativamente à economia estadual e em termos de sua evolução temporal, apresentar-se-á, suma-

riamente, a seguir, alguns aspectos relativos à formação histórica desses municípios e à sua população.

## **01 - ARROIO DOS RATOS**

Arroio dos Ratos, com área total de 423 km<sup>2</sup>, desmembrou-se de São Jerônimo em 28 dezembro de 1964, através da lei n. 4.902.

Ao que tudo indica, o povoado que deu origem a este município surgiu por volta de 1826, com a descoberta por parte dos escravos de Fuão Freitas de uma mina de carvão. No entanto, foi James Johnson, mineiro inglês, quem deu o grande impulso a sua exploração, através da obtenção de capitais junto a sua terra de origem e, também, trazendo mineiros de ofício para trabalhar nesta Região Carbonífera.

## **02 - BARÃO DO TRIUNFO**

Barão do Triunfo, com área total de 438 km<sup>2</sup>, desmembrou-se também de São Jerônimo, através da Lei 9571 de 20/3/1992.

O centro populacional que deu origem a este município surgiu em 1889, com o estabelecimento de colonos de origem européia, sobretudo italianos. Eles formaram a Colônia de Barão do Triunfo, em homenagem ao grande General José Joaquim de Andrade Neves, que se destacou na guerra civil de 1853 no Rio Grande do Sul.

Barão do Triunfo, mesmo tendo em seus primeiros anos de existência um relativo progresso, sofreu fortemente as conseqüências da enchente de 1941. No dia 15 de janeiro desse ano, uma tempestade de poucos minutos de duração destruiu residências, moinhos, serrarias, plantações e 33 pontes. Modificou a própria geografia local, nas proximidades do Arroio Baicuru; o próprio leito do arroio, em certos trechos, foi modificado pela violência das águas.

## **03 - BUTIÁ**

Butiá possui uma área de 765,7 km<sup>2</sup> e foi desmembrado de São Jerônimo em 9/10/1963, através da Lei 4.574.

Tudo leva a crer que foi a descoberta de uma mina de carvão em 1795, por um desconhecido soldado português, que deu origem ao povoado que se constituiu na base do atual município de Butiá. Tal denominação origina-se de um solitário pé de butiá existente no interior de uma fazenda, onde se realizavam escavações para retirar carvão. Por algum tempo, essa planta isolada emprestou seu nome ao local da fazenda e à própria mina. Posteriormente, essa mina de carvão deu origem à vila de Butiá, cujo povoamento cresceu e se emancipou do município de São Jerônimo em 9/10/1963.

## **04 - CHARQUEADAS**

Charqueadas, com 77,5 km<sup>2</sup>, emancipou-se do município de São Jerônimo em 28 de abril de 1982, pela Lei 7.654. A origem territorial e o fator econômico determinan-

te dessa emancipação foi uma mina de carvão mineral existente na área. Essa mina corresponde a 10% das reservas totais de carvão do Rio Grande do Sul; ela encontra-se localizada no delta do Rio Jacuí, entre os municípios de Canoas e de São Jerônimo.

## **05 - ELDORADO DO SUL**

O município de Eldorado do Sul foi criado pela lei n. 8.649, de 08/06/1988; desmembrou-se do município de Guaíba e possui 634,6 km<sup>2</sup> de área total.

O primeiro núcleo de moradores na Região Carbonífera de Eldorado do Sul surgiu por volta de 1960, com a construção da BR-116 e da ponte sobre o Rio Jacuí. Atualmente, a constituição étnica da população de 17.706 habitantes está representada por 50% de portugueses, 20% de poloneses, 10% de italianos, 10% de alemães, e 10% de espanhóis.

Eldorado do Sul, cujo nome de origem espanhola significa “terra do ouro”, desmembrou-se de Guaíba através de um trabalho muito árduo, onde inclusive um mandado de segurança foi impetrado junto ao Supremo Tribunal Federal por este último município, que adiou o plebiscito marcado para o dia 27 de setembro de 1987. Assim, somente em 07 de maio de 1988 foi realizada a consulta popular que obteve como resultado uma ampla vitória pela emancipação.

## **06- GENERAL CÂMARA**

O município de General Câmara, com 828,5 km<sup>2</sup>, foi criado em 4/5/1881 pela Lei 1.285. O município muito provavelmente tem sua origem no núcleo de povoamento da sesmaria doada a Antônio de Brito Leme, em 1754. General Câmara desenvolveu-se com a chegada de famílias açorianas uma década mais tarde. O povoado de Santo Amaro, primeiro nome do atual município, em 1773 foi elevado à categoria de freguesia.

A agricultura e a pecuária garantiram o desenvolvimento da área que integrou os atuais municípios de Rio Pardo, Triunfo, Taquari, Cachoeira do Sul e General Câmara. Desmembrando-se dessa área, General Câmara tornou-se município independente em 1881.

A ligação ferroviária do povoado conhecido como Margem do Taquari e Cachoeira do Sul, mesmo tendo uma estação em Santo Amaro, fez com que a localidade Margem do Taquari superasse em progresso o primitivo núcleo de Santo Amaro. Desse modo, o povoado Margem do Taquari constituiu a sede primitiva do município e não Santo Amaro. Em 1939, o nome primitivo da sede municipal passou a ser General Câmara.

## **07 - MINAS DO LEÃO**

Minas do Leão, com 420 km<sup>2</sup>, tornou-se independente de Butiá em 20/3/1992 pela Lei 9.582. Há relatos de que, já no final do século XVIII, um soldado português teria notado a existência de carvão mineral na Região Carbonífera. No entanto, a presença de carvão mineral no atual município de Minas do Leão só foi comprovada posteriormente, pelo mineiro inglês James Johnson. O carvão tornou-se o principal elemento na formação econômica do município.

A origem do nome “Minas do Leão” deve-se ao boato de que leões atacavam os rebanhos, o que fez com que uma das fazendas fosse denominada Fazenda do Leão. Esse boato nunca foi comprovado. Com as sondagens geológicas efetuadas pelas indústrias cimenteira e carbonífera, o carvão mineral passou a ser extraído na Fazenda do Leão, dando origem à denominação *Minas do Leão*.

A necessidade de mão-de-obra para a extração de carvão mineral atraiu inúmeras famílias, formando-se uma vila à proximidade das Minas do Leão. Tendo se tornado distrito com a emancipação de Butiá, em 1963, e com o aumento populacional posterior decorrente, a localidade expandiu suas atividades comerciais e de serviços. A diversificação da economia ocorreu também com base na agropecuária e, em 1992, Minas do Leão alcançou a condição de município.

## **08 - SÃO JERÔNIMO**

O atual município de São Jerônimo, com 1.079,81 km<sup>2</sup> de área, um dos mais antigos da Região Carbonífera, foi criado em 31 de março de 1938, pela Lei 7.199.

Outrora chamado “Passo das Tropas”, o município de São Jerônimo tem sua denominação ligada ao fato de ter sido encontrada uma imagem de São Jerônimo em uma embarcação ancorada na praia do povoamento.

Tendo alcançado a categoria de vila pela Lei 457 de 3 de dezembro de 1860, só chegou a categoria de município em 1938, quando emancipou-se do município de Bom Jesus do Triunfo.

A origem étnica da população de 20.638 habitantes é predominantemente luso-brasileira.

## **09 - TRIUNFO**

O município de Triunfo, possuindo 834 km<sup>2</sup>, foi criado pelo Decreto Regencial de 25/10/1831. A Região Carbonífera, onde se encontra o atual município de Triunfo, foi inicialmente domínio dos índios Patos e somente em 1752 foi que surgiu, na área atualmente ocupada pelo município, a primeira sesmaria. Denominava-se *Piedade* e foi doada pelo Governo Federal a Manuel Gonçalves Meireles, avô do chefe farroupilha Bento Gonçalves da Silva, sob a condição de nela reservar meia légua quadrada para o povoamento de Nossa Senhora do Bom Jesus do Triunfo.

O povoado que aí se formou, em 1754, foi elevado à categoria de freguesia. A partir de 1763, quando Ceballos ocupou a Vila de Rio Grande,<sup>1</sup> muitas famílias açorianas se transferiram para Triunfo. Em 1831, o povoamento foi elevado à categoria de vila e sede municipal, cuja área abrangia 17.500 km<sup>2</sup>.

## **ASPECTOS DEMOGRÁFICOS**

Os dados demográficos dos municípios da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul estão apresentados na Tabela 1, a seguir. Como se pode observar, para 1970 não

se apresentam os dados para todos os municípios da Região Carbonífera, pois alguns ainda se encontravam incluídos como distritos nos antigos municípios de origem.

Desse modo, observa-se que a população de São Jerônimo, igual a 38.729 pessoas em 1970, se reduz para 19.065 em 1980. Isso se deve a emancipação de Charqueadas (1982) e de Barão do Triunfo (1992), cujos dados, por já serem conhecidos, foram computados na, Tabela 1, desde 1980.

No Censo Demográfico do RS de 1980, já foi possível levantar a população dos distritos que compunham os municípios da Região Carbonífera, o que dá um caráter mais definitivo aos aspectos populacionais apresentados para cada um deles.

Sendo assim, foi possível ressaltar a importância de Charqueadas como distrito de São Jerônimo, pois percebeu-se, já em 1980, que a população de Charqueadas, mesmo antes de sua emancipação, era pouco inferior a de São Jerônimo (26.437), considerando incluída nesta última a população de Barão do Triunfo (7.372) que viria a se emancipar somente em 1992.

**Tabela 1**

POPULAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL E SUA VARIAÇÃO PERCENTUAL NO PERÍODO 1970/93

MUNICÍPIOS	1970	1980	1991	1993	1970/80	1980/91	1991/93
ARROIO DOS RATOS	7.904	9.577	11.824	11.828	21,17	23,46	0,034
BUTIÁ	21.947	15.274 <sup>2</sup>	18.752 <sup>2</sup>	18.697	-30,40	22,77	-0,29
CHARQUEADAS	-	20.443	24.756	24.718	-	21,10	-0,15
SÃO JERÔNIMO	38.279	19.065	20.893	20.638	-50,19	9,59	-1,22
NÚCLEO BÁSICO	68.130	64.359	76.225	75.881	-5,54	18,44	-0,45
BARÃO DO TRIUNFO	-	7.372	6.791	5.879	-	-7,88	-13,43
ELDORADO DO SUL	-	18.052 <sup>3</sup>	17.703	17.706	-	-1,93	0,017
GEN. CÂMARA	13.242	11.697	11.548	11.539	-11,67	-1,27	0,078
MINAS DO LEÃO	-	5.929	6.782	6.830	-	14,39	0,706
TRIUNFO	14.608	13.860	17.923	17.933	-5,12	29,31	0,056
<b>TOTAL</b>	<b>95.980</b>	<b>121.269</b>	<b>136.972</b>	<b>135.768</b>	<b>9,53</b>	<b>12,95</b>	<b>-0,88</b>
N.B./R.C. * 100	70,98	61,22	55,65	55,89	-13,65	-9,1	0,43
N.B./RS * 100	1,022	0,843	0,834	-	-17,52	-1,07	-
% R.C./RS * 100	1,44	1,37	1,50	-	-4,86	9,49	-
<b>TOTAL DO RS</b>	<b>6.664.891</b>	<b>7.697.148</b>	<b>9.138.670</b>	<b>-</b>	<b>15,49</b>	<b>18,73</b>	<b>-</b>

Fonte: IBGE. *Censo Demográfico do Rio Grande do Sul 1970, 1980 e 1991* e Klering (1994, 149-195).

Notas: <sup>1</sup> Descontadas as populações de Barão do Triunfo e Charqueadas; <sup>2</sup> Descontada a população de Minas do Leão; <sup>3</sup> Ainda pertencente a Guaíba. População computada na Região Carbonífera para fins de análise; <sup>4</sup> Já descontada a população de Barão do Triunfo.

A população de Butiá, igual a 21.947 pessoas em 1970, cai para 15.274 em 1980. Neste último ano exclui-se de Butiá a população do distrito de Minas do Leão (5.929), emancipado em 1992. Também é possível notar que o distrito de Minas do Leão já tinha uma importância significativa no município de Butiá em 1980, respondendo por cerca de 28% da população do município naquele ano.

Tendo sido descontada, em 1980, a população dos distritos que seriam emancipados posteriormente, a população do Núcleo Básico se reduz, entre 1970 e 1980, de 71% para 61%, em relação à Região Carbonífera, e de 1,02% para 0,84%, em relação à população gaúcha em seu conjunto. Contudo, convém salientar que a população total da Região Carbonífera, em relação ao total do Rio Grande do Sul, também se reduziu no período, passando de 1,44% para 1,37%.

Depois da emancipação de Charqueadas e de Eldorado do Sul, em 1982 e 1988, respectivamente, nota-se que a Região Carbonífera ganhou força, aumentando sua participação demográfica no conjunto do Estado de 1,37%, em 1980, para 1,5%, em 1991.

Em 1991, pouco antes das emancipações de Barão do Triunfo e de Minas do Leão, que ocorreram em 1992, Charqueadas já despontava como o município mais populoso dessa Região Carbonífera, descontando da população de São Jerônimo a parcela equivalente a população de Barão do Triunfo e fazendo o mesmo em relação a Butiá e Minas do Leão. Isto acontece mesmo com a área do município de Charqueadas sendo a menor de todos aqueles que compõem a Região Carbonífera (77,50Km<sup>2</sup>), o que faz com que o município apresente uma densidade demográfica de 318,9 hab./km<sup>2</sup>.

As sucessivas emancipações representaram, como se pode perceber, uma queda na representatividade da população do Núcleo Básico no total da Região Carbonífera, e conseqüentemente uma maior representatividade do restante da Região Carbonífera.

Os números mais recentes obtidos, que são de 1993, já apresentam características mais estáveis para a população da Região Carbonífera. A partir de 1991, a participação do Núcleo Básico se estabilizou em torno de 55% da população total da Região Carbonífera. Esse número é expressivo, uma vez que os quatro municípios possuem uma participação regional menor em termos de área (42,6%).

As participações do Núcleo Básico e do total da Região Carbonífera no Rio Grande do Sul também registraram uma certa estabilidade, entre 1980 e 1993, em torno de 0,8% e 1,4% respectivamente.

Entre 1970 e 1980, houve uma queda na população de vários municípios, reduzindo a participação da população da Região Carbonífera na população estadual em torno de 5%.

No entanto, a redução da população dos municípios de Butiá e de São Jerônimo deve ser considerada como reflexo das emancipações ocorridas, pois considerando ambos os municípios, com todos os seus distritos, percebe-se uma queda de apenas 3,4% para a população de Butiá e um incremento de 22,5% para a população de São Jerônimo.

Os aumentos de população verificados nos municípios de Arroio dos Ratos e do conjunto dos distritos de São Jerônimo, porém, foram suficientes para promover um acréscimo no total da população da Região Carbonífera da ordem de 9,5%, entre 1970/80, eliminando num todo os efeitos das quedas da população verificada nos demais

municípios. Foi insuficiente, porém, para aproximar o crescimento populacional da Região Carbonífera ao do Rio Grande do Sul, que foi 15,5%, nesse período.

Já entre 1980/91, ao contrário do período anterior, quase todos os municípios da Região Carbonífera apresentaram um crescimento demográfico em torno do crescimento da população estadual, que foi de 18,7%, nesse período.

Verifica-se, nesse intervalo, que o crescimento da população de alguns municípios coincide com períodos de maior prosperidade econômica. Arroio do Ratos apresentou alto crescimento econômico, entre 1983/88, sendo classificada, em termos de valor adicionado, entre os doze maiores do Estado. Entre 1980/91, apresentou um crescimento populacional de 23,16%, quase do nível do município de Triunfo, o de maior crescimento no interior da Região Carbonífera.

Butiá, cuja população cresceu 22,8%, entre 1980/91, chegou a apresentar, nesse período, índices de crescimento econômico entre os cinco maiores do Estado.

Porém, o exemplo mais importante é o de Triunfo, um dos municípios mais antigos da Região Carbonífera, que apresentou o maior crescimento demográfico regional, nesse período, chegando a mais de 29%. Convém lembrar que, em 1983, instalou-se no município de Triunfo o Pólo Petroquímico do Rio Grande do Sul, que elevou a renda *per capita* do município para o primeiro lugar, no Estado, e promoveu um crescimento econômico que o deixou entre os cinco mais importantes do RS nesse sentido.

Todo esse processo de crescimento populacional fez com que a participação da população da Região Carbonífera no total estadual chegasse a 1,5%, crescendo 9,5% em relação à 1980. No entanto, as emancipações ocorridas no período promoveram uma queda da participação do Núcleo Básico no total da Região Carbonífera no conjunto do Estado, ainda que a Região Carbonífera tenha tido um aumento populacional de 12,95%.

Destacam-se, ainda, nestes aspectos demográficos, a tendência de queda populacional do município de General Câmara, que chegou, entre 1970 e 1993, a quase 13%. município este que, devido à sua estrutura tipicamente agrária de produção, nunca chegou a ser representativo no Estado, em termos econômicos.

A análise do período 1991/93 fica um pouco prejudicada, para ilações de longo prazo, por ser muito curto. No entanto, pode-se destacar, mesmo assim, o aparecimento de uma tendência de queda populacional para o município de Barão do Triunfo, já que no período de 1980/91 também houve redução demográfica, quando o município ainda era distrito de São Jerônimo.

Observa-se que o crescimento demográfico da Região Carbonífera, entre 1980/91 (12,95%), foi inferior ao do Rio Grande do Sul em seu conjunto (18,73%). Constatase, assim, que a tendência dos últimos anos foi a da Região Carbonífera perder população, face às emigrações em direção de outras áreas, sobretudo para a Região Metropolitana de Porto Alegre. Assim, os maiores índices de crescimento populacional apresentados estariam ligados a períodos de maior prosperidade econômica, como pode ser verificado nos exemplos acima citados.

A distribuição da população da Região Carbonífera já tem suas características mais marcantes delineadas desde o primeiro conjunto de dados obtidos, relativos a 1970.

Já nesse ano é possível notar um perfil tipicamente urbano na Região Carboní-

fera. Arroio dos Ratos e Butiá, por exemplo, municípios que ainda não possuíam uma década de emancipação, já apresentavam características fortemente urbanas.

Os dados da Tabela 2 indicam um processo intenso de urbanização da Região Carbonífera, entre 1970/91. Já em 1970, o Núcleo Básico apresentava um percentual maior de população residindo nas cidades, em comparação ao conjunto da Região Carbonífera. No entanto, em 1991, a taxa de urbanização da Região Carbonífera igualou-se a do Núcleo Básico. Essa tendência reflete o fato de que o êxodo rural é um fenômeno que ocorre em todo o Estado, assim como em outras regiões e países.

**Tabela 2**

ESTRUTURA DA POPULAÇÃO URBANA E RURAL DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA E DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 1970, 1980 E 1991 (%)

Municípios	1970		1980		1991	
	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural
Arroio dos Ratos	70,7	29,4	84,0	16,0	89,7	10,3
Butiá	80,6	19,7	84,5	15,5	92,5	7,5
Charqueadas	-	-	92,7	7,3	98,3	1,7
São Jerônimo	45,3	54,7	62,4	37,6	49,2	50,8
Total do Núcleo Básico <sup>1</sup>	59,6	40,4	71,1	28,9	80,4	19,6
Total da Região Carbonífera	53,0	47,0	62,8	37,2	80,4	19,6
Total do Rio Grande do Sul	53,3	46,7	67,5	32,5	76,6	23,4

Fonte: IBGE. *Censo demográfico do Rio Grande do Sul*, 1970, 1980 e 1991.

Obs.: <sup>1</sup> Desconsiderando as emancipações ocorridas durante as décadas de 80 e 90.

O percentual da população urbana do Rio Grande do Sul, em relação a sua população total, passou de 53,3% em 1970, para 76,6% em 1991; enquanto na Região Carbonífera esse percentual variou de aproximadamente o mesmo valor (53%), para 80,4% em 1991. A estrutura urbana da Região Carbonífera como um todo evoluiu mais rapidamente do que o do Núcleo Básico, pois partindo de um índice de urbanização menor, atingiu os mesmos 80,4% do Núcleo Básico em 1991. O percentual da população vivendo na zona rural, tanto no Núcleo Básico, como no conjunto da Região Carbonífera, foi de 19,6% em 1991, contra 23,4% para o conjunto do Estado do RS.

A relação população rural e população urbana do distrito de Charqueadas do ano de 1970 não foi passível de apuração; portanto a sua população está contida naquela apresentada para o município de São Jerônimo. Este município, juntamente com Triunfo e General Câmara, ainda apresentavam características rurais em 1970; tais características, no entanto, não eram substancialmente superiores às da Região Carbonífera no seu conjunto.

No ano de 1980, a distribuição da população da Região Carbonífera continua com as mesmas características fundamentais, porém já mostrando uma tendência maior de urbanização. É exemplo o município de Triunfo, que nesse ano apresentava uma população rural superando em apenas 2% a sua população urbana.

Para 1980, tem-se o perfil daqueles distritos que viriam a se emancipar durante as décadas de 80 e 90. Eldorado do Sul e Minas do Leão, apresentavam características mais acentuadamente urbanas, enquanto Barão do Triunfo possuía ainda um perfil mais rural. Verifica-se que esses municípios apresentaram, em 1980, uma população distribuída de maneira semelhante àquela verificada nos seus municípios de origem. Porém, os municípios de São Jerônimo, Barão do Triunfo e Charqueadas merecem uma atenção especial.

São Jerônimo possuía, em 1980, uma população com características marcadamente rurais, analisando separadamente os distritos que compõe este município. Mesmo pertencendo a São Jerônimo, Charqueadas já possuía, em 1980, um pólo de desenvolvimento urbano muito forte; sua população representando mais de 40% da população do municipal, acabou por distorcer a distribuição populacional apresentada para o município sede original.

Assim, considerando o conjunto dos distritos, incluindo Charqueadas, a distribuição da população de São Jerônimo é idêntica àquela apresentada na Tabela 2. No entanto, desconsiderando Charqueadas, que viria a emancipar-se em 1982, a distribuição da população de São Jerônimo ficaria, em 1980, com uma população urbana igual a 39% de sua população total, contra 62,4% incluindo Charqueadas.

Esta distribuição acentuadamente rural do município de São Jerônimo, em 1980, decorre do fato de que os demais distritos, que formavam o município, além da sede e Charqueadas, que são Barão do Triunfo, Morrinhos e Quitéria, possuíam uma população urbana de menos de 4% de sua população total.

Chega-se a 1991 com o Núcleo Básico apresentando uma população urbana de 80,4% à sua população total; nesse conjunto, somente São Jerônimo não apresentava um perfil tipicamente urbano de sua população; porém, já se pode vislumbrar, para os próximos anos, um avanço percentual da população urbana de São Jerônimo sobre sua população rural.

Assim, a totalidade da Região Carbonífera, não possuía, em 1991, dados demográficos muito díspares em relação àqueles apresentados para o Núcleo Básico, já que todos os demais municípios mantêm um mesmo padrão de distribuição populacional.

Dessa forma, em 1991, somente Barão do Triunfo continuava a apresentar uma população com características acentuadamente rurais, já que os municípios que seguiam esta tendência, General Câmara e São Jerônimo têm suas populações urbana e rural praticamente equivalentes.

Em suma, o que se pode verificar pela análise dos dados apresentados é um nítido aumento da população urbana em detrimento da população rural, que vem apresentando quedas percentuais ao longo dos últimos anos. Percebe-se também que este processo toma força a partir da década de 80, quando a economia de determinados municípios apresentou um forte crescimento. Enquanto em 1970 a população urbana da Região Carbonífera e do conjunto do Rio Grande do Sul possuíam praticamente a mesma estrutura, em 1980 esta Região tornou-se menos urbanizada do que o conjunto do

Estado; mas entre 1980 e 1991 ela conheceu uma urbanização mais acentuada do que o total do Rio Grande do Sul.

## **DESCRIÇÃO DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL**

O objetivo deste capítulo é descrever a Região Carbonífera, nos seus aspectos econômicos, com ênfase no Núcleo Básico. Procurar-se-á mostrar os principais aspectos de desenvolvimento e os pontos de estrangulamento do crescimento, apresentando aqueles setores que perderam ou ganharam espaço no cenário estadual com o passar do tempo.

Para essa análise, foram usados como variáveis o Produto Interno Bruto e o Valor adicionado Fiscal de cada município. O Valor adicionado, que foi usado neste capítulo para mostrar a participação dos setores na economia dos municípios da Região Carbonífera, representa o valor global que as unidades de produção e comércio adicionaram às suas mercadorias, a cada etapa pela qual passaram, desde que saem do setor primário até chegar ao consumidor final. O Valor adicionado é aceito como o melhor indicador da renda e do desempenho econômico de um determinado município.

No entanto, a carência de certos dados estatísticos não permitiram uma maior homogeneidade no que se refere aos períodos analisados, já que determinados índices e valores eram obtidos somente em séries temporais diferentes. Porém a utilização do mesmo período de tempo para todas as tabelas formuladas poderia não transmitir com clareza a abrangência da área analisada, já que relevantes acontecimentos na vida econômica da Região Carbonífera ocorreram antes de muitos municípios, posteriormente de importância destacada, obterem suas emancipações.

Assim, os resultados obtidos são indubitavelmente aqueles que, dadas as condições conjunturais e históricas das estatísticas nacionais e estaduais, melhor representam o esforço de dar uma visão ampla da Região Carbonífera no que diz respeito às características de sua economia.

### **Participação dos municípios na economia estadual, 1985/93**

Partindo da análise do ano de 1985, o que ausenta a participação de alguns municípios do estudo, já é possível perceber aqueles municípios que viriam a ter importância destacada no aspecto econômico da Região Carbonífera e do Estado.

Assim, pode-se perceber a elevada importância do município de Triunfo neste contexto. Em 1985, com o Pólo Petroquímico completamente instalado, já que começou suas atividades em 1982, o município de Triunfo desponta como o grande núcleo de desenvolvimento industrial da Região Carbonífera. Isto pode ser comprovado quando se vê que o PIB do município representava, em 1985, 75,2% do total da Região Carbonífera e 2,6% do produto total do Estado (Tabela 3)

**Tabela 3**  
**PRODUTO INTERNO BRUTO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO**  
**CARBONÍFERA E SUA PARTICIPAÇÃO NO PIB DO RIO GRANDE DO SUL,**  
**EM 1985, 1990 E 1993 (US\$ 1000)**

Municípios	1985			1990			1993		
	Valor	% RC	%RS	Valor	%R.C.	%RS	Valor	%R.C.	%RS
Arroio dos Ratos	9.323	1,1	0,04	40.996	2,9	0,13	23.475	1,4	0,07
Butiá	20.503	2,4	0,08	70.857	4,9	0,22	56.311	3,4	0,16
Charqueadas	150.815	17,5	0,61	120.507	8,4	0,38	104.872	6,3	0,30
São Jerônimo	21.033	2,4	0,09	34.719	2,4	0,11	31.186	1,9	0,09
NÚCLEO BÁSICO	201.674	23,4	0,82	267.079	18,6	0,84	215.844	13,0	0,62
Barão do Triunfo	-	-	-	-	-	-	4.903	0,3	0,01
Eldorado do Sul	-	-	-	155.389	10,8	0,49	200.894	12,1	0,06
General Câmara	12.160	1,4	0,05	15.560	1,1	0,05	17.445	1,1	0,05
Minas do Leão	-	-	-	-	-	-	16.487	1,0	0,05
Triunfo	648.442	75,2	2,62	996.736	69,5	3,12	1.207.016	72,6	3,44
REG. CARB.	862.276	100,0	3,49	1.434.764	100,0	4,47	1.662.589	100,0	4,23
TOTAL DO RS	24.707.048	-	100,0	32.097.628	-	100,0	39.304.704	-	100,0

Fonte: Secretária do Desenvolvimento do RS. *Aspectos socioeconômicos dos municípios do RS, 1983 a 1991/92* e Klering (1994, p.149-195)

O caso de Triunfo é particularmente interessante, e por isso a sua apresentação neste grupo de municípios traz certas distorções ao conjunto das informações. Como é possível notar, nesse ano de 1985 o Núcleo Básico representou 23,4% do PIB da Região Carbonífera e menos de 1% do PIB do Estado.

Comparado-se esses percentuais com aqueles relativos ao total da Região Carbonífera, observa-se a grande representatividade do município de Triunfo no conjunto da Região Carbonífera. Cabe, portanto, salientar que o PIB da Região Carbonífera e a participação deste no total do Estado são altamente afetados pela nível de produção do Pólo Petroquímico de Triunfo.

Com relação ao Núcleo Básico, o município mais importante é o de Charqueadas, que representava, em 1985, 17,5% do PIB da Região Carbonífera e 74,8% do PIB do Núcleo Básico. Participação esta que se deve - como no caso de Triunfo - à presença expressiva de indústrias de grande dimensão, como a Aços Finos Piratini, entre outras.

Os dois municípios menos expressivos da Região Carbonífera, em 1985, foram Arroio dos Ratos e General Câmara.

Arroio dos Ratos viveu, entre 1982 e 1987, uma época de relativo dinamismo, quando seus índices de crescimento foram classificados entre os mais altos da Região Carbonífera, ficando somente atrás dos dois municípios mais tradicionais economicamente - Triunfo e Charqueadas.

Porém, por não possuir indústrias de porte, esse dinamismo de crescimento efetuou-se através da agricultura e de atividades industriais e terciárias de pequena dimensão.

Já o caso de General Câmara está profundamente ligado à sua estrutura produtiva predominantemente agrícola. Seu pouco dinamismo relaciona-se com a atividade de mercado local, portando dependente do crescimento da própria renda agrícola.

No quinquênio referente a 1985/90, após um período de prosperidade para a maioria dos municípios da Região Carbonífera, uma nova distribuição da relevância econômica se pode notar, principalmente após o conhecimento das informações sobre o município de Eldorado do Sul que emancipara-se em 1988.

Triunfo, após um período de fraco crescimento, a partir de 1988 volta a crescer e, em 1990, conhecendo um aumento significativo no seu produto, o que expande em 0,5% a sua participação no PIB do RS. Crescimento este que se refere principalmente a incrementos na produção do Pólo Petroquímico, base fundamental da economia deste município, responsável atualmente por quase 90% de seu produto interno bruto.

No entanto, a participação do município de Triunfo no total da Região Carbonífera, em 1990, apresentou um decréscimo em relação a 1985. Isso significa que os demais municípios da Região cresceram mais do que proporcionalmente a Triunfo, o que promoveu uma evolução de 1% na participação do PIB da Região Carbonífera no PIB total do Estado. Para exemplificar esta expansão, pode-se citar o forte crescimento de Arroio dos Ratos, sendo classificado entre 1984 e 1990 entre os dez municípios de maior crescimento do Estado, tornando-se o quinto município em importância na Região Carbonífera. Além desse município, Butiá também apresentou uma forte taxa de crescimento econômico, chegando a apresentar em 1989 o quinto maior volume de crescimento do Estado e, entre 1984/90 a décima quarta maior taxa de crescimento.

Também poderia ser citado o caso de São Jerônimo, que, mesmo não tendo aumentado a sua participação na Região Carbonífera, seguindo o que foi verificado nos municípios vizinhos, aumentou a sua participação relativa no total do Estado.

Eldorado do Sul, que viera a emancipar-se em 1988, surge na Região Carbonífera como uma força econômica de muita expressão. Ocorreu nos últimos anos a uma certa concentração industrial no município, favorecida pela sua grande proximidade à cidade de Porto Alegre, já que a distância entre as duas cidades é de apenas 10 Km. O município de Eldorado do Sul, dada a queda na participação relativa de Charqueadas, surge como a segunda economia da Região Carbonífera, respondendo por mais de 10% do produto interno bruto desta, e por 0,5% do produto interno bruto do Rio Grande do Sul.

Além da queda do produto de Charqueadas, de US\$ 150,8 milhões em 1985, para US\$ 120,5 milhões em 1990, reduzindo a sua participação na Região Carbonífera de 17,5% para 8,4% e no Rio Grande do Sul, de 0,6%, para 0,4%. Isso se explica principalmente pela redução da produção do gênero Metalúrgico, que empregava 2.475 empregados em 1984, 2.358 em 1988 e 1.513 em 1992.

O município de General Câmara também perdeu terreno na economia regional, reduzindo-se de 1,4% em 1985, para 1,1% em 1990. Mesmo tendo obtido um crescimento classificado entre os oito maiores do Estado, em 1990, as sucessivas quedas anteriores em seu produto fizeram com que este crescimento apenas recuperasse uma produção semelhante a anterior, não impedindo o município de tornar-se o menos representativo da Região Carbonífera em 1993.

Assim, em suma tem-se o período 1985/90 representando uma época de prosperidade para a Região Carbonífera onde, mesmo que o Núcleo Básico tenha perdido participação na economia estadual, em decorrência da queda do produto de Charqueadas, a economia da Região Carbonífera como um todo tornou-se mais representativa no Estado, em decorrência não apenas de uma produção ampliada do Pólo Petroquímico, como resultado de uma evolução maior da economia de outros municípios.

O período de 1990/93, mesmo se caracterizando como um intervalo relativamente curto para análise, fatos importantes marcaram a economia da Região Carbonífera nesse período. Esses fatos, como a emancipação de Barão do Triunfo e de Minas do Leão, merecem, portanto, serem salientados.

Dada a estrutura produtiva desses municípios, por ocasião de suas emancipações, eles se tornaram os menos representativos da Região Carbonífera.

Minas do Leão apresentando uma economia voltada para a extração de carvão mineral, que representa mais de 65% do valor adicionado gerado no município, contribui com menos de 1% do PIB da Região Carbonífera.

Já Barão do Triunfo tem sua produção voltada principalmente para a agropecuária, que responde por mais de 70% do produto do município, o que faz com que sua participação no produto da Região Carbonífera seja inferior a 0,3% e não passe de 0,01% do total do Estado.

Estas emancipações fizeram com que se tivesse uma queda também na participação dos municípios de origem, Butiá e São Jerônimo, na Região Carbonífera e no Estado. Conseqüentemente, a parcela pela qual o Núcleo Básico respondia no total do produto gerado na Região Carbonífera também se reduziu, caindo de 18,6% em 1990, para 13% em 1993.

De outra forma, se as emancipações não tivessem ocorrido, a participação de Butiá no ano de 1993 teria sido de 4,4% na Região Carbonífera e de 0,21% no total do Estado, enquanto São Jerônimo participaria com 2,2% do produto total da Região Carbonífera e 0,1% no produto do Rio Grande do Sul. Ou seja, tem-se dados muito parecidos com aqueles apresentados para 1990, o que mostra que as emancipações não representaram evoluções nem para os municípios de origem nem para os distritos emancipados.

Além das emancipações, também contribuíram para a redução da participação relativa do Núcleo Básico, tanto no total da Região Carbonífera, como no total do Estado, o município de Arroio dos Ratos, que sofreu em 1991 e em 1992, um dos maiores índices de queda do nível de seu produto no conjunto do Estado, e Charqueadas que também conheceu uma forte queda no seu produto em 1992.

Contribuíram também para esta queda da participação do Núcleo Básico o aumento do produto de General Câmara, que por ter uma estrutura produtiva tipicamente agrária sofreu menos com a recessão do período, e, principalmente, o aumento do

produto do município de Eldorado do Sul, que chegou a uma participação de mais de 12% no produto da Região Carbonífera, firmando a posição de segunda maior economia da área, adiante de Charqueadas, a primeira do Núcleo Básico.

Percebe-se no ano de 1993, em relação a 1990, uma ligeira queda da participação relativa da Região Carbonífera na economia do Estado, apesar do grande crescimento da economia do município de Triunfo, cuja participação no total estadual passou de 3,12% em 1990, para 3,44% em 1993. Em termos quantitativos, aumenta o PIB da Região Carbonífera no seu conjunto, mas o de Triunfo aumenta relativamente mais.

O crescimento do Núcleo Básico foi negativo entre 1990/93, em termos quantitativos, e em termos relativos sua participação na Região Carbonífera e no Rio Grande do Sul se reduz com alguma intensidade.

O PIB de Charqueadas caiu 13% entre 1990/93 e sua participação no período se reduziu de 8,4% para 6,3% na Região Carbonífera e de 0,38% para 0,30% no conjunto do Rio Grande do Sul.

Em resumo destaca-se atualmente na Região Carbonífera, no que diz respeito a participação na economia regional e estadual, aqueles municípios cuja produção é basicamente industrial, por ordem de importância, Triunfo Eldorado do Sul e Charqueadas. Este último município, no entanto, está perdendo participação na economia regional e estadual, devido à perda de dinamismo de seu setor industrial.

Outro ponto a ser destacado, em oposição aos apresentados acima, são os municípios que se caracterizam como os menos representativos da Região Carbonífera: General Câmara, Minas do Leão e Barão do Triunfo. Estes municípios apresentam suas estruturas produtivas baseadas em setores menos dinâmicos como a agropecuária e a extração de minerais.

Esses municípios, mesmo que se mostrem mais resistentes em períodos de recessão industrial, apresentam um crescimento econômico muito lento no longo prazo e perdem parte da população, que emigra para outras áreas, em busca de melhores oportunidades de trabalho.

Desta forma, constata-se que as duas maiores economias da Região Carbonífera estão fora do Núcleo Básico (Triunfo e Eldorado do Sul) e que o Núcleo Básico vem perdendo dinamismo manufatureiro e que as atividades agropecuárias da Região Carbonífera não são suficientemente dinâmicas para contrabalançar essa perda de dinamismo da economia regional. Também não é o carvão, a principal riqueza da Região, o responsável pela reativação da atividade econômica regional, mas a presença do Pólo Petroquímico na Região e o efeito proximidade de Porto Alegre.

## **ESTRUTURA ECONÔMICA DA REGIÃO CARBONÍFERA ENTRE 1982/93**

Observando-se a Tabela 4, constata-se que a estrutura econômica da Região Carbonífera é fundamentada na atividade industrial. Em 1982, 53,9% do valor adicionado da Região era formado pela indústria de transformação, 24,5% pela agricultura e 17,9% pelo

Comércio; em 1987, a parte gerada na indústria de transformação subiu para 85,6%, reduzindo-se substancialmente a participação dos demais setores; já em 1993, esse percentual recua um pouco (82,1%). A atividade extrativa, com o carvão compondo a maior riqueza mineral da Região, oscilou no período, com ligeiro crescimento entre 1982 e 1987, declinando nos anos seguintes, chegando em 1993 com 2,7% do valor adicionado regional.

**Tabela 4**

ESTRUTURA ECONÔMICA DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL, SEGUNDO O VALOR ADICIONADO, 1982, 1987 E 1993

Setores	1982	1987	1993
Indústria geral	53,9	85,6	82,1
Extrativa mineral	3,5	4,8	2,7
Agricultura	24,5	3,0	4,1
Comércio	17,9	6,6	3,4
Serviços	0,1	0,1	7,7
TOTAL	100,0	100,0	100,0

Fonte dos dados brutos: Secretária do Desenvolvimento do RS. *Aspectos socioeconômicos dos municípios do RS, 1983 a 1991/92* e Klering (1994, p.149-195).

Em 1982, ano em que Charqueadas emancipou-se de São Jerônimo, a atividade industrial era a maior responsável pela renda regional. A existência de um crescimento industrial relativamente acelerado, durante alguns anos, certamente foi o fato crucial que levou à emancipação de Charqueadas. Também foram determinantes desta supremacia industrial os primeiros passos do Pólo Petroquímico, que se deram em 1982, com a instalação da Copesul, bem como com a criação de um pólo metalúrgico em Charqueadas, através da Aços Finos Piratini e da Eletrosul, entre outras empresas.

As empresas que exploram a atividade carbonífera na Região, a Companhia Rio-grandense de Mineração e a Copelmi Ltda, extraíram, em 1982, 2,3 milhões de toneladas de carvão mineral *run of mine*. Essa produção foi obtida das minas dessas empresas existentes nos municípios de Arroio dos Ratos, Butiá, Charqueadas e Minas do Leão.

Nesse ano de 1982, a agricultura apresentou, ainda, certa força na Região Carbonífera, com pouco mais de 25% do seu valor adicionado total. Essa produção foi obtida principalmente nos municípios de General Câmara, Butiá e São Jerônimo. Foram esses municípios que apresentavam maior crescimento desse setor, os quais, juntos, responderam por mais de 70% do valor adicionado agrícola da Região Carbonífera.

Quando se trata de comércio e serviços, o município de São Jerônimo surge como o mais significativo, respondendo por 34,8% do valor adicionado do Comércio e mais de 85% dos Serviços. Isto se explica pelo fato do município de São Jerônimo ser um dos mais antigos da Região Carbonífera o que permitiu o maior desenvolvimento

dessas atividades econômicas em relação aos demais municípios, nos quais a estruturação dos centros de comércio se fizeram mais tardiamente.

No ano de 1987, com a instalação definitiva do Pólo Petroquímico de Triunfo, a participação do setor industrial na geração de valor adicionado da Região Carbonífera subiu para quase 90%. Isso se explica pela consolidação do Pólo Petroquímico e pela expansão do município de Charqueadas, que apresentava um crescimento industrial relativamente acelerado, através principalmente daquelas indústrias já citadas.

O forte aumento da geração de valor adicionado na indústria fez com que se notasse nos outros setores quedas significativas nas suas participações relativas. No entanto, isso não implica que os demais setores tenham estagnado, mas sim que houve investimentos muito maiores na indústria do que nas demais atividades.

Arroio dos Ratos e Butiá, relativamente, são os melhores exemplos do aumento do investimento no setor industrial, pois neste período começou a se estruturar o perfil industrial desses municípios, mesmo que isso ainda não se faça de forma acentuada.

A extração de carvão mineral expandiu-se até 1987, chegando a 3,2 milhões de toneladas de carvão *run of mine*, contra 2,3 milhões de toneladas em 1982. Isso se deu pelo aumento da produção nas quatro minas existentes na Região Carbonífera.

A participação da Agricultura, continuou dependendo muito da produção de General Câmara e de Butiá. Porém, devido às dificuldades estruturais conhecidas, existentes no setor agrícola, mesmo que se tenha uma aumento de produção, fica prejudicado o crescimento de economias calcadas nesse setor.

O Comércio conheceu um grande impulso, principalmente em Triunfo, o qual, ultrapassando São Jerônimo, tornou-se o município que mais gera Valor adicionado nesse setor no interior da Região Carbonífera.

Quanto aos Serviços, é o município de Butiá que supera São Jerônimo na obtenção de valor adicionado, passando a gerar mais de 58% do total do Setor da Região Carbonífera.

No ano de 1993, a participação do setor extrativo mineral se reduz para 2,7% do valor adicionado total da Região Carbonífera, com 1,79 milhões de toneladas *run of mine*, nas quatro minas exploradas pelas duas companhias que atuam na Região Carbonífera, representando a maior parte dos 21,6% da participação deste setor no valor adicionado da Região Carbonífera.

Neste ano de 1993 verifica-se justamente o oposto que ocorreu no ano de 1987, ou seja a participação do setor industrial cai devido ao aumento da participação relativa do setor serviços e do surgimento de dados precisos sobre a extração mineral.

Mesmo que a participação de todos os municípios da Região Carbonífera, exceto Eldorado do Sul, tenha caído em relação ao total do Estado, alguns deles apresentaram um crescimento importante no seu setor industrial como Arroio dos Ratos e Triunfo, porém não foram suficientes para anular os efeitos dos aumentos nos demais setores da economia, o que promoveu a queda da participação relativa do setor industrial em relação a 1987.

A agricultura apresentou um pequeno aumento na sua participação na Região Carbonífera, tomando também uma parte do espaço deixado pela indústria. Os aumentos desse setor decorrem principalmente naqueles municípios que atualmente ainda apre-

sentam um perfil econômico voltado para a agricultura, já ressaltados na seção anterior, como São Jerônimo, Minas do Leão e Barão do Triunfo.

A participação relativa do comércio também apresentou em 1993, em relação a 1987, uma queda de mais de três pontos percentuais. Percebe-se, nesse período, que os principais centros de comércio da Região Carbonífera deslocaram-se de Butiá e Charqueadas para Eldorado do Sul e Triunfo. Estes municípios, juntos, passaram a representar mais de 50% do valor adicionado gerado no setor comercial da Região Carbonífera.

Por fim, os Serviços foi aquele setor que apresentou a maior expansão na Região Carbonífera. Sustentado principalmente pelo crescimento do setor industrial, os Serviços expandiu-se principalmente no município de Triunfo, que passou a responder por mais de 53% do valor adicionado gerado nesse setor.

## **EVOLUÇÃO ECONÔMICA ENTRE 1982/93, POR MUNICÍPIO**

Nesta seção, será visto de maneira mais desagregada a evolução da participação de cada setor na economia dos municípios, já que será analisado como eles se comportaram no período em questão e como cada município participava da geração de valor adicionado do Estado.

Este estudo foi feito para os anos de 1982, 1985, 1990 e 1993 visando dar abrangência suficiente para a análise, no que se refere aos dados relativos a todos os municípios que compõe a Região Carbonífera, incluindo aqueles que vieram a se emancipar mais recentemente.

Ressalva-se a inexistência de dados de valor adicionado, para 1982 e 1985, relativos à extrativa mineral da Região Carbonífera, principalmente no que se refere ao carvão mineral. A fonte utilizada para 1990 e 1993, que foram os dados originais da Secretaria da Fazenda, apresentam os valores relativos à produção de carvão, podendo refletir melhor a realidade local no que concerne à geração de valor adicionado.

**Tabela 5**  
**ESTRUTURA SETORIAL DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA**  
**ENTRE 1982/93 (%)**

Municípios e setores	1982	1985	1990	1993
<b>ARROIO DOS RATOS</b>				
- Indústria Geral	22,8	37,7	32,4	53,3
- Extrativa Mineral	-	-	25,4	4,2
- Agricultura	44,4	33,4	20,4	21,9
- Comércio	32,8	28,8	4,7	6,7
- Serviços	0,0	0,1	17,2	13,8
- TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
Participação no RS	0,044	0,038	0,130	0,063
<b>BUTIÁ</b>				
- Indústria Geral	28,4	30,7	12,4	9,7
- Extrativa Mineral	-	-	41,9	52,1
- Agricultura	46,7	44,2	16,46,3	9,3
- Comércio	24,8	25,1	23,0	8,2
- Serviços	0,0	0,0	100,0	20,6
- TOTAL	100,0	100,0	0,220	100,0
Participação no RS	0,100	0,083	0,220	0,140
<b>CHARQUEADAS</b>				
- Indústria Geral	90,3	94,6	83,6	75,7
- Extrativa Mineral	-	-	3,8	10,3
- Agricultura	0,5	0,8	0,5	1,1
- Comércio	9,2	4,6	3,7	8,9
- Serviços	0,0	0,0	8,5	13,3
- TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
Participação no RS	0,340	0,580	0,380	0,300
<b>SÃO JERÔNIMO</b>				
- Indústria Geral	9,2	10,5	18,6	8,7
- Extrativa Mineral	-	-	3,2	1,3
- Agricultura	43,7	50,2	38,6	45,1
- Comércio	47,0	38,8	24,5	22,8
- Serviços	0,1	0,5	15,0	22,1
- TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
Participação no RS	0,110	0,090	0,110	0,090
<b>NÚCLEO BÁSICO</b>				
- Indústria Geral	61,8	76,1	48,8	47,7
- Extrativa Mineral	-	-	17,6	13,8
- Agricultura	17,8	12,2	13,0	12,0
- Comércio	20,4	11,6	5,9	10,5
- Serviços	0,0	0,1	14,6	16,5
- TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
Participação no RS	0,590	0,790	0,840	0,590
<b>BARÃO DO TRIUNFO</b>				
- Indústria Geral	-	-	-	0,3
- Extrativa Mineral	-	-	-	-
- Agricultura	-	-	-	89,6
- Comércio	-	-	-	4,1
- Serviços	-	-	-	6,0
- TOTAL	-	-	-	100,0
Participação no RS	-	-	-	0,012

**Tabela 5**  
**ESTRUTURA SETORIAL DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA**  
**ENTRE 1982/93 (%) (conclusão)**

Municípios e setores	1982	1985	1990	1993
<b>ELDORADO DO SUL</b>				
- Indústria Geral	-	-	81,3	75,8
- Extrativa Mineral	-	-	-	0,0
- Agricultura	-	-	2,9	6,2
- Comércio	-	-	7,0	9,3
- Serviços	-	-	8,7	8,7
- TOTAL	-	-	100,0	100,0
Participação no RS	-	-	0,490	0,500
<b>GENERAL CÂMARA</b>				
- Indústria Geral	1,0	1,6	2,8	0,0
- Extrativa Mineral	-	-	0,2	6,5
- Agricultura	87,2	89,8	81,3	63,3
- Comércio	11,8	7,6	8,1	14,7
- Serviços	0,0	0,9	7,7	15,8
- TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
Participação no RS	0,054	0,049	0,049	0,031
<b>MINAS DO LEÃO</b>				
- Indústria Geral	-	-	-	0,4
- Extrativa Mineral	-	-	-	62,8
- Agricultura	-	-	-	21,7
- Comércio	-	-	-	5,2
- Serviços	-	-	-	9,9
- TOTAL	-	-	-	100,0
Participação no RS	-	-	-	0,040
<b>TRIUNFO</b>				
- Indústria Geral	51,2	97,8	90,3	91,2
- Extrativa Mineral	-	-	0,4	0,2
- Agricultura	34,9	1,5	1,5	1,3
- Comércio	13,4	0,7	0,5	1,5
- Serviços	0,0	0,0	7,2	5,7
- TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0
Participação no RS	0,120	2,600	3,100	3,070
<b>TOTAL DO RGS</b>	<b>0,77</b>	<b>3,44</b>	<b>5,87</b>	<b>4,25</b>

Fonte: SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO DO RS. *Aspectos socioeconômicos dos municípios do Rio Grande do Sul, 1983, 1986, 1991 e 1992* e Klering (1994, p.149-195).

A análise da extrativa mineral fica mais profícua na seção seguinte, que utiliza dados obtidos junto às empresas que extraem carvão mineral na área (CRM e Copelmi Ltda). Pode-se perceber, claramente, a relevância deste setor em vários municípios da Região Carbonífera.

Como se pode observar na Tabela 5, em 1982, a maioria dos municípios da Região Carbonífera ainda apresentava uma agricultura com grande participação em suas economias. Dentro do Núcleo Básico, municípios como Arroio dos Ratos, Butiá e São Jerônimo ainda possuíam quase a metade da seu produto originário do setor agropecuário.

Entretanto, como o município de Charqueadas possui em núcleo industrial relativamente forte (formado por empresas como a Aços Finos Piratini, Eletrosul e Copesul), o seu valor adicionado sobrepuja em muito aquele gerado pelos demais setores no interior do Núcleo Básico.

Constata-se que o valor adicionado pela indústria forma cerca de 62% do produto gerado pelos municípios do Núcleo Básico, seguido do comércio (20,4%) e da Agricultura (17,8%). O Comércio tem presença mais marcante no município de São Jerônimo, que apresenta quase metade do seu valor adicionado oriundo deste setor. Enquanto que os Serviços quase não se representa na Região Carbonífera, de sorte que a população regional precisa deslocar-se basicamente para Porto Alegre para a satisfação de suas necessidades de prestação de serviços.

Fora do Núcleo Básico, apenas dois municípios apareciam nos dados relativos à Região Carbonífera: General Câmara e Triunfo. O primeiro se caracteriza por apresentar uma economia tipicamente rural, sendo 87,2% de seu valor adicionado gerado no setor agrícola. Justamente por essas características, a sua participação no Rio Grande do Sul só é superior a do município de Arroio dos Ratos (0,054%, contra 0,044%). Este último município, em 1982, ainda apresentava uma economia bastante incipiente, já que por ser um município relativamente novo, ainda não possuía uma economia mais estruturada.

Já o município de Triunfo, em 1982, começava a dar os primeiros passos em direção à implantação de seu Pólo Petroquímico. Nesse ano, já se instalava a Copesul, elevando a participação relativa do valor adicionado pela indústria no produto total do município. Com isso, mudou substancialmente o antigo perfil agrícola de Triunfo, uma vez que a partir daí a indústria passou a responder por mais da metade do valor adicionado do município.

Da mesma forma, o complexo industrial instalado em Charqueadas deu a este município, em 1982, o posto de economia industrial mais representativa da Região Carbonífera. A seguir, a importância coube, nesse ano, ao município de Triunfo, que ainda viria a desenvolver suas potencialidades. São Jerônimo, a terceira economia em importância, um dos municípios mais antigos da Região Carbonífera, possuía, em 1982, apenas 9,2% de seu valor adicionado gerado no setor industrial.

Desse modo, neste ano de 1992, a participação da Região Carbonífera ainda não chegava a 1% do total do Estado, com se percebe na Tabela 5. Isso se explica, entre outros fatores, porque a economia da Região Carbonífera ainda não estava completamente estruturada em termos industriais, com uma agricultura pouco expressiva em termos quantitativos, apresentando ainda alguns municípios relativamente novos.

O melhor exemplo desta estrutura econômica incipiente da Região Carbonífe-

ra está no setor serviços, que só aparece de maneira pouco expressiva em três municípios: São Jerônimo com 0,1% de seu valor adicionado total e General Câmara e Triunfo com este setor participando com apenas 0,01% do total do produto respectivo. Até mesmo na indústria pode se notar certa fragilidade, a qual ainda apresentava-se em um segundo plano na maioria dos municípios da Região Carbonífera.

No ano de 1985, a economia da Região Carbonífera já começava a apresentar uma maior estruturação, principalmente no setor industrial. Todos os municípios do Núcleo Básico, como também General Câmara e Triunfo, passam a apresentar maior crescimento na participação relativa do valor adicionado dos setores produtivos, como se percebe pelo exame da Tabela 5.

Arroio dos Ratos e Charqueadas apresentam o crescimento mais significativo do setor industrial, dentre aqueles municípios que compõe o Núcleo Básico. O primeiro, neste período, passa a apresentar uma economia onde o setor industrial se torna o mais importante, tomando a posição que era da agricultura, como foi visto no ano de 1982.

Já Charqueadas, ainda em 1985, está usufruindo os efeitos da instalação do complexo industrial na cidade, com um setor industrial com participação crescente na geração de valor adicionado municipal, chegando a 94,6% de seu total em 1985.

Observando o Núcleo Básico, percebe-se, de maneira mais clara, a evolução da participação da indústria na economia do conjunto desses municípios, a qual cresce quase 15%. Este aumento tem como reflexo queda na participação relativa dos setores agrícola e comercial, principalmente.

Ainda dentro do contexto do Núcleo Básico, observa-se que a agricultura só se desenvolveu de maneira significativa no município de São Jerônimo, aumentando sua participação no total do município de 43,7% em 1982, para 50,2% em 1985. Enquanto o comércio só apresenta algum crescimento no município de Butiá, o que explica o fato destes setores terem perdido espaço na economia desse conjunto de municípios.

O que se percebe em General Câmara e em Triunfo são mudanças distintas em relação a 1982. General Câmara, tem seu perfil agrícola acentuado, com a indústria gerando apenas 1,6% do produto total.

No caso de Triunfo, ocorreu entre 1982/85 a instalação do Pólo Petroquímico no município. Nesse período, Triunfo elevou a sua participação no conjunto do Estado, passando de 2,6% do valor adicionado gerado no Rio Grande do Sul, para 3,1%.

Portanto, ainda que os demais setores não tenham se tornado menos produtivos, o aumento do valor adicionado total do município derivou do aumento da dimensão do setor industrial, com reflexos no comércio e nos serviços. Aceitando-se a veracidade dos dados da Tabela 5, em que a participação do comércio se reduziu entre 1982 e 1985, conclui-se que os impactos do aumento do emprego e da renda do município ocorreu em outros municípios vizinhos ou mesmo em Porto Alegre.

No que diz respeito a participação da Região Carbonífera no Estado, entre 1982 e 1985, que passou de 0,77% em 1982, para 3,44% em 1985, nota-se que esta elevação deveu-se essencialmente aos pólos industriais da Região Carbonífera, principalmente o de Triunfo, ainda que Charqueadas também tenha aumentado a sua participação no Estado, como pode ser visto na Tabela 5. Aliás, o aumento da participação no Rio Grande do Sul é um fenômeno que só se verifica nesses dois municípios, o que expressa

a existência de um período pouco favorável para a maioria dos municípios da Região Carbonífera na primeira metade da década de oitenta.

Para se obter a estrutura da Região Carbonífera em 1990 e em 1993, como já foi dito, utilizou-se de dados da Secretaria da Fazenda, o que somado ao fato de serem mais recentes, apresenta um delineamento mais marcante da estrutura produtiva de cada município, o que pode ser exemplificado pela apresentação para esta ano em diante dos dados sobre a extração de minerais e serviços, até então pouco conhecidos.

Além disso, esses dados já trazem presentes as informações sobre o município de Eldorado do Sul, que emancipara-se de Guaíba em 1988 e que, como já foi visto e aqui será ratificado, tornou-se com o passar do tempo um dos municípios mais expressivos da Região Carbonífera.

Entre 1985 e 1990, percebe-se um maior crescimento daqueles setores que se encontram mais fragilizados. Assim, também a entrada dos dados do setor extrativo mineral também distribuiu de forma um pouco mais homogênea a estrutura produtiva da economia dos municípios.

Com base nisto é possível perceber que em 1990 o setor serviços surge com uma participação relativamente forte tanto no Núcleo Básico como no total da Região Carbonífera. Alguns municípios como Butiá e Charquedas já apresentam este setor como o segundo mais importante em geração de valor adicionado na economia municipal, devido principalmente desenvolvimento da indústria.

Essa maior participação do setor serviços se reflete no Núcleo Básico que já o apresenta em 1990 à frente do comércio e da agricultura. Os demais municípios que compõe a Região Carbonífera em 1990, Eldorado do Sul, General Câmara e Triunfo, também apresentam este setor variando entre o segundo e o terceiro lugares em importância em suas economias, como se pode verificar na Tabela 5.

Nota-se que o setor extrativo tem grande importância em alguns municípios que compõe o Núcleo Básico, como Butiá e Arroio Ratos. A extração de carvão mineral é altamente relevante nestes municípios e também em Charqueadas, pela presença em seus territórios das minas de Butiá-Leste, Recreio e Leão I em Butiá, Faxinal em Arroio Ratos e Charqueadas no município de mesmo nome. Isto faz com que este setor se caracterize como mais importante em Butiá, e o segundo neste sentido em Arroio dos Ratos e em Charquedas. No conjunto do Núcleo Básico, ele corresponde a 17,6% do total do valor adicionado total.

Por fim, em 1993, tendo-se os dados para todos os setores no conjunto dos municípios que compõe a Região Carbonífera, percebe-se que a redução da extração de carvão mineral da mina de Faxinal em Arroio dos Ratos a partir de 1989, de 25,4% de seu valor adicionado total, para 4,2%, acaba afetando a participação da produção mineral no conjunto do Núcleo Básico, de 17,6% em 1990, para 13,8% em 1993. Nesse período, a participação do valor adicionado no setor industrial e na agricultura, em seu conjunto, também se reduz cerca de 1%, com maior participação dos setores de comércio e serviços. A recessão do nível nacional, afetando os investimentos, acabou se refletindo a nível regional.

Ainda em relação à extração de carvão, Butiá observa ainda um crescimento de sua participação no valor adicionado total, passando de 41,9% para 52,1%, entre 1990/

93. Isso se deve ao incremento da extração de carvão das minas lá existentes. No entanto, a emancipação de Minas do Leão reduziu a participação de Butiá no valor adicionado do conjunto do Estado, de 0,22% em 1990, para 0,14% em 1993.

Entre os municípios do Núcleo Básico, Charqueadas é o que apresenta a maior participação na economia Estadual, já que em 1985 respondia por quase 0,6% do Valor adicionado do RS, reduzindo contudo sua participação em 1993 para apenas 0,3%. Nesta situação, tem-se também uma maior participação do comércio e dos serviços no valor adicionado total do município, fato também percebido, via de regra, nos demais municípios da Região Carbonífera.

Alguns municípios de economia mais estruturada, como São Jerônimo, Triunfo e Eldorado do Sul, apresentaram variações relativamente naturais em suas estruturas produtivas. Destaca-se, em São Jerônimo, a indústria que perde espaço para a agricultura e o comércio, fenômeno que também ocorre em Eldorado do Sul.

O caso de São Jerônimo deve ser destacado, pois mesmo Barão do Triunfo tendo se emancipado, com suas características tipicamente rurais como se vê na Tabela 5, este município manteve a sua participação no Estado, entre 1990/93. O contrário ocorreu com Butiá, que perdeu terreno no cenário estadual. Com a emancipação de Minas do Leão, Butiá perdeu grande parte da extração de carvão da Região Carbonífera.

Por fim, percebe-se que os dois conjuntos de municípios apresentados nesta análise, o Núcleo Básico e a Região Carbonífera como um todo, perderam participação no Estado, entre 1990 e 1993. Se não fosse a crise econômica do início dos anos noventa, poder-se-ia dizer que isso seria uma consequência da onda emancipacionista no Rio Grande do Sul, já que isso tende a atomizar ainda mais o valor adicionado do Estado, desconcertando os núcleos da economia estadual. De qualquer forma, houve uma redução da velocidade que havia alcançado o crescimento da Região Carbonífera dos últimos anos, a qual conheceu no período de 1985 a 1990 uma época áurea de expansão acelerada.

Em suma o dinamismo da Região Carbonífera, entre 1982/93, se deve à localização de novas indústrias na área, como o Pólo Petroquímico de Triunfo. O aumento da extração de carvão, bem como a implantação de atividades absorvedoras deste mineral na área poderá modificar ainda mais a estrutura econômica da Região Carbonífera. A evolução da indústria extrativa de carvão mineral será vista com mais detalhes na próxima seção.

## **Evolução da extração de carvão mineral por município entre 1980/1994**

A insuficiência de informações mais claras sobre a extração de minerais para os primeiros anos deste estudo, tornaram necessário um esclarecimento maior desta questão.

As reservas de carvão do RS totalizam 28 bilhões de toneladas, enquanto o total das reservas brasileiras é 32 bilhões. Dessa forma nota-se que o RS concentra 87,5% das ocorrências de carvão mineral do País (CEM, 1988). No entanto, a produção do Estado é oito vezes menor do que a produção catarinense, pois carvão gaúcho torna-se menos interessante economicamente, já que está excluído da siderurgia clássica, dada à alta quantidade de cinzas que ele contém.

Devido a isso a produção gaúcha é totalmente consumida na termoelectricidade

(Candiota, Charqueadas, São Jerônimo), na siderurgia gaúcha (Aços Finos Piratini) e como combustível substituto para os derivados do petróleo (fabricação de cimento principalmente). As cinzas de carvão mineral podem ser utilizadas na fabricação de alguns produtos, como tijolos, cimento, estruturas de concreto, na estabilização de solos para leiões de rodovias, etc.

A atividade extrativa de carvão mineral na Região Carbonífera efetua-se em duas jazidas: a de *Charqueadas*, que responde por 10% das reservas gaúchas de carvão e que esta localizada no delta do Jacuí, entre as cidades de São Jerônimo e de Canoas; e a de *Leão*, cujas reservas representam 9% do total do Estado e situa-se a oeste de Charqueadas, nos municípios de Butiá e de Rio Pardo, próximo do Rio Jacuí.

A extração de carvão é efetuada na Região Carbonífera pelas empresas Copelmi Mineração Ltda e Companhia Rio-grandense de Mineração (CRM). A primeira atua na jazida de Charqueadas, na mina de mesmo nome, nas minas dos municípios de Arroio dos Ratos (Faxinal, Calombo e Butiá-Leste) e na mina de Recreio, situada em parte no município de Butiá e, em parte, em Minas do Leão. Já a CRM atua na extração de carvão mineral nas demais minas do município de Minas do Leão (Leão I, Leão II e Taquara), no município de Cachoeira na mina de Iruí e no município de Candiota na jazida de mesmo nome.

A Tabela 6 apresenta a extração de carvão mineral bruto, ou *run of mine*, que é o carvão como ele sai da mina, ou seja num bloco junto com alguns outros minerais, como argila, ferro, materiais orgânicos, etc., ou seja antes de ser beneficiado, quando esses outros minerais serão retirados do referido bloco.

Nos anos de 1980 e 1981, a atividade extrativa na Região Carbonífera restringia-se aos municípios de Charqueadas e de Butiá, já que Minas do Leão ainda era distrito deste último. A extração se restringia a três minas, sendo que a mina de Recreio respondia por mais de 50% da extração de carvão da Região Carbonífera, em 1980, e mais de 60%, em 1981.

Em 1982, entrou em atividade a mina de Faxinal em Arroio dos Ratos, com uma produção equivalente a 4% do total da Região Carbonífera, onde ainda se sobressaía a mina de Recreio, em Butiá, respondendo por quase 70% do carvão mineral extraído nestas jazidas, como se vê na Tabela 6.

Em 1983, a nova mina de Faxinal teve um aumento de produtividade e passou a responder por 25,4% da extração total de carvão da Região Carbonífera. Este ano, dentre os quatorze aqui estudados, é o que apresenta o maior nível de extração de carvão na Região Carbonífera, pois além da mina de Faxinal neste ano ter alcançado a sua produção máxím, o mesmo aconteceu com Charqueadas, e a mina de Recreio, que é sem dúvida muito importante, atingiu o seu terceiro melhor desempenho.

**Tabela 6**  
**PRODUÇÃO DE CARVÃO MINERAL (RUN OF MINE) POR MUNICÍPIO**  
**E POR MINA ENTRE 1980 E 1984 (1.000 T)**

Municípios - Minas	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Arroio dos Ratos - Faxinal	-	-	108	963	675	717	692	804	849	503	450	170	306	29	15
- Calombo	-	-	-	16	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Total	-	-	108	978	715	717	692	804	849	503	450	170	306	29	15
Butiá - Butiá-Leste	-	-	-	-	-	-	-	4	107	418	264	176	17	481	454
- Recreio*	1.077	1.329	1.581	2.135	2.122	2.189	2.455	1.889	1.700	1.093	1.075	990	1.265	1.057	1186
- Total	1.077	1.329	1.581	2.135	2.122	2.189	2.455	1.893	1.807	1.511	1.339	1.167	1.282	1.538	1640
Charqueadas - Charqueadas	367	277	307	336	270	170	195	188	199	209	73	-	-	-	-
- Total	367	277	307	336	270	170	195	188	199	209	73	-	-	-	-
Minas do Leão															
- Recreio*	1.077	1.329	1.581	2.135	2.122	2.189	2.455	1.889	1.700	1.092	1.075	990	1.265	1.057	1186
- Leão I	612	480	283	334	288	233	269	325	373	204	140	148	189	154	91**
- Leão II	-	11	7	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Taquara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	72	-
- Total	1.689	1.821	1.872	2.472	2.417	2.422	2.724	2.214	2.073	1.296	1.215	1.138	1.487	1.283	1277
TOTAL GERAL	2.057	2.098	2.287	3.787	3.402	3.309	3.611	3.211	3.228	2.427	2.003	1.485	1.810	1.792	1746

Fonte: DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Informativo anual da indústria carbonífera, 1981 a 1994.

Notas: \* Estes valores se referem à produção total da mina, mesmo estando ela situada parte no município de Minas do Leão e parte no município de Butiá. \*\* Este valor refere-se a soma da produção das minas de Taquara e Leão I.

Entre 1983 e 1988, como pode ser visto na Tabela 6, a produção total de carvão ainda se mantinha em um nível alto na Região Carbonífera, variou de entre 3.211 t, em 1987, a 3.787 t, em 1983. Recreio, que é a mina mais importante da Região Carbonífera, apresentou seu melhor desempenho em 1985 e em 1986. Esse desempenho, aliado à alta produção de Faxinal, compensou a queda da produção da mina de Charqueadas e o encerramento das atividades da mina de Calombo e de Leão II, em 1984.

Já em 1989 é possível perceber uma queda da extração de carvão mineral na Região Carbonífera. Mesmo com o crescimento da mina de Butiá-Leste, que entrou em atividade em 1987, a queda da produção das minas de Recreio e Faxinal, que haviam promovido no período anterior as maiores produções dos municípios e da Região Carbonífera nesta área, fizeram com que a produção da Região Carbonífera caísse quase 25%, em relação a 1988. A queda em relação a 1983, o melhor ano na extração de carvão, foi mais de 35%.

A partir de então já se começou a perceber uma queda sucessiva na produção da Região Carbonífera até 1994, pois se acentua a redução na produção das minas de Recreio e Faxinal, como já foi dito, são as mais importantes da Região Carbonífera. Este

fenômeno também se verificou em outras minas menos importantes como Leão I e Charqueadas, que em 1990 já haviam encerrado suas atividades. Mesmo que em 1993 e 1994 a mina de Butiá-Leste tenha apresentado sua maior produção, como se observa na Tabela 6, chegando a representar quase 27% da produção da Região Carbonífera, não foi possível reverter esta situação, ainda que também tenha entrado em funcionamento a mina de Taquara, no município de Minas do Leão.

Por fim, a previsão das empresas que trabalham na Região Carbonífera é a de que se tenha uma produção para os próximos anos nos mesmos moldes de 1994, apresentando somente um incremento nas atividades extrativas na mina de Taquara, o que seria compensado por um horizonte de queda na produção da mina de Leão I, no que diz respeito a CRM. Já a Copelmi prevê para o período de 1995-1998 uma produção muito semelhante a de 1994 para todas as suas minas, exceto Faxinal que voltaria a produzir algo semelhante ao qual foi produzido em 1991. Estas previsões das duas empresas, levam a acreditar em um aumento da extração da ordem de 11% em relação a 1994, para os próximos 4 anos.

## **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POPULAÇÃO E DO EMPREGO INDUSTRIAL DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL**

Como foi visto no capítulo anterior, a Região Carbonífera assumiu ao longo do tempo uma participação crescente no cenário econômico estadual. Partindo de 1982 com uma participação de 0,80% no produto total do Estado do Rio Grande do Sul, ela chegou em 1993 a uma participação de 4,3% desse total (Tabela 5). Baseando-se nos dados anteriormente apresentados, é fácil perceber que este aumento de 3,5% na participação da economia municipal na economia estadual deveu-se, em grande parte, à expansão do setor industrial, verificada em quase todos os municípios da Região Carbonífera.

No entanto, mesmo que o setor industrial seja extremamente importante na economia do conjunto dos municípios, pela análise individual destes, será possível constatar que o produto industrial da Região Carbonífera não é homoganeamente distribuído. Em determinados municípios, a agricultura e o setor terciário apresentam uma participação maior no produto total do que o setor industrial. Esses municípios aparecem com uma participação inferior na Região Carbonífera, em relação aos municípios com um setor industrial de maior importância em suas economias.

Isto se torna mais evidente naquelas tabelas que tomam por base o valor adicionado, pois o produto industrial é o que acresce maior valor à matéria-prima ao gerar o produto final. Contudo, esta é uma ressalva de menor importância, pois a maioria dos municípios estudados apresenta a maior parte de seu produto originado da indústria.

Desta forma, aceitando a suma importância do setor industrial para a economia da Região Carbonífera, torna-se necessário analisar a distribuição do emprego industrial local. Este indicador é capaz de fornecer, com um nível aceitável de confiança, a importância de cada gênero industrial no conjunto da economia.

Através da utilização da variável emprego industrial, será possível perceber a dinâmica do desenvolvimento dos gêneros industriais, apontando aqueles que tiveram maior ou menor crescimento, inclusive assinalando as prováveis causas dessas variações. Será possível, também, observar os efeitos das principais políticas econômicas sobre o nível de emprego, e até que ponto elas foram determinantes do comportamento futuro dessa variável.

Tendo por base os dados já apresentados e as tabelas a seguir, que indicarão o número de pessoas empregadas em cada gênero industrial nos anos de 1982, 1984, 1988, 1992 e 1993, tentar-se-á mostrar um perfil da distribuição espacial do emprego no setor industrial para a Região Carbonífera. Sempre que possível, a análise será enriquecida através da apresentação do comportamento dessa variável dentro dos municípios mais importantes em cada gênero industrial.

Mesmo tendo-se feito muito esforço, a falta de regularidade no tempo das emancipações dos municípios fez com que se utilizasse tais anos para a análise, isso não permitiu que os municípios mais novos da Região Carbonífera (Minas do Leão e Barão do Triunfo) tivessem dados suficientemente consistentes sobre o emprego industrial. No entanto, mesmo que pouco representativos, estes dados estarão presentes nas informações globais da Região Carbonífera.

## **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO EMPREGO INDUSTRIAL NOS ANOS 80**

A Tabela 7, a seguir, que servirá de base para a apresentação deste capítulo, apresenta o emprego por gênero industrial para a totalidade da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul. Segue em anexo tabelas individualizadas para cada um dos municípios que compõe a Região Carbonífera, nas quais constam o número de empregados, bem como sua variação percentual, para os anos de 1982, 1984, 1988 e 1992, das indústrias classificadas por gênero.

Esta tabela pode ser complementada pela Tabela A2, em anexo, que fornece uma visão geral do número de empregados das empresas da Região Carbonífera cadastradas na FIERGS, entre 1991/92 e 1994/95. No entanto, deve se ter presente a diferença na metodologia utilizada pelas duas instituições - FIERGS e Secretaria da Fazenda.

A principal diferença que se deve considerar na comparação dos dados dos períodos de 1991/92 e 1994/95 com os anteriores, é que a FIERGS utiliza como base somente os dados relativos às empresas cadastradas naquela instituição. Por outro lado, a Secretaria da Fazenda utilizando-se da mesma metodologia do IBGE, adota o conceito de *Unidade de Produção*, podendo uma mesma unidade física (ou jurídica) possuir mais de uma Unidade de Produção, desde que estas se utilizem de matérias-primas diferentes ou de processos produtivos distintos. Assim na metodologia utilizada pela Secretaria da Fazenda, a idéia de estabelecimento é a mesma de Unidade de Produção. De forma que, nos dados desta instituição, o número de empregados pode aparecer mais desmembrado e mais rigorosamente classificados por gênero industrial.

Nesta seção, serão utilizados somente os três primeiros anos (1982, 1984 e 1988). Com esses três anos, procurou-se representar a década de 80, pois o ano de 1982

é o de início das atividades da primeira empresa do Pólo Petroquímico de Triunfo (Copesul), e o ano de emancipação do município de Charqueadas, possuidor do terceiro maior PIB da Região Carbonífera.

O ano de 1984 tem sua importância associada ao fato de representar um período onde os fatos mais importantes do ano de 1982 já se encontram estabilizados. Por fim, 1988 tem sua importância justificada por ser o ano da inclusão do município de Eldorado do Sul na Região Carbonífera.

**Tabela 7**  
**NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL**  
**DO EMPREGO O SETOR INDUSTRIAL DA REGIÃO CARBONÍFERA**  
**DO RIO GRANDE DO SUL, ENTRE 1982/1993**

GÊNERO DE	1982			1984			1988			1992			1993			Variação % 1993/82
	Empr.	Empr.	% 84/82	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	Empr.	% 92/88	Empr.	Empr.	% 93/92				
INDÚSTRIA	Empr.	Empr.	% 84/82	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	Empr.	% 92/88	Empr.	Empr.	% 93/92				
00 Extração de Minerais	-	4	-	1	-75,0	181	18000,0	-	-	-	-	-	-	-	-	
10 Minerais Não-Metálicos	66	54	-18,2	645	1.094,4	534	-17,2	627	17,4	850,00						
11 Metalúrgica	2479	2.531	2,1	2.894	14,3	2.104	-27,3	389	-81,5	-84,31						
12 Mecânica	139	311	123,7	286	-8,0	402	40,6	386	-4,0	177,70						
13 Mat. Elétric. e de Comunic.	-	-		20		21	5,0	21	0,0							
14 Material de Transporte	11	39	254,5	141	261,5	81	-42,5	87	7,4	690,91						
15 Madeira	176	278	58,0	244	-12,2	165	-32,4	173	4,8	-1,70						
16 Mobiliário	8	172	2050,0	111	-35,5	144	29,7	132	-8,3	1.550,00						
17 Papel e Papelão	-	-	-	15		-		-								
18 Borracha	153	-		-	-	1	-	331	33.000,0	116,34						
19 Couro, Peles e Similares	2	2	0,0	56	2.700,0	1	-98,2	1	0,0	-50,00						
20 Química	101	1.838	1.719,8	1.884	2,5	4.129	119,2	1.147	-72,2	1.035,64						
22 Perfumaria, Sabões e Velas	1	1	0,0	1	0,0	-	-	1	-	0,00						
23 Prod. de Matéria Plástica	917	1.227	33,8	1.445	17,8	34	-97,6	1.271	3.638,2	38,60						
24 Têxtil	12	8	-33,3	995	12337,5	383	-61,5	17	-95,6	41,67						
25 Vest., Calçados e Art. Tec.	21	59	180,9	342	479,7	241	-29,5	450	86,7	2.042,86						
26 Produtos Alimentares	174	185	6,3	1.058	471,9	1.126	6,4	1.044	-7,3	500,00						
27 Bebidas	1377	59	-95,7	71	20,3	69	-2,8	71	2,9	-94,84						
29 Editorial e Gráfica	25	7	-72,0	13	85,7	121	830,8	112	-7,4	348,00						
30 Diversas	-	-	-	3	-	19	533,3	1.700	8.847,4	-						
TOTAL GERAL	5.662	6.775	19,7	10.225	50,9	9.756	-4,6	7.960	-18,4	40,59						

Fontes dos dados brutos: SECRETÁRIA DO DESENVOLVIMENTO DO RS. *Aspectos socioeconômicos dos municípios do Rio Grande do Sul 1983, 1986, 1991/92*. Porto Alegre: Secretaria da Fazenda do RS, 1993.

Os dados utilizados para elaboração da Tabela 7, tanto para o item 3.1, como para o seguinte, foram retirados da publicação da Secretaria do Desenvolvimento do Estado do Rio Grande do Sul *Aspectos socioeconômicos dos municípios do Rio Grande do Sul*, cuja fonte dos dados de emprego é o da Secretaria da Fazenda do Estado. Cabe ressaltar, ainda, que, para 1993, os dados foram obtidos diretamente na Secretaria da Fazenda.

Ainda antes de iniciar a análise da Tabela 7, convém ressaltar finalmente que, da mesma forma como ocorreu nos itens 2.2 e 2.3, os dados sobre extração de produtos minerais são pouco confiáveis; apenas os dados de 1992 podem ser considerados, devido aos problemas de classificação do emprego da indústria extrativa mineral para os demais anos da série.

## **Distribuição espacial do emprego no ano de 1982**

No ano de 1982, não se nota ainda uma estrutura industrial bem definida na Região Carbonífera. Como foi dito anteriormente, nesse ano estão se instalando as primeiras empresas do Pólo Petroquímico de Triunfo; além disso, Eldorado do Sul, que apresenta um dos maiores pólos industriais da Região Carbonífera, ainda não havia se emancipado do município de Guaíba. Assim, o que se percebe é uma estrutura industrial bastante incipiente, o que dá a este ano apenas o caráter de ponto de referência, quanto à importância da introdução desses fatores no contexto da Região Carbonífera.

Iniciando a análise pelo gênero Minerais Não-Metálicos, que atingiu apenas 66 empregados em 1982, percebe-se que ele está concentrado nos municípios de Arroio dos Ratos e São Jerônimo (74%), mas em 1988, a concentração afirma-se no município de Eldorado do Sul. No entanto, este não chega a ser um gênero representativo, dentro da indústria de transformação da Região Carbonífera.

O gênero Metalúrgica tem o total do seu emprego, no ano de 1982, amplamente ligado ao município de Charqueadas (2.479 na Região e 2.421 no município). O emprego dessa indústria caiu substancialmente a partir de 1988. Como será salientado mais adiante, durante todo o período analisado, a metalurgia na Região Carbonífera se relacionará diretamente com desempenho da Aços Finos Piratini (situada em Charqueadas, como já havia ficado claro anteriormente). Sendo esta uma das maiores empresas do Rio Grande do Sul, logicamente os seus efeitos sobre o perfil do seu ramo só poderiam ser altamente determinantes das variáveis da Região Carbonífera onde está situada.

Mesmo que em 1982 o município de Butiá ainda não possua uma indústria muito estruturada, como pode ser visto na Tabela 5, todo o emprego do gênero Mecânica encontra-se neste município. Sendo esta uma indústria bastante representativa no complexo industrial, será possível perceber que sua importância se manterá ao longo do período analisado, se caracterizando na base do emprego industrial deste município.

Já com os gêneros Material de Transporte e Madeira, percebe-se a importância do município de Triunfo na indústria da Região Carbonífera. Ainda que estas não sejam indústrias que irão posteriormente relacionar-se diretamente com a instalação do Pólo Petroquímico, nota-se uma preponderância de Triunfo no emprego deste gêneros na Região Carbonífera (Material de Transporte: 100% e Madeira: 94%), relevando-se a pequena expressividade destes nos demais município da Região Carbonífera.

Alguns gêneros ainda apresentam-se pouco expressivos em 1982; ao longo do tempo alguns tenderiam a se desenvolver outros a desaparecer. É o que ocorre como os gêneros Mobiliário, Couros, Peles e Similares e Perfumaria, Sabões e Velas.

Os principais gêneros industriais do setor petroquímico, em 1982, só apresentam emprego industrial no município de Triunfo. Com o passar do tempo, esta representatividade de Triunfo, na elaboração de produtos petroquímicos, tornaria-se ainda mais acentuada, ainda que surgissem outras indústrias do ramo, em outros municípios.

Assim, no ano de 1982, a totalidade do emprego industrial da Região Carbonífera, correspondente aos gêneros Borracha, Química e Produtos de Material Plástico, encontrava-se no município de Triunfo. O mais importante considerar nesta observação, é que o ano de 1982 é apenas o ano inicial de funcionamento do Terceiro Pólo Petroquímico.

Com a introdução de plantas industriais até certo ponto sofisticadas, em relação ao que era conhecido na época, a base do pessoal ocupado do gênero petroquímico encontrava-se no pólo inovador. Porém, é justamente a massificação dos conhecimentos técnicos, e da própria tecnologia utilizada, é que permitirá que outros municípios, ainda que em menor escala, venham a apresentar plantas industriais neste ramo de atividade. No entanto, mesmo que tradicionalmente as indústrias de bens intermediários sejam intensivas em capital, os gêneros ligados ao Pólo Petroquímico serão, ao longo deste período, os responsáveis pela maioria do emprego industrial da Região Carbonífera.

O gênero Têxtil, no ano de 1982, além de ser pouco representativo, apresentava-se totalmente concentrado no município de Arroio dos Ratos. Posteriormente, este gênero seria amplamente dominado pelo município de Eldorado do Sul (987 empregados em 1988), que até então constava nas estatísticas da Região Carbonífera Metropolitana - já que era distrito de Guaíba.

Completando o complexo têxtil da Região Carbonífera, o gênero Vestuário, Calçados e Artigos de Tecidos, por apresentar uma estrutura técnica mais simples do que o gênero Têxtil, já era um pouco mais difundido na Região Carbonífera, também por se caracterizar como um tipo tradicional de indústria. Mesmo não sendo também muito expressivo, encontrava-se o emprego industrial correspondente a este gênero em quatro dos seis municípios que compunham a Região Carbonífera, em 1982.

A indústria de produtos alimentares, neste ano de 1982, apresentava-se como a quinta mais representativa na Região Carbonífera, segundo o número de empregados. Com relação a este gênero, destaca-se o município de Arroio dos Ratos, com uma participação de mais de 48% no total da Região Carbonífera. Será possível perceber, mais adiante, que, com a entrada do município de Eldorado do Sul na Região Carbonífera, o número de empregados deste gênero crescerá oito vezes.

A particularidade da indústria de produtos alimentares é sua presença em todos os municípios que formavam a Região Carbonífera naquele ano, ao contrário de outras indústrias muito mais representativas segundo o número de empregados, porém completamente concentradas. Sabendo que esta questão da dispersão do emprego dos gêneros industriais, está ligado diretamente ao tamanho necessário para que a planta gere resultados positivos, como a indústria de produtos alimentares, de maneira geral, não apresenta grande complexidade tecnológica, a sua difusão é bem maior. Sua localização segue a distribuição espacial da população.

O segundo gênero mais importante, em termos de emprego industrial da Região Carbonífera, em 1982, foi o gênero Bebidas. Perceber-se-á que, já em 1984, este gênero perderá muito de sua importância na Região Carbonífera, devendo corresponder ao fechamento de estabelecimentos ou sua transferência para outras regiões. Nesta indústria, o município mais importante neste período foi Triunfo, que respondia por mais de 95% do emprego deste gênero.

O ramo Editorial Gráfico apresenta uma importância não muito significativa, mas como Produtos Alimentares, apresenta-se bastante distribuído entre os municípios da Região Carbonífera. Também por representar um ramo tradicional da indústria, será possível perceber indústrias deste gênero em cinco dos seis municípios que compunham a Região Carbonífera em 1982.

Por fim, saliente-se que nesse ano de 1982 já se apresentam os primeiros traços do perfil industrial de Triunfo, pois o Pólo Petroquímico estava em fase de instalação. Neste sentido, observam-se passos decisivos na instalação das indústrias Química e de Matéria Plástica. Além disso, nota-se a importância desempenhada pela Aços Finos Piratini, que aumentou a participação do setor metalúrgico no emprego industrial, a ponto de elevá-lo à primeira posição em termos de emprego na Região Carbonífera.

### **Distribuição espacial do emprego no ano de 1984**

Desconsiderando o número de empregados do gênero Extração de Minerais, parte-se para uma análise daqueles gêneros que compõe a classe da indústria da transformação no ano de 1984. Numa análise conjunta da Tabela 7 e das tabelas individualizadas por município (em anexo), percebe-se que, nesse ano, em relação ao gênero Minerais Não-Metálicos os principais municípios são Arroio dos Ratos e Butiá, porém estas indústrias não chegam a se caracterizarem como atividades de peso na economia da Região Carbonífera, pelo menos no que diz respeito à absorção de mão-de-obra.

O gênero Metalúrgica, o mais representativo da Região Carbonífera em 1984, representava 37,3% do total do emprego industrial da Região Carbonífera, nesse ano. No entanto, a distribuição espacial do emprego deste gênero continua bastante heterogênea. Pode-se dizer que mais de 80% dos 2.864 empregados da Região, de 1984, eram da Aços Finos Piratini, situada em Charqueadas. Portanto, a metalurgia, mesmo tendo grande representatividade na Região Carbonífera, na análise por município percebe-se que somente em Charqueadas (e em escala muito inferior, em Arroio dos Ratos) este gênero não só é representativo como é a base da economia municipal.

O gênero Mecânica, com 311 pessoas empregadas em 1984 (crescendo mais de 123%, entre 1982 e 1984), localizava-se fundamentalmente no município de Butiá (284 empregados neste gênero industrial). Esta indústria, em termos de emprego, é a quarta mais importante na Região Carbonífera, sendo que em Butiá era a mais representativa, com mais de 65% do emprego industrial do município.

Em 1984, Material de Transporte, Madeira e Mobiliário estavam concentrados no município de Triunfo. A representatividade deste município nestas indústrias é saliente, já que praticamente a totalidade do emprego de Material de Transportes e Mobiliário estavam localizados em Triunfo. Na indústria de beneficiamento de Madeira, ainda

que este município não respondesse pela totalidade do emprego, a sua participação foi bastante significativa em 1984, com 63,3% do total da Região Carbonífera.

Aqui já é possível perceber o alto grau de industrialização do município de Triunfo, pois mesmo representando a base da indústria da Região Carbonífera nestes gêneros, no setor industrial do município o emprego por eles gerado representa pouco mais de 10% da totalidade do seu emprego industrial. Cabe ressaltar que isto ocorre mesmo não tendo estes setores uma grande relação capital/produto (exceto Material de Transporte).

Os gêneros industriais Couros, Peles e Similares e Perfumaria, Sabões e Velas são os menos expressivos da Região Carbonífera, em 1984. Ambos têm a totalidade do pessoal empregado em São Jerônimo, um município onde a indústria como um todo não chega a ser um setor representativo.

Nos gêneros Química e Produtos de Material Plástico, ocorre o mesmo fenômeno que se verificou nos gêneros Material de Transporte e Madeira, ou seja, a totalidade do pessoal ocupado da Região Carbonífera nestas indústrias exercem suas atividades em Triunfo. No entanto, ao contrário daqueles gêneros citados, estes, por estarem no plano do Pólo Petroquímico do município, representam 87,5% do emprego industrial gerado no município. Cabe ressaltar que na Região Carbonífera estes dois gêneros industriais representam juntos mais de 45% do total de seu emprego industrial, o que demonstra a importância do papel desempenhado pelo município de Triunfo na industrialização regional.

Mais importante, porém, é notar que no ano de 1984 o Pólo Petroquímico já apresenta-se bem mais estruturado. Logicamente, o forte crescimento verificado nestes gêneros é decorrência da instalação de novas empresas no município. Comparando-se as taxas de crescimento posteriores, pode-se afirmar que no ano de 1984 o Pólo Petroquímico já estava definitivamente instalado.

O município de Arroio dos Ratos tem participação fundamental no emprego do gênero Têxtil da indústria da Região Carbonífera, em 1984. Caso semelhante ocorre com o município de Charqueadas em relação ao gênero Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos que responde por mais de 91,5% dos empregos gerados na Região Carbonífera neste setor, mantendo-se, dessa forma, o que se verificava em 1982. Porém, estes dois gêneros não têm grande representatividade na indústria da Região Carbonífera, respondendo por menos 1% de seu emprego industrial, neste ano.

O gênero Produtos Alimentares é sem dúvida o que tem o seu emprego distribuído de maneira mais homogênea na Região Carbonífera, com foi dito anteriormente. Mesmo tendo caído para a quinta posição em termos de geração de emprego, continua com sua participação distribuída entre todos os municípios já emancipados neste ano (Arroio do Ratos: 28,1%, Butiá: 21,6%, Charqueadas: 5,4%, General Câmara: 4,3%, São Jerônimo: 16,2%, Triunfo: 24,3%).

Por fim, o gênero Editorial e Gráfica, por ser um dos menos representativos (sua participação na totalidade do emprego industrial da Região Carbonífera não chegava a 0,5%, em 1984) da indústria da Região Carbonífera. Este gênero se apresentava na maioria dos municípios já emancipados devido, entre outros fatores, ao fato desta ser uma atividade de bastante tradicional, com a característica de pouca absorção de mão-de-obra.

## Distribuição espacial do emprego no ano de 1988

O ano de 1988, como já foi dito anteriormente, tem como particularidade a emancipação do município de Eldorado do Sul. Será possível perceber, de maneira mais clara, nesta seção, a importância deste município para a Região Carbonífera, ressaltada nas páginas anteriores nos itens 2.1 e 2.3.

Inicialmente, desconsiderando o emprego referente à Indústria Extrativa, parte-se para a análise do gênero Minerais não-metálicos, e desde já se percebe a importância do município de Eldorado do Sul, em relação à indústria regional. Com a entrada deste município no cenário da Região Carbonífera, o pessoal empregado neste gênero subiu de 54 para 645, sendo a participação de Eldorado do Sul neste total igual a 90,2%.

Tanto no gênero Metalurgia quanto no gênero Mecânica, ocorreram poucas alterações, continuando Charqueadas e Butiá, respectivamente, como os municípios mais importantes em relação a estas indústrias. No entanto, cabe ressaltar que o aumento do emprego do setor Metalúrgico não está diretamente ligado ao desempenho do município de Charqueadas (sede da planta industrial da Aços Finos Piratini), já que se percebe uma queda de quase 5% nos postos de trabalho deste gênero no município. Isso mostra que, mesmo perdendo participação em Charqueadas, entre 1984 e 1988, a atividade metalúrgica continuou se expandindo para outros municípios da Região Carbonífera.

De acordo com os dados apresentados no ano de 1988, já é possível perceber a instalação de uma indústria do gênero “13- Material Elétrico e de Comunicações” na Região Carbonífera. Por isso esta indústria, estabelecida no município de Charqueadas, respondia pela totalidade do nível de emprego deste setor na Região Carbonífera. No entanto, no próprio município de Charqueadas este setor não chega a ser representativo, respondendo por menos de 1% do emprego gerado na indústria municipal.

O gênero Material de Transporte tem, no período compreendido entre 1984 e 1988, um crescimento substancial que se deve principalmente à emancipação do município de Eldorado do Sul. Isto pode ser constatado quando se vê que, do acréscimo de 102 empregados ocorridos no período, o município de Eldorado do Sul respondia por 79 destes empregos.

No que diz respeito ao setor madeireiro, a queda do emprego se deve principalmente ao declínio destas atividades no município de Butiá, principalmente e, em menor proporção, no município de Triunfo. Neste gênero industrial, nem mesmo a entrada de Eldorado do Sul, respondendo por quase 20% dos empregados desta indústria, foi capaz de sustentar o nível de emprego verificado anteriormente.

O gênero Papel e Papelão, freqüentemente utilizado para anteciper a tendência do ciclo de produção, por responder pela produção de embalagens para todos os tipos de produtos, principalmente industriais, na Região Carbonífera nunca teve maior importância. Isso se deve às características das indústrias locais, uma que as predominantes são essencialmente indústrias produtoras de bens intermediários, enquanto as principais indústrias consumidoras deste tipo de produto são as indústrias de bens de consumo.

Dessa forma, nota-se que, para os períodos analisados, o gênero Papel e Papelão só se faz presente em 1988, apontando os municípios de São Jerônimo e de Arroio

dos Ratos como os mais importantes nesta classificação. No entanto, além da representação muito pequena no total dos empregos da Região Carbonífera, as indústrias voltadas para a produção de artigos de papel e papelão, não se mantiveram ao longo do tempo no cenário industrial da Região Carbonífera.

No gênero Couro, Peles e Similares ocorreu o surgimento em Charqueadas da JGB Equipamentos de Segurança Ltda., uma indústria voltada para a fabricação de equipamentos de proteção industrial individual, como luvas, aventais, etc. Esta empresa foi a responsável pela totalidade dos empregados gerados neste setor, no ano de 1988.

Respondendo também por 98,2% dos empregados nas indústrias de Couro, Peles e Similares da Região Carbonífera, a JGB, por ter o couro como principal matéria-prima, era classificada neste gênero. Porém, como será visto mais adiante, esta classificação será alterada em 1992. A empresa será classificada na indústria do Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecido, uma vez que sua produção não se restringe somente ao beneficiamento de derivados de couro.

Nos gêneros Química e Produtos de Matéria Plástica, a Região Carbonífera continua apresentando Triunfo como o principal município no que diz respeito ao emprego industrial gerado nestas indústrias. A indústria Química sofreu uma pequena alteração, no sentido de ter aumentado a absorção de mão-de-obra; porém o gênero Produtos de Matéria Plástica, apresentou um aumento bastante superior, em torno de 17%. Cabe ressaltar que estes aumentos verificados no emprego destes dois gêneros da Região Carbonífera são derivados somente do crescimento industrial de Triunfo em relação a estes dois gêneros.

No caso dos gêneros Têxtil e Produtos Alimentares, percebe-se, como em diversos outros, que a emancipação de Eldorado do Sul promoveu um forte crescimento da importância regional destes dois gêneros. Nestes casos em particular, a alteração na distribuição do emprego vigente foi substancial.

Em 1984, notou-se que o setor Têxtil possuía um pequeno número de empregados, distribuídos principalmente entre Arroio dos Ratos e Charqueadas; já em 1988, o nível de emprego neste gênero apresentou-se bastante superior, fazendo com que o setor Têxtil se tornasse o quinto maior gênero industrial da Região Carbonífera, segundo o número de empregados. O município de Eldorado do Sul respondeu por 99,8% destes empregos.

No que diz respeito a Produtos Alimentares, o crescimento do emprego, que a fez se tornar a quarta indústria mais importante, segundo o número de empregados, deveu-se principalmente a esta emancipação e ao forte crescimento desse setor no município de Arroio dos Ratos.

Dentre os gêneros que tiveram um forte aumento no número de empregados, independentemente da emancipação de Eldorado do Sul, destacou-se Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos. Em 1984 o número de empregados desse gênero foi igual a 59; em 1988, essa cifra subiu para 342. Este crescimento deveu-se à implantação de unidades industriais deste gênero nos municípios de Arroio dos Ratos e Triunfo, que, juntos, passaram a responder por 75,1% do total de empregados deste gênero.

Os demais gêneros não mencionados são de pouca relevância para a Região Carbonífera, ou sofreram alterações muito pequenas, tanto no número de empregados, como na distribuição destes entre os municípios, como foi o caso de Perfumaria, Sabões e Velas e de Editorial Gráfica.

Em suma, no período de 1984 a 1988, a indústria da Região Carbonífera cresceu em 50,8%, segundo o número de empregados. Este crescimento deveu-se ao aumento do emprego industrial de quase todos os municípios, excetuando Charqueadas e Butiá. Porém, o que contribuiu fortemente para este crescimento foi a emancipação de Eldorado do Sul, que trouxe para a Região Carbonífera um grande número de empregos que anteriormente faziam parte do município de Guaíba, portanto da Região Metropolitana de Porto Alegre.

## **Distribuição espacial do emprego industrial nos anos 90**

Entre os anos que estão sendo aqui analisados, o de 1996 é o que possibilita uma análise mais profícua. As informações fornecidas pela Secretária da Fazenda, para este ano, além de apresentar dados por município como os demais, já apresenta as informações referentes aos distritos recentemente emancipados (Barão do Triunfo e Minas do Leão).

Neste ano também são apresentadas informações mais condicentes com a importância da extração de minerais para a Região Carbonífera. Porém, a importância no Núcleo Básico do número de empregos gerados por este gênero industrial ainda é pouco relevante. Destaca-se, neste gênero, a participação de Eldorado do Sul e de Triunfo, que respondem por 44,2% e 23,2% do emprego, respectivamente, ficando outros municípios como Arroio dos Ratos, Butiá e Charqueadas com uma participação bastante inferior.

Será possível perceber, na análise dos anos noventa, o forte impacto que teve a recessão deste período sobre a economia da Região Carbonífera. Como já foi dito em itens anteriores, a recessão tende a atingir principalmente àquelas economias baseadas na produção industrial, e em menor escala àquelas cujo setor comercial e agrícola têm importância maior. Isso pode ser confirmado, pelo aumento da participação das economias menos desenvolvidas na economia da Região Carbonífera (como General Câmara, por exemplo).

Este processo de enfraquecimento que sofreu a indústria, devido a recessão do início dos anos noventa, fez com que o nível de emprego neste setor sofresse uma queda importante entre 1988 e 1992, como será visto a seguir. Esta queda foi tão significativa, que o nível de emprego industrial da Região Carbonífera não se restabeleceu até 1993, como indicam os últimos dados deste trabalho (10.225 em 1988, para 9.756 em 1992 e para 7.960 em 1993).

Nos gêneros Minerais não-metálicos e Metalurgia, verifica-se que ocorreram quedas no emprego, entre 1988 e 1992. A redução de 17,2% no emprego do gênero Minerais não metálicos decorreu, principalmente, da queda de 19,6% do emprego desta indústria em Eldorado do sul, município este que respondia, em 1992, por 87,6% do total de empregados deste gênero industrial na Região Carbonífera.

Na Metalurgia, a queda de 27,2% no emprego se deve, em essência, à redução de 35,8% do emprego deste gênero em Charqueadas, que respondia em 1992 por 71,9% do total de empregados deste gênero industrial. É possível perceber que, principalmente, os setores responsáveis pela produção de bens de capital são os mais afetados pelas quedas nível de atividade da economia como um todo, normalmente antecipando-se ao ciclo econômico.

O gênero Mecânica foi, dentre os que fornecem bens de produção, aquele que

manteve o melhor nível de crescimento entre 1988 e 1992. Tendo apresentado uma queda de 8% no emprego deste gênero entre 1984 e 1988. Neste período, as indústrias mecânicas da Região Carbonífera apresentaram um crescimento de 40,6% de seu emprego, mesmo neste período de crise. Estes resultados apresentados pela Região Carbonífera são sustentados, principalmente, pelo desempenho do município de Eldorado do Sul neste setor, cujo emprego cresceu neste período cerca de 6%, o que é um bom resultado, considerando-se que os demais setores sofreram profundamente os efeitos da recessão do período.

A indústria de Materiais Elétricos e Comunicação empregou mais entre 1988 e 1992, apresentando um pequeno crescimento de 5%. Ainda assim, a totalidade do emprego continua concentrada no município de Charquedas. O resultado apresentado para este gênero é satisfatório, considerando que durante a recessão foi possível elevar o nível de emprego do setor.

Os gêneros Material de Transporte e Madeira também se constituem em fortes exemplos de indústrias afetadas pela recessão. As quedas de 42,6% e 32,4%, respectivamente, representam uma decréscimo substancial no emprego, considerando que, principalmente o setor madeireiro, tradicionalmente não possui uma grande relação capital/trabalho.

O gênero Mobiliário também apresentou um forte crescimento entre 1988 e 1992, que monta a quase 30%. Em sua essência, este crescimento é devido principalmente ao crescimento de 34% deste gênero no município de Triunfo. Por representar mais de 90% do emprego deste gênero, os aumentos do nível de emprego neste município são facilmente percebidos no total da Região Carbonífera.

A queda substancial verificada em dois gêneros importantes da indústria: Couro, Peles e Similares e Produtos de Material Plástico, diferentemente de outros casos, não pode ser explicada somente pela recessão do período. Estes setores, como foi dito anteriormente, no caso da JGB Equipamentos de Segurança Ltda, sofreram alterações nas suas classificações. No caso específico dessa empresa citada no gênero Couro, Peles e Similares, ela passa a ser considerada do gênero Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecido. Já as indústrias do Pólo Petroquímico de Triunfo, que eram consideradas do gênero Produtos de Material Plástico, têm os seus empregados considerados neste ano no gênero Química, reduzindo fortemente o número de empregados atribuídos a este primeiro gênero.

Desta nova classificação dos gênero industriais, decorre, em grande parte, o aumento de ordem superior a dois mil postos de trabalho nas indústrias Químicas. No entanto, como se pode perceber pela tendência apresentada pelo emprego destes setores, o aumento verificado no número de empregados da indústria Química é superior a adição dos empregados do gênero Produtos de Material Plástico, ou seja, a soma dos empregados dos dois gêneros é superior em 1992 em relação 1988. Nota-se que, mantendo-se praticamente constante a soma dos mesmos no município de Triunfo, o acréscimo de empregos que não fora decorrente de reclassificação, é resultado do surgimento de empregos neste gênero nos municípios de Butiá e Minas do Leão, que somados representam 18% do número de empregados apresentados no gênero Química em 1992.

O gênero Têxtil também sofreu uma redução substancial no nível de emprego no período de 1988 a 1992. Essa diminuição de 61% verificada no emprego deste gênero industrial, em sua essência, deriva da redução do emprego nesse gênero industrial no

município de Eldorado do Sul da ordem de 62,5%. Esse município continua respondendo por 96,6% do emprego deste gênero na Região Carbonífera.

Diferentemente do que ocorreu com o gênero Química, a reclassificação de algumas indústrias não foi capaz de fazer com que houvesse um aumento do número de empregados do gênero Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos, entre os anos 1988 e 1992. A redução de 29,5% no número de empregados deste gênero se deu principalmente devido à queda verificada do emprego dessa indústria no município de Triunfo, da ordem de 66%, deslocando esse município da condição de principal produtor desse gênero para o município de Arroio dos Ratos.

Os gêneros Produtos Alimentares bem como o gênero Bebidas, devido à menor elasticidade-preço de sua demanda, em relação às outras indústrias, conseguiram, mesmo neste período de recessão, manter-se razoavelmente estáveis. A indústria de produtos alimentares apresentou um pequeno crescimento de 6,4%, praticamente todo ele devido ao crescimento do emprego deste gênero em Eldorado do Sul. Já a indústria de Bebidas apresentou uma pequena queda de 2,8% no emprego, mas São Jerônimo continuou sendo o município mais importante em relação a este gênero na Região Carbonífera.

Por fim, o gênero Editorial Gráfica também apresentou um forte crescimento relativo entre 1988 e 1992, chegando a alcançar uma participação 1% no total do emprego industrial da Região Carbonífera. Mais um vez foi o município de Eldorado do Sul o responsável pelo aumento do emprego desse gênero, pois do aumento de 118 empregados ocorrido na Região Carbonífera, 101 ocorreram nesse município.

Seguindo a tendência da maioria dos gêneros representativos da indústria local, observa-se que o número de empregados do total da indústria da Região Carbonífera se reduz em 4,6%, entre 1988 e 1992. Este é o resultado da recessão ocorrida na economia brasileira no período, que afetou a indústria em todas as regiões brasileiras. O principal responsável por essa redução, foi a queda de 27,3% do emprego do gênero Metalúrgica, um dos mais importantes da Região Carbonífera.

Para o ano de 1993, foram utilizadas as informações originais da Secretaria da Fazenda, devido à inexistência de dados sobre emprego industrial na publicação *Aspectos socioeconômicos dos municípios do Rio Grande do Sul*, da própria Secretaria da Fazenda, para este ano.

Mesmo tendo se obtido informações mais atualizadas do que a publicação utilizada como base oferecia, alguns prejuízos ocorreram nesta troca. A inexistência de dados desagregados a nível dos municípios, é o mais forte exemplo destas perdas. No entanto, algumas informações ainda puderam ser obtidas devido a apresentação destes dados dos dez municípios que se revelaram como os mais importantes do Estado em cada gênero industrial.

A partir de 1993, os dados apresentados para a extração mineral são inexistentes, dadas as peculiaridades da nova fonte utilizada. Assim, partindo para a análise dos gêneros da indústria de transformação, vê-se que a indústria Minerais não-metálicos recupera-se da queda no emprego que teve entre os anos de 1988 e 1992, apresentando um crescimento de 17,4%. Neste gênero, o município de Eldorado do Sul apresenta-se como um dos dez mais representativos do Rio Grande do Sul respondendo por 87,9% dos empregados deste gênero na Região Carbonífera.

Já com relação à indústria Metalúrgica, manteve-se a queda de seu nível de

atividade, a exemplo do que vinha ocorrendo desde 1988. Também neste gênero, Eldorado do Sul apresenta-se como um dos dez mais importantes do Estado, respondendo na Região Carbonífera por 70,4% dos empregados da atividade.

As indústrias Mecânica, Material elétrico e de comunicações, Material de transporte, Madeira e Mobiliário apresentam-se relativamente estáveis, como era de se esperar, ao analisar-se um pequeno intervalo de tempo. As variações ocorridas mal ultrapassam 8%, tanto positiva como negativamente. Para estes gêneros, informações a nível de municípios são inexistentes. Portanto, acredita-se na possibilidade de que a distribuição do emprego nestas atividades, entre os municípios, tenha se mantido constante, devido a pequena variação total do emprego, do curto intervalo de tempo considerado e da pouca representatividade das indústrias deste gênero na Região Carbonífera.

O surgimento de 330 empregos no gênero Borracha, em Triunfo coloca este município como um dos dez mais importantes do Estado neste gênero industrial. Esta que já fora uma indústria representativa na Região Carbonífera, surge agora entre as oito maiores em números de empregados, sendo Triunfo o município responsável pela totalidade do aumento do número de empregos deste gênero na Região Carbonífera.

Pela análise do ano de 1993, pode se perceber novamente a reclassificação dos gênero Química e Produtos de Matéria Plástica, gêneros estes que apresentam Triunfo como um dos municípios mais importantes do Estado. Para fazer a comparação entre o número de empregados deste dois gêneros é mais válido que se adote os anos de 1988 e 1993. Com esta metodologia percebe-se, que entre estes dois anos houve uma queda de 39% para a indústria Química e de 12% para a indústria de Produtos de Matéria Plástica. Estes anos, portanto, foram mais estáveis do que a variação nos períodos apresentados na tabela.

Novas classificações também são percebidas nos gêneros Têxtil e Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos. Algumas indústrias se deslocaram do primeiro grupo para o segundo, e isto fez com que o município de Eldorado do Sul aparecesse como um dos mais importantes do Estado no número de empregados deste último gênero industrial. Porém, a soma dos dois gêneros ainda assim apresentou uma queda de mais de 25%, o que mostra que também houve, além da reclassificação, uma fechamento de postos de trabalho.

A indústria de produtos alimentares apresentou uma queda da ordem de 7%, entre 1992 e 1993. No entanto, neste período a participação do município de Eldorado do Sul na economia regional cresceu para 83,8%, o que fez deste município um dos dez mais importantes do Estado neste gênero industrial.

Os gêneros Bebidas e Editorial e Gráfica apresentaram variações pequenas entre 1992 e 1993, considerando o número total de empregados. Portanto, alterações absolutas de 2 e de 9 empregados, respectivamente, mesmo sendo importantes dentro de cada gênero, não são expressivas no total de empregados da Região Carbonífera.

Pode se admitir também que a substancial queda verificada no gênero Metalúrgico deva-se à reclassificação de certas empresas dentro dos gêneros industriais. As indústrias Diversas apresentou, entre 1992 e 1993, um crescimento absoluto de 1.681 empregos; destes, 1.648 são de Charqueadas (que a coloca entre as dez maiores do Estado, em número de empregados, em relação a este gênero), e a queda absoluta do número de empregados do gênero Metalúrgico foi de 1.715. Isto nos leva a considerar que o aumento no emprego das Indústrias diversas, deveu-se a um deslocamento de indústrias do gênero

Metalúrgico para o gênero Diversas. Contribui para esta conclusão o fato de que, em 1992, o número de empregados de Charqueadas na indústria metalúrgica montava a 1.513.

Por fim, percebe-se para o total da Região Carbonífera uma queda de 18,4% no número de empregados, entre 1992 e 1993. Devido a inexistência de dados separados por município para este último ano, apontar um gênero como principal causador da queda do nível de emprego da Região Carbonífera torna-se uma tarefa difícil. Porém, pode se dizer que as principais quedas se verificaram nas indústrias químicas e de material plástico, as quais, somando-se seus empregados, constata-se uma queda entre 1992 e 1993 de 41,9%, ou mais de 1.700 empregos, em termos absolutos, desconsiderando-se as reclassificações.

Depois de se ter explicitado a forma como se deu o movimento da variável emprego industrial, bem como as causas principais destas variações, na Região Carbonífera, em determinados períodos da década de 80 e do início da década de 90, quando os dados utilizados respeitam uma mesma fonte (Secretária da Fazenda do RS) e, por conseguinte, a mesma metodologia, cabe fazer algumas referências aos dados da FIERGS.

Como já foi dito anteriormente, a FIERGS não adota a mesma metodologia da Secretária da Fazenda, que, por sua vez, adota a metodologia do IBGE. A primeira instituição, por considerar apenas as empresas cadastradas, tende a apresentar números inferiores aos apresentados na metodologia do IBGE. Esta instituição, além de considerar uma gama maior de empresas, as que recolhem impostos, principalmente o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), adota a idéia de estabelecimento, implicando um maior número de unidades produtivas, em relação ao conceito simples de empresa.

Os dados apresentados para 1994/95, na tabela A2 em anexo, foram obtidos junto ao Cadastro das Indústrias da FIERGS. A diferença de metodologia faz com que se tenha uma análise diferenciada para este ano. Isto faz com que apenas as informações menos diferenciadas e os pontos de concordância, sejam destacadas na análise deste ano.

Por considerar apenas as empresas cadastradas nesta instituição, alguns gêneros que apresentam seus trabalhadores mais atomizados, em um número maior de estabelecimentos, tendem a apresentar um número de empregados menor neste ano em relação aos demais. Por consequência, os gêneros que apresentam um menor número de estabelecimentos, como o Metalúrgico, não apresentam uma grande variação, se comparado com os dados da Secretária da Fazenda.

Caso semelhante verifica-se, se for considerado a soma do gênero Química e Produtos de Material Plástico no ano de 1992 (Secretária da Fazenda) e 1994/95 (FIERGS), percebe-se um aumento de 9,8%. Na indústria de produtos alimentares, também se verifica uma pequena variação, de apenas 4% de um período para outro.

Outro gênero que apresenta uma pequena variação, pois apresenta a grande maioria de seus empregados estabelecidos em Eldorado do Sul, é o Editorial Gráfica, que entre os dois períodos observados apresenta uma variação inferior a 1%.

Os demais gêneros apresentam uma variação muito grande em relação a metodologia apresentada pela Secretária da Fazenda, portanto é arriscado afirmar-se algo a respeito. Estas elevadas diferenças tanto poderiam ser ocasionadas por fechamento de algumas empresas, como por diferenças de metodologia. Dessa forma, é preferível omitir-se da análise sob pena de efetuar-se alguma afirmação indevida, que não venha a representar a realidade dos acontecimentos.

Assim, os dados apresentados para o ano de 1994/95, ficam de melhor forma comparados com os dados de 1991/92, também a FIERGS, como na tabela A2, em anexo. O que se vê nesta comparação vem ao encontro do que se verificara nos dados da Secretário da Fazenda, ou seja, percebe-se uma profunda queda no emprego industrial.

Somente considerando a totalidade do emprego, já se percebe uma redução de quase 43% no número de empregados na indústria. Dentro dos gêneros apresentados, confirma-se, pela análise da variação absoluta do emprego, que foram os setores mais estruturados os responsáveis pela redução do emprego industrial, respondendo a recessão, e tentando tornar-se mais competitivo, via aumento da relação capital/trabalho.

## **Dinâmica do crescimento do emprego industrial entre 1982/95**

Tanto no item 2.2, como no item 2.3, já havia ficado evidente que o crescimento da participação percentual da Região Carbonífera no produto interno bruto e no valor adicionado gerado no Rio Grande do Sul se devia, em boa medida, ao desenvolvimento industrial dos municípios que compõe a Região Carbonífera.

O Pólo Petroquímico de Triunfo e as indústrias localizadas em Eldorado do Sul e em Charqueadas caracterizam-se como fortes exemplos da importância do setor industrial da Região Carbonífera. O Pólo Petroquímico, tendo iniciado suas atividades em 1982, representou o mais importante símbolo do destacado papel que desempenha a indústria na Região Carbonífera. Por ter sido instalado em um município até então de pouca representatividade industrial, como a maioria daqueles que compunham a Região Carbonífera, seus primeiros anos de atividade foram de forte crescimento.

Vale lembrar que a emancipação de Eldorado do Sul também trouxe para a Região Carbonífera mais um forte pólo industrial. Sua emancipação, em 1988, e imediata inclusão na Região Carbonífera, concedeu-lhe um forte impulso econômico, a qual passou a ser caracterizada cada vez mais como uma região de forte vocação industrial.

Além destes, outros fatores influenciaram a economia regional ao longo da década de 80 e promoviam mantendo alto o índice de absorção de mão-de-obra pela indústria. Contribuiu também para a manutenção do relevante papel desempenhado pelo setor industrial na Região Carbonífera a existência de uma grande planta industrial no município de Charqueadas, que ainda se caracterizava como a base da metalurgia na Região Carbonífera: a Aços Finos Piratini.

Percebe-se, porém, que este setor vem perdendo espaço na economia de Charqueadas, devido, principalmente, à evolução de outros setores, até então muito incipientes na cidade, como o setor serviços, por exemplo. Porém, esta queda não se deve somente a esta redistribuição do produto entre setores, fenômeno que se verifica na maioria das economias mundiais. Nota-se também, na queda verificada do emprego industrial e na redução da participação da indústria de transformação no valor adicionado do município, que a indústria sofreu os efeitos da recessão brasileira do início dos anos oitenta.

A redução do emprego industrial de Charqueadas explica-se, fundamentalmente, pela privatização da Aços Finos Piratini. O emprego na indústria metalúrgica de Charqueadas, principalmente devido à privatização da Aços Finos Piratini, em 1992, e a racionalização do processo produtivo da empresa, daí decorrente, levou à redução do emprego da

Indústria Metalúrgica de 2.411 pessoas ocupadas, em 1991, para 1513, em 1992 (Tabela 8).

A racionalização do emprego de uma grande empresa como a Aços Finos Piratini, em Charqueadas, com a privatização, explicou a queda da participação do valor adicionado pela indústria de transformação, em 1991, de 81,3%, para 76,2%, em 1992, e para 75,6%, em 1993. O emprego no setor terciário, por outro lado, vem aumentando desde 1990, quando era de 12,2% do total do valor adicionado total do município, para 22,3%, em 1993.

**Tabela 8**  
PARTICIPAÇÃO DO VALOR ADICIONADO POR SETOR  
DE ATIVIDADE NO VALOR ADICIONADO TOTAL  
DO MUNICÍPIO DE CHARQUEADAS, ENTRE 1990/93 (%)

Setores	1990	1991	1992	1993
Sector primário	4,2	3,2	3,4	2,1
Sector secundário	83,6	81,6	76,3	75,7
- Indústria de transformação	83,6	81,3	76,2	75,6
Sector terciário	12,2	15,2	20,3	22,3
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Secretária da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul, DATT.

Mas é importante notar que, ainda entre 1982 e 1988, o crescimento do emprego industrial de 83,5% da Região Carbonífera (Tabela 7) foi devido, principalmente, à emancipação de Eldorado do Sul, que sozinho já traria um crescimento de 52,4% para a Região Carbonífera, pois a sua emancipação representou um crescimento absoluto de 2.922 empregados. Este foi um fator que contribui para a expansão industrial regional, juntamente com a consolidação do Pólo Petroquímico de Triunfo, bem como o desenvolvimento de outros municípios que até então tinham pequena tradição na indústria, como Arroio dos Ratos e São Jerônimo, também colaboram para o forte crescimento do emprego industrial neste período.

Logicamente, devido a este forte crescimento verificado na década de 80, percebe-se que, entre os anos que servem de limite para o período analisado, ocorreu um forte crescimento do emprego da Região Carbonífera. Entre 1982 e 1993, o número de empregados na indústria regional aumentou 42,8%. Mesmo descontando-se deste aumento a parte referente aos empregados de Eldorado do Sul (que não constavam nas estatísticas da Região Carbonífera, em 1982, e sim na Região Metropolitana, já que ainda era um distrito de Guaíba), percebe-se um crescimento, entre 1982 e 1992, de 27,6% no emprego industrial dos grupos formados pelos demais municípios.

O crescimento nestes dois períodos depende, em parte, dos municípios que até então tinham pequena tradição industrial na Região Carbonífera. Porém, a participação de Triunfo foi fundamental. Com a ampliação do Pólo Petroquímico, o sucessivo processo de implantação de empresas e todos os efeitos de encadeamentos decorrentes, o

município de Triunfo garantiu grande parte deste crescimento no emprego industrial da Região Carbonífera. Pode-se assim dizer que o aumento absoluto de 1.016 empregos em Triunfo, entre 1982/1992 (+ 37,5%), foi o que garantiu, em grande parte, o crescimento da ocupação da mão-de-obra industrial na Região Carbonífera (excluindo Eldorado do Sul), igual a 1.448 empregados, nesse período.

A importância destes fatores na determinação do nível de emprego da Região Carbonífera, em 1992, foi de tal forma representativo que foi capaz de sustentar uma queda de 28,3% no emprego industrial de Charqueadas. Como este município apresenta-se com o terceiro maior parque industrial da Região Carbonífera, uma redução destas proporções tenderia a forçar para baixo o nível de emprego neste setor - não só no município de Charqueadas, como também na Região Carbonífera como um todo, se isso não fosse compensado pela ampliação do Pólo Petroquímico e a industrialização das cidades menos representativas.

Assim, mesmo que a década de 80 não tenha representado grande prosperidade para o País, na Região Carbonífera esta foi um década de forte desenvolvimento industrial. No entanto, no início da década de noventa, há uma forte tendência de redução do emprego industrial, em parte explicada pela privatização da Aços Finos Piratini, localizada no município de Charqueadas. Na década de 90, é possível perceber que a recessão atingiu profundamente o setor industrial, com substancial redução do nível de emprego deste setor.

Dessa forma, percebe-se que o início da década de 90 traz no cenário da Região Carbonífera uma nova perspectiva, em que a tendência à redução da mão-de-obra empregada na indústria se verifica acentuadamente, a partir de 1988. A recessão deste período, aliada à tendência de redução de custos das empresas, via aumento da relação capital/trabalho, fez com que se percebesse uma queda de 4,59% entre 1988 e 1992, e entre 1992 e 1993 mais uma redução de 18,41% no número de empregados na indústria.

Como se verifica na Tabela 7, o número de empregados no setor industrial da Região Carbonífera passou de 5.662, em 1982, para 10.225, em 1988, caindo para 9.756, em 1992, e para 7.960, em 1993.

Entre 1988 e 1992, mesmo que alguns gêneros industriais, como Mecânica e os Produtos Alimentares, tenham apresentado um certo crescimento no seu emprego industrial, a maioria daqueles gêneros que se constituem na base da estrutura industrial da Região Carbonífera apresentaram uma forte queda neste período. Como neste intervalo, somente Arroio dos Ratos e Butiá, dos municípios que haviam se emancipado em 1991, apresentaram crescimento no seu emprego industrial, entende-se que esta redução foi um fenômeno causado principalmente por aqueles municípios que apresentavam a sua base industrial mais estruturada.

Percebe-se, então, duas situações distintas, no que diz respeito à variação do emprego industrial, entre 1988 e 1992, nos sete municípios que compunham a Região Carbonífera em 1991. Por um lado, nos três municípios que se configuram nos mais importantes na geração de emprego industrial na Região Carbonífera (Triunfo, Eldorado do Sul e Charqueadas), verifica-se, respectivamente, quedas de 2,6%, 9,4% e 29,3%, o que mostra que os setores-chave da indústria destes municípios somente resistiram a pressão causada pela recessão do início da década de 90 às custas de uma redução de seu nível de emprego.

Por outro lado, os municípios que possuem uma menor tradição na produção industrial apresentaram uma variação maior no comportamento do emprego dentro de cada gênero deste setor. As oportunidades para a implantação de unidades produtivas, dentro do cenário recessivo no qual se estava vivendo, eram indubitavelmente muito restritos, no que tange à obtenção de financiamentos. Porém, principalmente nestes municípios menos representativos, havia espaço para a inovação, até mesmo causada pelo fechamento de outras empresas do mesmo ramo na Região Carbonífera que, por uma estrutura inadequada, não resistiram à queda da demanda decorrente das políticas econômicas do período.

Assim, nestes municípios menos representativos o que se percebe são pequenas variações, absolutas ou relativas, do emprego industrial. Isto decorre da interação destes dois aspectos: se, por um lado, havia oportunidades de investimento, por outro não haviam formas de financiamento. Ocorre então que algumas empresas não resistiram à recessão, enquanto outras surgiram com uma estrutura produtiva adaptada à nova configuração do mercado consumidor.

É possível afirmar que estes municípios que apresentam uma estrutura industrial menos avançada, dada uma pequena alteração absoluta, se terá como resposta uma grande alteração relativa. Logo, tendem a apresentar maiores índices de variação. Porém, quando se considera o caso da Região Carbonífera em seu conjunto, nota-se que esses índices de variação positiva destes municípios menos expressivos não foram suficientes para manter o nível de emprego verificado no ano de 1988.

Como não é possível realizar uma análise mais aprofundada dos dois períodos apresentados posteriormente, já que 1993 não existia discriminação do emprego industrial por município, e que em 1994/95 a metodologia utilizada é diferente, a análise da variação do emprego industrial em relação a estes períodos fica um pouco prejudicada.

No entanto, ainda se pode notar que, entre 1992 e 1993, a tendência à queda do emprego industrial continua se verificando na Região Carbonífera. Deve ser desconsiderada, porém, a redução do emprego verificada na indústria metalúrgica. Percebe-se, que a redução verificada entre 1992 e 1993 é possivelmente decorrente de alguma reclassificação realizada pela Secretaria da Fazenda, órgão que fornecia os dados para estes períodos, colocando os dados anteriormente referentes a este gênero sob a rubrica "Indústrias diversas".

Aceitando-se como verdadeira a suposição feita acima, de que a maioria dos dados do emprego de algumas indústrias do gênero Metalúrgica foram transferidos para o gênero Indústrias diversas, percebe-se a existência de outras reclassificações dentro dos gêneros apresentados, dentre as quais são mais notórias as que se verificam entre os gêneros Borracha, Química e Produtos de Matéria Plástica, e entre os gêneros Têxtil e Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos.

Dada a dificuldade encontrada para se promover a análise da variação do emprego nesta situação, a melhor forma para quantificar-se a variação do emprego nestes gêneros seria agregá-los. Pois, já sendo conhecida a importância de cada gênero pela análise dos anos anteriores, será possível ter uma noção daqueles que foram determinantes nas variações que se verificarão.

De acordo então com as possíveis reclassificações, agregou-se os gêneros Metalúrgica e Diversas e percebeu-se uma variação negativa entre 1992 e 1993 de apenas 1,6%, o que torna irrelevante as alterações verificadas nestes gêneros quando projetadas

no nível de emprego da Região Carbonífera. Agregando-se os gêneros Borracha, Química e Produtos de Matéria Plástica, percebe-se entre 1992 e 1993 uma queda de quase 34%, o analisando-se quanto aos efeitos sobre o total do emprego da Região Carbonífera torna-se bastante preocupante, já que estes são os gêneros que apresentam o maior número de empregados na Região Carbonífera, mesmo que apresentem normalmente um grande relação capital/trabalho.

Quanto ao conjunto formado pelos gêneros Têxtil e Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos, o resultado obtido para a variação do total do emprego destes dois gêneros foi de 25,2 pontos percentuais negativos, que também tende a pressionar para baixo o nível do emprego municipal para baixo.

Analisando, então, conjuntamente os dois grupos de gêneros industriais que apresentam quedas representativas, dentre aqueles que apresentam reclassificações, percebe-se que se caracterizam nos determinantes básicos da queda do emprego industrial da Região Carbonífera, entre 1992 e 1993. Somando-se o valor absoluto da queda relativa de 34% do emprego industrial do grupo formado pelos gêneros Borracha, Química e Produtos de Matéria Plástica, com o número de empregos a menos de 1993 em relação a 1992 do conjunto formado pelos gêneros Têxtil e Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos, obtêm-se uma queda absoluta de 1.572 empregos. Considerando-se que a queda absoluta do emprego industrial da Região Carbonífera foi de 1.796, conclui-se que a variação do emprego destes setores respondeu por 87,5% da queda total do emprego na Região Carbonífera.

Mesmo não se podendo afirmar algo sobre o comportamento do emprego nos municípios, já que para o ano de 1993 estes dados não estão disponíveis, foi possível perceber que, como no período 1988/92, a queda no emprego verificou-se basicamente nos setores mais estruturados da Região Carbonífera, ou seja, naqueles situados basicamente no Pólo Petroquímico e naqueles situados no município de Eldorado do Sul.

Pode-se então concluir que a tendência verificada no período 1988/92, continua verificando-se até 1993. Tem-se, então, como suposto inicialmente, as indústrias mais estruturadas reduzindo a mão-de-obra em decorrência de dois fatores. Estes fatores seriam a recessão e a tentativa de se tornar mais competitiva, através do aumento da relação capital/trabalho - este último fator, independentemente da conjuntura econômica e do país em questão, se verifica no mundo inteiro.

## SUMÁRIO E CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo descrever a situação da indústria da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul, com ênfase no Núcleo Básico, formado pelos municípios de Arroio dos Ratos, Butiá, Charqueadas e São Jerônimo, no contexto de uma pesquisa mais ampla sobre *Energia e Meio ambiente: o carvão no Rio Grande do Sul*, realizada pelo Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A população do Núcleo Básico, assim como da Região Carbonífera no seu conjunto, vem decrescendo nos últimos anos (1991/93), com aumento substancial da população urbana, principalmente após os anos oitenta. Tanto o Núcleo Básico, como a

da Região Carbonífera, encontram-se mais urbanizados do que o conjunto do Estado do Rio Grande do Sul.

A participação da economia do Núcleo Básico na Região Carbonífera e no Rio Grande do Sul apresenta-se decrescente nos últimos anos; no que se relaciona à participação na Região Carbonífera, ela passou de 23,4% em 1985, para 13% em 1993; no conjunto do Estado essa participação declinou de 0,82% para 0,62%, no mesmo período. Isso se deve, basicamente, à redução do dinamismo do setor agropecuário, de pouca expressão, e da indústria metalúrgica do município de Charqueadas, em processo de ajustamento após a privatização da Aços Finos Piratini.

A Região Carbonífera aumentou sua participação de 3,5%, em 1985, para 4,5% em 1990 e 4,2% em 1993. Isso se deve à consolidação do Pólo Petroquímico, implantado em 1982, e à entrada de Eldorado de Sul na Região, assim como à industrialização dos municípios menores, embora efetuada de maneira muito lenta. A queda dos últimos anos deve-se à redução do dinamismo industrial de Charqueadas, que exerceu um efeito depressivo de muita significação no Núcleo Básico e no conjunto da Região Carbonífera.

No contexto dessa relativa estagnação, observa-se que a participação da indústria geral no conjunto da economia regional passou de 54% em 1982, para 86% em 1987, com declínio para 82% em 1993. Movimento similar ocorreu com a extrativa mineral, decadente nos últimos anos. A agricultura e o comércio foram os mais afetados, no início do período referido, pelo aumento da parte industrial, com declínio no final do período, com maior participação dos serviços. Observa-se uma economia muito dependente de poucas grandes empresas, que exercem efeitos cumulativos descendentes importantes, em épocas de crise.

Falta na área um esforço maior no sentido de desenvolver a agricultura, sobretudo a de hortifrutigranjeiros, voltada ao abastecimento da grande Porto Alegre. Da mesma forma, pequenas atividades de comércio e prestação de serviços, bem como pequenas empresas industriais poderiam ser desenvolvidas na área, voltadas para o atendimento da população local, bem como de outras áreas próximas.

Embora o município de Arroio dos Ratos tenha elevado a participação da indústria no conjunto de sua economia, de 23% em 1982 para 53% em 1993, a participação do Núcleo Básico caiu substancialmente, como foi dito, de 62% para 48%, no período, sobretudo devido à desindustrialização de Charqueadas (queda de 90% para 76% de sua indústria, em relação ao total de seu valor adicionado).

A extração de carvão foi muito irregular na Região, no período compreendido entre 1980 e 1994. A produção de carvão mineral passou de 2.057 mil t em 1980, para 3.611 mil t em 1986, reduzindo-se gradativamente para um mínimo de 1.485 mil t em 1991 e a 1.746 mil t em 1994. A indefinição da política energética do Governo Federal em relação ao carvão, explicada em parte também pela incapacidade de endividamento do Governo do Estado, fez com que a demanda de carvão se retráísse, assim como a oferta. Isso naturalmente apresentou reflexos significativos na produção industrial que poderia derivar do carvão, bem como sobre todo o encadeamento da renda e do emprego regional que poderia ser criado, dinamizando o comércio e os serviços.

Desse modo, o emprego industrial, que em toda a Região Carbonífera subiu de

5.662 em 1982, para 10.225 em 1988, reduziu-se para 9.756 em 1992 e para 7.960 em 1993. Entre 1988 e 1992, os empregos que mais caíram foram os da indústria metalúrgica, em torno de 700 pessoas, assim como de outras atividades, não podendo ser compensado pelo aumento das pessoas ocupadas na indústria química e de matéria plástica, derivado do pólo de Triunfo, que aumentou em torno de 2.000 pessoas, duplicando nesse período.

Constata-se que o Pólo Petroquímico de Triunfo trouxe um alento substancial à Região Carbonífera, mas que não foi suficiente para criar todos aqueles empregos necessários para as pessoas que chegam pela primeira vez ao mercado de trabalho. Para isso, seria necessário criar atividades industriais alternativas, sobretudo com base nas pequenas e médias empresas, bem como sobre atividades do setor terciário e na agricultura, na periferia das cidades da região.

Neste último caso, podem ser citados as atividades ligadas à criação de pequenos animais e à pequena agricultura irrigada, como hortifrutigranjeiros com cobertura de plástico, para aumentar o número de colheitas por ano. A proximidade de Porto constitui um fator muito importante para o desenvolvimento dessas atividades, formando um mercado muito significativo.

Entre as atividades passíveis de serem desenvolvidas em Charqueadas, encontram-se o reaproveitamento das sobras de couros e cinzas do carvão. Esses resíduos constituem um problema ambiental para o município e que pode gerar novos produtos. No caso das cinzas de carvão, podem ser fabricados, por exemplo, tijolos e blocos para a construção civil e ser adicionado na fabricação de cimento e no revestimento de rodovias. A utilização menos nobre dessas cinzas e sobras de couros é para a confecção de aterros.

Outros produtos reciclados que poderiam ser utilizados na área são o reaproveitamento de óleos industriais e sobras de plástico.

Outros produtos que poderão vir a serem fabricados na Região, podem ser citados autopeças para a indústria automobilística, produtos derivados de aços especiais, plásticos em geral e produtos derivados do Pólo Petroquímico de Triunfo, no contexto da terceira geração. Existem terrenos disponíveis na Região e áreas industriais disponíveis para pronta utilização.

Um dos problemas apontados foi a inexistência de uma ferrovia passando pela Região, interligando-a com Porto Alegre e/ou o porto de Rio Grande. Outro problema é a escassez de mão-de-obra qualificada, embora exista mão-de-obra não qualificada em abundância. Desse modo, um dos principais focos de atuação do Estado na área seria na qualificação de trabalhadores, o que constituiria mais um fator de atração de novas indústrias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. *Informativo anual da indústria carboquímica*, 1981-1994.
- SOUZA, Nali de Jesus. *Diagnóstico econômico do Município de Dom Pedrito*. Porto Alegre: Fundatec, 1995.
- ZILBERMAN, Isaac. *Conselho para implantação do complexo carboquímico (Concarbo)*. Subsídios para uma política carboquímica estadual. Porto Alegre: FEE, 1980.

# ANEXO

**Tabela A1**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO DO SETOR INDUSTRIAL POR MUNICÍPIO DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL, 1982/1993

MUNICÍPIOS	1982		1984		1988		1992	
	Empr.	Part. RC	Empr.	Part. RC	Empr.	Part. RC	Empr.	Part. RC
Arroio dos Ratos	199	3,5	145	2,1	379	3,7	386	4,0
Butiá	172	3,0	431	6,4	347	3,4	547	5,6
Charqueadas	2457	43,4	2549	37,6	2496	24,4	1764	18,1
São Jerônimo	116	2,0	136	2,0	218	2,1	215	2,2
NÚCLEO BÁSICO	2.944	52,0	3.261	48,1	3.440	33,7	2.912	29,9
Eldorado do Sul	-	-	-	-	2922	28,6	2646	27,1
General Câmara	9	0,2	13	0,2	33	0,3	26	0,3
Minas do Leão	-	-	-	-	-	-	442	4,5
Triunfo	2709	47,8	3501	51,7	3824	37,4	3725	38,2
REGIÃO CARBONÍFERA	5.662	100	6.775	100	10.219	100	9.751	100

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983, 1985, 1991/92*

**Tabela A2**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DAS EMPRESAS DA REGIÃO CARBONÍFERA CADASTRADAS NA FIERGS,  
PARA OS ANOS DE 1991/92 E 1994/95

GÊNERO DE INDÚSTRIA	1991/92	1994/95	
	Empregados	Empregados	Variação %
10 - Minerais Não-Metálicos	621	484	-22,06
11 - Metalúrgica	3678	1907	-48,15
12 - Mecânica	133	213	60,15
15 - Madeira	85	95	11,76
16 - Mobiliária	130	10	-92,31
18 - Borracha	230	189	-17,83
19 - Couro, Peles e Similares	120	-	
20 - Química	4691	2616	-44,23
23 - Produtos de Material Plástico	-	38	
24 - Têxtil	1006	27	-97,32
25 - Vestuário, Calçados e Artefatos de Tecidos	10	113	1.030,00
26 - Produtos Alimentares	1381	1090	-21,07
29 - Editorial Gráfica	-	111	
TOTAL GERAL	12085	6893	-42,96

Fonte: *Cadastro industrial da FIERGS 1991/92 e 1994/95*

**Tabela A3**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DO SETOR INDUSTRIAL DE ARROIO DOS RATOS, 1982/1992

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	-	-	-	20	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	34	19	8	-57,9	18	125,0	-47,1
11 - Metalúrgica	57	55	72	30,9	111	54,2	94,7
12 - Mecânica	-	-	-	-	7	-	-
15 - Madeira	7	7	-	-	-	-	-
17 - Papel e Papelão	-	-	3	-	-	-	-
19 - Couro, Peles e Similares	-	-	-	-	1	-	-
20 - Química	-	-	-	-	19	-	-
24 - Têxtil	12	8	8	0,0	13	62,5	8,3
25 - Vest., Calçados e Art. Tecidos	2	2	118	5800,0	139	17,8	6850,0
26 - Produtos Alimentares	84	52	170	226,9	56	-67,1	-33,3
29 - Editorial Gráfica	3	2		-100,0	2	-	-33,3
TOTAL GERAL	199	145	379	161,4	386	1,8	94,0

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92*

**Tabela A4**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DO SETOR INDUSTRIAL DE BARÃO DO TRIUNFO, 1982/1992

	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	1992/82
26 - Produtos Alimentares	-	-	-	-	2	-	-
TOTAL GERAL	-	-	-	-	2	-	-

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A5**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DO SETOR INDUSTRIAL DE BUTIÁ, 1982/1992

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	-	-	-	8	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	7	12	15	25,0	-	-	-
11 - Metalúrgica	-	-	12	-	4	-66,7	-
12 - Mecânica	139	284	198	-30,3	196	-1,0	41,0
15 - Madeira	1	92	19	-79,3	-	-	-
16 - Mobiliária	2	-	5	-	1	-80,0	-50,0
20 - Química	-	-	-	-	306	-	-
25 - Vest., Calçados e Art. Tecidos	-	-	15	-	9	-40,0	-
26 - Produtos Alimentares	18	40	79	97,5	19	-75,9	5,6
29 - Editorial Gráfica	5	3	4	33,3	4	0,0	-20,0
TOTAL GERAL	172	431	347	-19,5	547	57,6	218,0

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A6**  
**NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO**  
**DO SETOR INDUSTRIAL DE CHARQUEADAS, 1982/1992**

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	3	-	-	-	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	1	4	9	125,0	11	22,2	1000,0
11 - Metalúrgica	2421	2475	2358	-4,7	1513	-35,8	-37,5
12 - Mecânica	-	-	1	-	1	0,0	-
13 - Mat. Elétrico e Comunicações	-	-	20	-	21	5,0	-
14 - Material de Transporte	-	-	1	-	2	100,0	-
15 - Madeira	-	-	6	-	6	0,0	-
16 - Mobiliária	1	1	1	0,0	7	600,0	600,0
18 - Borracha	-	-	-	-	1	-	-
19 - Couro, Peles e Similares	-	-	55	-	-	-	-
20 - Química	-	-	1	-	151	15000,0	-
25 - Vest., Calçados e Art. Tecidos	13	54	10	-81,5	43	330,0	230,8
26 - Produtos Alimentares	17	10	25	150,0	3	-88,0	-82,4
29 - Editorial Gráfica	4	2	9	350,0	4	-	0,0
30 - Indústrias Diversas	-	-	-	-	1	-	-
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>2457</b>	<b>2549</b>	<b>2496</b>	<b>-2,1</b>	<b>1764</b>	<b>-29,3</b>	<b>-28,2</b>

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A7**  
**NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO**  
**DO SETOR INDUSTRIAL DE EL DORADO DO SUL, 1982/1992**

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	-	-	-	80	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	-	-	582	-	468	-19,6	-
11 - Metalúrgica	-	-	440	-	466	5,9	-
12 - Mecânica	-	-	56	-	157	180,4	-
14 - Material de Transporte	-	-	79	-	57	-27,8	-
15 - Madeira	-	-	47	-	26	-44,7	-
16 - Mobiliária	-	-	1	-	1	0,0	-
23 - Produtos Matéria Plástica	-	-	-	-	29	-	-
24 - Têxtil	-	-	987	-	370	-62,5	-
25 - Vest., Calçados e Art.Tecidos	-	-	1	-	2	100,0	-
26 - Produtos Alimentares	-	-	727	-	871	19,8	-
29 - Editorial Gráfica	-	-	-	-	101	-	-
30 - Indústrias Diversas	-	-	2	-	18	800,0	-
<b>TOTAL GERAL</b>	-	-	<b>2922</b>	-	<b>2646</b>	<b>-9,4</b>	-

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A8**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DO SETOR INDUSTRIAL DE GENERAL CÂMARA, 1982/1992

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	-	1	-	5	400,0	-
10 - Minerais Não-Metálicos	2	3	23	666,7	13	-43,5	550,0
12 - Mecânica	-	-	3	-	1	-66,7	-
15 - Madeira	-	-	-	-	2	-	-
25 - Vest., Calçados e Art.Tecidos	2	2	-	-	-	-	-
26 - Produtos Alimentares	5	8	5	-37,5	4	-20,0	-20,0
27 - Bebidas	-	-	1	-	1	0,0	-
TOTAL GERAL	9	13	33	153,8	26	-21,2	188,9

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A9**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DO SETOR INDUSTRIAL DE MINAS DO LEÃO, 1982/1992

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	-	-	-	1	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	-	-	-	-	2	-	-
11 - Metalúrgica	-	-	-	-	1	-	-
15 - Madeira	-	-	-	-	1	-	-
20 - Química	-	-	-	-	436	-	-
25 - Vest., Calçados e Art.Tecidos	-	-	-	-	1	-	-
TOTAL GERAL	-	-	-	-	442	-	-

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A10**  
**NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO**  
**DO SETOR INDUSTRIAL DE SÃO JERÔNIMO, 1982/1992**

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	1	-	-	25	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	15	11	2	-81,8	2	0,0	-86,7
11 - Metalúrgica	1	1	5	400,0	4	-20,0	300,0
12 - Mecânica	-	27	25	-7,4	39	56,0	-
15 - Madeira	3	3	4	33,3	1	-75,0	-66,7
16 - Mobiliária	5	-	4	-	-	-	-
17 - Papel e Papelão	-	-	12	-	-	-	-
19 - Couro, Peles e Similares	2	2	-	-	-	-	-
20 - Química	-	-	2	-	-	-	-
22 - Perfumaria, sabões e velas	1	1	1	0,0	-	-	-
23 - Produtos Matéria Plástica	-	-	-	-	4	-	-
25 - Vest., Calçados e Art.Tecidos	4	1	59	5800,0	-	-	-
26 - Produtos Alimentares	27	30	34	13,3	62	82,4	106,7
27 - Bebidas	45	59	70	18,6	68	-2,9	15,3
29 - Editorial Gráfica	13	-	-	-	10	-	-23,1
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>116</b>	<b>136</b>	<b>218</b>	<b>60,3</b>	<b>215</b>	<b>-1,4</b>	<b>58,1</b>

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

**Tabela A11**

NÚMERO DE EMPREGADOS E VARIAÇÃO PERCENTUAL DO EMPREGO  
DO SETOR INDUSTRIAL DE TRIUNFO, 1982/1992

GÊNERO	1982	1984	1988		1992		Var. % 1992/82
	Empr.	Empr.	Empr.	% 88/84	Empr.	% 92/88	
00 - Extração de Minerais	-	-	-	-	42	-	-
10 - Minerais Não-Metálicos	7	5	6	20,0	20	233,3	185,7
11 - Metalúrgica	-	-	7	-	5	-28,6	-
12 - Mecânica	-	-	3	-	1	-66,7	-
14 - Material de transporte	11	39	55	41,0	22	-60,0	100,0
15 - Madeira	165	176	168	-4,5	130	-22,6	-21,2
16 - Mobiliária	-	171	100	-41,5	134	34,0	-
18 - Borracha	153	-	-	-	-	-	-
19 - Couro, Peles e Similares	-	-	1	-	-	-	-
20 - Química	101	1838	1881	2,3	3217	71,0	3085,1
23 - Produtos Matéria Plástica	917	1227	1445	17,8	1	-99,9	-99,9
25 - Vest., Calçados e Art.Tecidos	-	-	139	-	47	-66,2	-
26 - Produtos Alimentares	23	45	18	-60,0	106	488,9	360,9
27 - Bebidas	1332	-	-	-	-	-	-
30 - Indústrias Diversas	-	-	1	-	-	-	-
TOTAL GERAL	2709	3501	3824	9,2	3725	-2,6	37,5

Fonte: *Aspectos Socioeconômicos dos Municípios do Rio Grande do Sul, 1983,1985,1991/92.*

# PESQUISA INDUSTRIAL DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RIO GRANDE DO SUL

## I - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Nome da Empresa:

Endereço:

Nome da pessoa entrevistada:

Cargo na empresa:

N. de telefone para contato:

Setor de atividade: Número atual de empregados:

Obs.: Nenhuma empresa será identificada na divulgação dos resultados. Os dados serão tratados globalmente.

## II - ORIGEM DAS PRINCIPAIS MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS

Informar as quantidades físicas das principais matérias-primas, peças e acessórios adquiridos pela empresa, para a filial do município, durante o primeiro semestre de 1995, com os seus respectivos preços.

Os preços dos insumos (p) podem ser preços médios, de tabela, ou preço de mercado. A empresa pode omitir, se desejar, preços especiais, com desconto. Os preços servem para homogeneizar quantidades referentes a produtos diferentes e não serão divulgados. As quantidades (q) referem-se ao primeiro semestre de 1995 e os preços a julho de 1995.

NOME DO INSUMO	MUNICÍPIO	RS	OUTROS ESTADOS	EXTERIOR
01.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
02.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
03.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
04.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
05.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
06.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
07.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:

**Obs.:** 1) Não incluir despesas com água, luz, telefones, serviços contratados, encargos sociais, juros, publicidade e manutenção de máquinas; 2) q = quantidades físicas (favor informar a unidade de medida); 3) p = preços dessa unidade de medida em julho de 1995.

### III - DESTINO DOS PRODUTOS DA EMPRESA

Informar as quantidades físicas dos principais produtos vendidos pela empresa (filial do município) durante o primeiro semestre de 1995, segundo o destino das vendas, bem como o preço unitário vigente no mês de julho de 1995. Usar folhas adicionais, se for necessário. Os preços dos produtos podem ser preços médios, ou de tabela (mesma observação do início do item 2).

NOME DO PRODUTO	MUNICÍPIO	RS	OUTROS ESTADOS	EXTERIOR
01.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
02.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
03.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
04.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
05.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
06.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:
07.	q: p:	q: p:	q: p:	q: p:

**Obs.:** 1) q = quantidades físicas (informar a unidade de medida); 2) p = preços dessa unidade de medida em julho/1995.

#### IV - FATORES DE LOCALIZAÇÃO

Favor descrever cada item, quando ele se aplicar à sua empresa. Enumerar atividades que, a seu juízo, poderiam ser desenvolvidas no município, mesmo que não tenham relação com sua atividade.

01. Disponibilidade local de matérias-primas e de produtos elaborados.
02. Disponibilidade de mão-de-obra (quantidade, qualificação, custo).
03. Infra-estrutura e serviços de apoio (estradas, portos, ferrovia, energia, telefones).
04. Disponibilidade de terrenos para expansão, incluindo custos.
05. Disponibilidade de compradores locais.
06. Outros fatores que quiser enumerar.
07. Quais as atividades industriais que poderiam ser desenvolvidas em seu município?
08. Quais os produtos que poderiam ser obtidos a partir dos resíduos industriais de sua empresa?

Informe o nome e as quantidades mensais dos resíduos referidos.

# ASPECTOS JURÍDICO-POLÍTICOS - ATRIBUIÇÕES, OBRIGAÇÕES E POSSIBILIDADES DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA GAÚCHA NA PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Andreas Joachim Krell

## DESENVOLVIMENTO DA PROTEÇÃO AMBIENTAL NOS MUNICÍPIOS

A proteção do meio ambiente no âmbito do município ocupa um lugar de destaque. É aqui onde se reúnem as mais variadas pretensões e reivindicações de uso do espaço como a habitação, o trabalho, a recreação e o trânsito. São justamente as decisões dos órgãos da política municipal que organizam a vida diária do ser humano transformam o seu meio ambiente natural e social.<sup>1</sup>

A tarefa estatal chamada “proteção ambiental” encontra-se ainda em fase de desenvolvimento; o processo parte do *combate de perigos* atuais, passando pela *prevenção* e, finalmente, chegando a uma *conservação* abrangente dos recursos naturais. Essas medidas não exigem somente uma elevada capacidade técnica, mas também uma maior sensibilidade do sistema político como um todo.<sup>2</sup> O leque das tarefas municipais tradicionais, como o zoneamento, o parcelamento do solo, a limpeza urbana, o escoamento sanitário, o planejamento do trânsito e das áreas de lazer, foi ampliado por novos desafios no

---

<sup>1</sup> Ulrich Bauer, *Gesundheit und Umweltschutz*, in: Klaus Fiedler (Hrsg.), *Kommunales Umweltmanagement*, Köln 1991, p. 294.

<sup>2</sup> Eberhard Schmidt-Aßmann, *Der Umweltschutz im Spannungsfeld zwischen Staat und Selbstverwaltung*, *Neue Zeitschrift für Verwaltungsrecht* 1987, p. 267s.

campo dos resíduos sólidos, da degradação do solo, dos ruídos, da proteção da natureza e das paisagens<sup>3</sup>.

Já no início dos anos 70 no Brasil existiu uma legislação que, embora de ainda não ser perfeita, na verdade já constituía uma base normativa suficiente para a realização de medidas fundamentais de combate à poluição ambiental que vinha se agravar numa maneira acentuadíssima. Nos anos seguintes, reconheceu-se cada vez mais que, para chegar num cumprimento mais eficiente das tarefas dessa área, seria necessário a instituição de órgãos e repartições descentralizados do poder público que deviam possuir um certo grau de autonomia técnica, financeira e administrativa.<sup>4</sup>

No início, a base legal pelas atividades dos municípios era exclusivamente o seu poder de polícia geral que era considerado um suporte normativo suficiente para que as prefeituras tomassem medidas concretas de controle sanitário contra a poluição do ar e da água bem como realizar um tratamento adequado do lixo urbano e do esgoto doméstico. Não havia dúvidas que esses serviços enquadravam-se no conceito do *peculiar interesse local*, conceito constitucional chave pela definição e delimitação das competências e atribuições dos municípios brasileiros.<sup>5</sup>

Nessa época, o erro principal na luta contra a degradação ambiental era o fato de que o poder estatal queria estabelecer uma *subdivisão de poluição* federal, estadual e municipal e que, enquanto os problemas eram descentralizados nas cidades e vilas, os meios e instrumentos para a sua solução achavam-se concentrados nos governos estaduais e, em cima de tudo, nos órgãos da União.<sup>6</sup> Até no meio dos anos 70 quase não existiam na esfera local programas específicos pelo fomento da proteção ambiental; era muito difícil achar políticos ou administradores nas prefeituras brasileiras que tivessem tido uma certa consciência dos problemas ecológicos da sua cidade ou região. Nessa época, na prática nem o estado, nem as comunidades exigiam e cobravam dos municípios a elaboração e implementação de uma verdadeira política ambiental local. No máximo, os entes locais deviam preencher algumas lacunas nos programas dos órgãos das esferas superiores de governo.<sup>7</sup>

Geralmente, ainda era julgada inútil a instituição de departamentos ou órgãos especiais nas administrações locais pelo alcance de determinados objetivos ecológicos. Devido ao caráter intersetorial dessa tarefa considerava-se apenas o próprio prefeito a ser capaz de comandar alguma atividade administrativa em direção a uma defesa do

---

<sup>3</sup> Cf. Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), "Município, Desenvolvimento e Meio Ambiente", Rio de Janeiro, 1992, p. 16.

<sup>4</sup> Cf. Eurico de A. Azevedo e Adilson A. Dallari. Fundamentos legais para o combate a poluição ambiental, 1970, Boletim do Interior n° 16-30, p. 187.

<sup>5</sup> Veja: Hely Lopes Meirelles, "Fundamentos legais para o combate a poluição das águas" e "Aspectos legais relacionados com a poluição do ar", in: Estudos e Pareceres de Direito Público I, 1971, p. 122, 130ss.

<sup>6</sup> José Roberto Faria Lima, in: O Homem e a Cidade, I. Simpósio sobre Política Urbana, Brasília, 1975, vol. 2, p. 306. Para ele, a razão da degradação generalizada da situação ambiental e da qualidade de vida das cidades brasileiras residia no esvaziamento do poder decisivo dos governos municipais.

<sup>7</sup> Alceu Natal Longo, A responsabilidade dos municípios nos problemas ambientais, in: Anais do 1. Encontro Regional sobre Ecodesenvolvimento do Sul Catarinense, Criciúma, 1980, p. 65ss.

meio ambiente.<sup>8</sup> Um relatório do Senado Federal de 1978 laconicamente constata que uma participação dos municípios na luta contra a degradação ecológica “praticamente não existia, salvo poucas, honrosas exceções”.<sup>9</sup>

Nesse tempo, na esfera local era bastante reduzido também o número de leis e decretos específicas tratando questões ligadas à defesa ambiental, em virtude do fato que a grande maioria dos órgãos locais se considerava não competente para editar normas nesse âmbito.<sup>10</sup> Os diplomas legais municipais promulgados até o fim dos anos 70 tratavam preponderantemente assuntos como a arborização nas áreas urbanas, instalações sanitárias, a escavação de fossas sépticas e a criação de parques, jardins botânicos e hortos. Efetuavam-se as primeiras interdições de desmatamentos e de despejos de efluentes perniciosos nos rios; algumas cidades tentavam controlar as emissões da frota dos ônibus urbanos e chegar num tratamento adequado do lixo doméstico. No entanto, esses empenhos em prol do meio ambiente local não foram desenvolvidos de maneira contínua.<sup>11</sup>

No período até 1985 progrediu a edição de leis ambientais locais que visaram ao alcance de metas específicas; proliferaram normas municipais sobre zoneamento e parcelamento do solo, sobre construções e obras. No entanto, essas leis, via de regra ainda não eram suficientes para formar um fundamento jurídico sólido de uma eficiente “política ambiental local”. Geralmente, os atores na política municipal se recusaram de assumir uma maior responsabilidade para a área ambiental alegando problemas mais urgentes como saúde, educação e emprego e lamentando também a falta de verbas e de pessoal especializado, a falta de participação por parte da população e a inexistência de legislação pertinente.<sup>12</sup> Essa atitude passiva se devia também ao manifesto desinteresse da União e dos Estados para executarem as suas próprias leis ambientais.

Depois da promulgação da Constituição Federal em 1988 e das Estaduais no ano seguinte, cada vez mais municípios vieram criando as suas normas para uma proteção mais eficiente do seu ambiente e o melhoramento da qualidade de vida da sua população. No centro dessas novas legislações ecológicas locais situam-se as novas Leis Orgânicas Municipais.

O estado de desenvolvimento da legislação ambiental local dos quatro municípios do Projeto é bastante reduzido. As Leis de Zoneamento e Códigos de Posturas (de Charqueadas, Arroio dos Ratos, Butiá) estão em fase de reformulação.

---

<sup>8</sup> Lysia Bernardes, Política da proteção ambiental, Rev. de Administração Municipal (RAM), n° 146, 1978, p. 57.

<sup>9</sup> Senado Federal, Comissão de Segurança Nacional, Política Nacional do Meio Ambiente, Brasília, 1978, n° 6.2.3.

<sup>10</sup> Roberto Durço, A problemática da poluição - enfoque jurídico, Rev. Justitia, n° 100, 1978, p. 41, 45; Toshio Mukai, Legislações prevalentes em matéria concorrente, Boletim de Direito Municipal (BDM), out. 1986, p. 759s.

<sup>11</sup> Lourdes C. Alves de Lima, O meio ambiente na legislação urbanística municipal (1955-85), in: Anais do II. Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, Florianópolis, 1989, vol. 1, p. 156s.

<sup>12</sup> Fanny Tabak e Carlos Alberto Medina, Percepção do meio ambiente e atuação das prefeituras locais, 1977, (datilografado), p. 16-24.

## COMPETÊNCIA PELA EDIÇÃO DE LEIS AMBIENTAIS EM NÍVEL LOCAL; O CONCEITO “INTERESSE LOCAL”

A Constituição Brasileira de 1988 alterou significativamente as atribuições em matéria ambiental; apesar das modificações, continua grande insegurança dos entes estaduais e municipais a respeito das suas responsabilidades. O novo texto não conferiu aos municípios competências legislativas explícitas no campo da proteção do meio ambiente;<sup>13</sup> os entes locais não foram incluídos no rol das *competências concorrentes* do Art. 24 da Constituição Federal, que distribui várias atribuições legislativas no campo da defesa ambiental entre a União, os Estados e o Distrito Federal.

A competência local para que os municípios criem uma própria legislação ecológica existe meramente na área do seu *interesse local*, de acordo o Art. 30, I, CF. Nesse “espaço reservado”, qualquer cidade ou aldeia pode emitir regulamentos sobre a proteção e preservação das suas águas, do seu ar, do seu solo, da sua natureza, flora e fauna. Dessa maneira, todo o direito ambiental dos municípios brasileiros está sendo definido e regulamentado exclusivamente pelo conceito do “interesse local”. Nesse ponto, concordamos plenamente com o professor Paulo Affonso Leme Machado, que alega, em artigo recente, que para detectar a competência legislativa concreta de um município no âmbito da proteção ambiental, “será o fulcro da questão constatar-se e comprovar-se a existência de *interesse local*”.<sup>14</sup>

A tese de que os municípios tenham o direito de *reforçar* e *exacerbar* qualquer lei protetora do Estado ou da União, mas, por outro lado, nunca possam criar normas ecológicas locais que fiquem abaixo das exigências da legislação superior, não encontra respaldo legal no sistema jurídico-constitucional do Brasil.<sup>15</sup> Esse raciocínio se restringe ao exame do conteúdo material dos dispositivos ambientais em questão, se afastando, porém, do fundamento básico de qualquer atribuição e responsabilidade das diferentes esferas da Federação que é o sistema complexo das competências constitucionais, Arts. 21-25 CF.

A competência legislativa dos municípios deve ficar estreitamente ligado ao conceito do *interesse local*, no sentido do Art. 30, I, da Constituição Federal. Dentro das legislações ambientais federal e estadual, só se permitem diferenciações locais quando essas são concretamente do interesse preponderante do município. Em casos onde prevalece o interesse regional, os tribunais podem cassar as respectivas normas locais.

Uma demarcação nítida dos interesses regional e local pode mostrar-se bastante problemática. A noção do interesse local é difícilima de se fixar e de se encontrar; isto porque inexistente interesse municipal delimitado por sua própria natureza. O conceito é vago e impreciso, exigindo interpretação particular de cada caso concreto.<sup>16</sup> Esse inte-

<sup>13</sup> Com exceção do âmbito vizinho do zoneamento urbano: Art. 29, V, CF 1988.

<sup>14</sup> Paulo A. Leme Machado, O município e o direito ambiental, Rev. Forense n° 317, 1992, p. 189ss.

<sup>15</sup> Sobre essa questão veja: Andreas Krell, Os Espaços de Ação dos Municípios dentro de um Sistema de Proteção Máxima de Direito Ambiental, Rev. Estudos Jurídicos da Unisinos, n° 69, 1994, p. 63-86.

<sup>16</sup> Cf. Jair Eduardo Santana, Competências Legislativas Municipais, Edit. Del Rey, 1993, pp. 96, 99.

resse peculiar dos municípios, para ser caracterizado e identificado, obedece a critérios mutáveis e empíricos pelo fato da existência das circunstâncias as mais diversas.<sup>17</sup>

No campo da proteção do meio ambiente, existem áreas como a da poluição do ar e da água, a disposição final do lixo, etc. que, recentemente, ainda eram consideradas problemas evidentemente locais, mas que se tornaram questões cada vez mais complexas e, hoje, já atingem regiões inteiras.<sup>18</sup> No momento, há tantos entrelaçamentos entre os diferentes âmbitos de proteção ambiental que parece sempre possível identificar também referências supralocais e regionais.<sup>19</sup> É normal que aquelas tarefas que numa cidade maior são claramente “de interesse local”, em municípios tipicamente rurais sejam caracterizadas de forma completamente diferente. Uma solução razoável para muitos problemas ecológicos se consegue somente mediante uma condução *supralocal*, em virtude da sua complexidade e do aspecto espacial-físico.

Na Alemanha encontramos o mesmo problema: o Art. 28, II, da Lei Fundamental Alemã reza, que “deve ficar garantido aos municípios o direito de regularem sob a sua própria responsabilidade e em obediência às leis, todos os assuntos da comunidade local”. Lá, a determinação do conteúdo e a exegese do conceito “comunidade local” é dominada pela doutrina pacífica de que somente representam tarefas do âmbito local aquelas que o município é capaz de *cumprir e decidir independentemente*. Essa regra, em princípio, está vigorando também no Brasil.<sup>20</sup>

Como princípio podemos afirmar que os assuntos de interesse local (Art. 30 I CF) são aqueles que o próprio Município, por meio de lei - especialmente a sua Lei Orgânica -, vier a entender de seu peculiar interesse.<sup>21</sup> Em casos de conflito com normas estaduais (interesse regional) tratando a mesma matéria, a demarcação das área de interesse preponderante será efetuada pelos tribunais.

Por outro lado, segundo a experiência alemã se bem como a brasileira, a esfera política municipal isolada raramente tem se mostrado capaz de “proteger” satisfatoriamente seus processos de decisão contra critérios pouco racionais e alheios a uma solução objetiva. Portanto é indispensável que os Estados federados editem parâmetros legais de orientação para assegurar um certo nível de padrões ambientais ultra-regionais, que devem ser observadas pelos municípios no seu planejamento.

Segundo Art. 30, inciso II CF compete também ao município “suplementar a legislação federal e estadual no que couber”. Destarte, fica a critério dos órgãos locais a concretização individual e suplementação das normas ambientais gerais e abstratas produzidas pelas instâncias políticas centrais. Tal complementação pode consistir também na *exacerbação* de normas protetoras se esse ato for conveniente em face das condições ecológicas, sociais e econômicas no respectivo local. Certamente são raras exceções os

<sup>17</sup> José Nilo de Castro, *Morte ou ressurreição dos municípios?*, Edit. RT, 1985, p. 47.

<sup>18</sup> Diogo Lordello de Mello, in: *Assembleia Nacional Constituinte - Suplemento n° 62*, p. 33.

<sup>19</sup> Jürgen Salzwedel, ob. cit., p. 4; Klaus Vogelsang; Uwe Lübking; Helga Jahn. *Kommunale Selbst-Verwaltung - Rechtsgrundlagen, Organisation, Aufbau*, Berlin, 1991, p. 91.

<sup>20</sup> Cf. Alaôr Caffé Alves, *Planejamento metropolitano e autonomia municipal no direito brasileiro*, Edit. Buhatsky, 1981, p. 264s., 307.

<sup>21</sup> Antônio Roque Carrazza, *Curso de Direito Constitucional Tributário*, 2. ed., Edit. RT, 1991, p. 96.

casos onde as esferas superiores do estado possam ter justos “interesses” para impedir a edição de tais normas ambientais mais restritivas pelos municípios.

As administrações dos estados brasileiros, dentro de um prazo previsível, dificilmente serão capazes de elaborar padrões ecológicos que sejam adaptados às realidades de cada região. Em muitos lugares somente os entes municipais serão capazes de colher e compor as informações e dados necessários sobre os seus territórios. São poucos os municípios brasileiros que dispõem de informações e dados atualizados sobre a qualidade do seu solo, da sua vegetação, do uso agrícola e até das edificações presentes no seu território; maioria deles somente agora está começando a se interessar por suas próprias condições geográficas, a fim de cumprir o mandamento constitucional de elaborar o seu Plano Diretor.

Portanto, faz-se necessária uma *concentração dos conhecimentos* existentes e disponíveis em cada região através das administrações locais, das universidades, associações profissionais, sindicatos, grupos ecológicos e também dos órgãos estaduais e federais para que se chegue a uma elaboração de normas e padrões ambientais convenientes. Esse potencial fica consideravelmente ampliado pela colaboração intermunicipal que está iniciando em muitos lugares.

## **DISTRIBUIÇÃO DE COMPETÊNCIAS NA ÁREA DO “URBANISMO”**

O *direito urbanístico* visa precipuamente à ordenação das cidades, mas os seus preceitos incidem também sobre as áreas rurais, no vasto campo da ecologia e da proteção ambiental, intimamente relacionadas com as condições da vida humana em todos os núcleos populacionais, da cidade ou do campo. Pois é fato incontestante que a qualidade de vida dos moradores urbanos depende fundamentalmente dos recursos naturais, das terras, águas e das florestas que circundam as grandes e pequenas cidades, assim como as atividades exercidas em seus arredores.<sup>22</sup>

Os assuntos urbanísticos são da competência simultânea de todas as entidades estatais, porque a todas elas interessa a ordenação físico-social do território nacional. Compete a União instituir as *diretrizes para o desenvolvimento urbano* e editar *normas gerais sobre urbanismo* (Arts. 21, XX; 24, I, § 1 CF); cabe aos Estados-membros organizar o *plano estadual de urbanismo* e estabelecer as *normas urbanísticas regionais*, complementares das federais (Arts. 24, I, e par. 2).

Os problemas de desenvolvimento urbano, trânsito e saúde pública de âmbito nacional entrosam-se com os seus correspondentes no plano estadual e municipal, principalmente no que concerne à ordenação dos espaços habitáveis. A União tem a faculdade de editar normas gerais, isto é, regras genéricas de conduta e não intervir nos entes federados, impondo padrões standardizados sem poder entrar nos detalhes. Ultrapassando esses limites, a ação federal atentará de maneira inconstitucional contra a autonomia estadual e municipal. A União, até hoje, não editou uma Lei Geral ou um Código de Urbanismo; tal

---

<sup>22</sup>Hely Lopes Meirelles, *Direito Municipal Brasileiro*, 6. ed., atualizada por Izabel C. Lopes Monteiro e Yara D. Police Monteiro, Edit. Malheiros, 1993, p. 381.

diploma legal deveria tratar dos instrumentos de atuação a serem utilizados pelos executores da política urbana, reformulando o preceito da função social da propriedade.

O Estado do Rio Grande do Sul, em 1994, editou a sua Lei do Desenvolvimento Urbano, 10.116 (23/3/94), com prescrições importantes sobre os planos diretores municipais, o parcelamento do solo, entre outros itens.

Aos Municípios cabe elaborar e executar o seu Plano Diretor e promover o ordenamento urbano (Art. 182 CF). Além disso, compete aos entes locais promover adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano (Art. 30, VIII, CF). O Município possui instrumentos normativos e executivos para ordenar física e socialmente o seu território, a regular o uso e a ocupação do solo urbano, bem como a instalação da infraestrutura e o exercício de atividades que afetam a vida e o bem-estar da comunidade. Sua atuação urbanística é plena na área urbana e restrita na área rural, pois o ordenamento desta, para as suas funções agrícolas, pecuárias e extrativas, compete à União, só sendo lícito ao Município intervir na zona rural para coibir empreendimentos ou condutas prejudiciais à coletividade urbana, ou para preservar ambientes naturais de interesse público local.<sup>23</sup>

Verifica-se que há dois planos de competência singularmente definidos que acabam convergindo para o mesmo fim. União e Estado podem editar normas de direito urbanístico, mas no campo local o Município, embora atento a tais normas e, consoante o seu melhor interesse e peculiaridades próprias, dispõe acerca do Plano Diretor e seus corolários próprios.<sup>24</sup>

## **EXECUÇÃO DE NORMAS AMBIENTAIS PELOS MUNICÍPIOS; O SISTEMA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE**

No Brasil, ainda não existem estruturas passíveis de levar a uma verdadeira “repartição de trabalho” no cumprimento eficiente das tarefas públicas. Nas relações verticais entre os diferentes níveis de Estado ainda não foi claramente definido o que se exige das prefeituras municipais na colaboração com as demais entidades para que os variados problemas que influenciam negativamente a qualidade de vida das populações locais sejam enfrentados com maior êxito.

O estabelecimento de um sistema de proteção ambiental que tenta unir todos os três níveis de estado baseou-se também no raciocínio de que, num país de porte continental como o Brasil, o controle efetivo da execução de políticas ambientais não deve ser demasiadamente centralizador. A fiscalização descentralizada da aplicação das leis ambientais pelos municípios prometeu resultados melhores, visto que apenas no âmbito local é possível obter uma imagem precisa das partes concre-

---

<sup>23</sup> Hely Lopes Meirelles, ob. cit., p. 393.

<sup>24</sup> Diomar Ackel Filho, Município e Prática Municipal, Edit. RT, 1992, p. 47.

tas do meio ambiente local, as quais merecem ser protegidas, e a maneira adequada de fazê-lo.<sup>25</sup> As falhas na implementação das normas jurídicas, problema tradicional e gravíssimo no Brasil, está manifestando-se com severidade também na implementação deficiente da legislação ambiental recente de todos os níveis estatais. As chances para que se chegue a um controle e uma execução eficaz dos dispositivos legais que protegem o meio ambiente apresentam-se bem melhores na esfera municipal do que nas superiores.

Muitos municípios, por razões técnicas, ainda se sentem obrigados a deixar aos cuidados dos órgãos, muitas vezes distantes, das administrações superiores a fiscalização das leis ambientais, bem como a apuração e punição de infrações às mesmas. No passado, muitos prefeitos acreditavam que a fiscalização de normas ambientais era exclusiva obrigação das esferas superiores e que as suas cidades não tinham condições materiais de permitir-se o “luxo” de uma maior proteção ecológica.<sup>26</sup>

Mesmo assim, após a promulgação dos novos textos constitucionais, em muitos municípios estão ocorrendo tentativas promissoras no sentido de alcançar-se uma nova posição política, diante dos problemas ecológicos que afetam as comunidades locais. Mais e mais prefeituras estão instituindo uma Secretaria Municipal do Meio Ambiente e fomentam a criação de um Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (Condem).

A Lei Federal 6.938/81 erigiu formalmente o Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama) ao qual, desde então, passaram a referir-se muitas outras leis ambientais federais e estaduais. O Sisnama compreende o Conselho de Governo como órgão *supremo*, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) como órgão *consultivo*, a Secretaria do Meio Ambiente (Semam) como órgão *central* e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) como órgão *executivo* (Art. 6.º Lei 6.938/81). As partes da administração que tratam questões do meio ambiente no âmbito federal são denominadas órgãos *setoriais* e, na esfera estadual, órgãos *seccionais*. Ao par destes, há as repartições e instituições ambientais dos municípios, os chamados “órgãos locais” do Sisnama (Art. 6.º, VII).

O Sisnama procura integrar os órgãos regionais e locais na execução das regras estabelecidas pelo Conama. A fiscalização e o controle da aplicação das normas e padrões de qualidade ambiental deve ser executado pelo Ibama apenas *supletivamente* em relação aos órgãos estaduais e municipais (Art. 11 § 1 da Lei 6.938/81).<sup>27</sup>

Toda essa construção normativa do Sisnama tem como principal defeito fundar-se na idéia errônea - comum, aliás, a muitas leis ambientais brasileiras - de que uma lei federal possa criar, *de cima para baixo*, um sistema completo que defina de maneira nítida e exata os campos de ação dos diferentes níveis de governo. No Brasil, uma tal tentativa nunca teve e continua a não ter respaldo legal.

---

<sup>25</sup> Fundação SEADE, Lei 6.938/81 - sugestões para a regulamentação, 1982, p. 24.

<sup>26</sup> João L. de Moraes Barreto, O desenvolvimento industrial e seu impacto sobre o meio ambiente, Rev. de Administração Pública (RDA), n.º 156, 1980, p. 71.

<sup>27</sup> Esse dispositivo foi literalmente reiterado pelo art. 21, § 1, do Decreto Federal n.º 99.274/90.

## O SISTEMA DE “SEPARAÇÃO ADMINISTRATIVA”; A NECESSIDADE DA CELEBRAÇÃO DE CONVÊNIOS

O sistema administrativo brasileiro tem a sua base no princípio da *execução imediata*. Os quadros de funcionários mantidos pela União, pelos Estados e pelos Municípios, respectivamente, executam - com poucas exceções - exclusivamente os dispositivos legais da própria esfera.<sup>28</sup> No passado, os órgãos de uma prefeitura municipal, por exemplo, podiam fundamentar os seus atos somente nas leis produzidas pela Câmara local ou nos decretos do prefeito.

Sob o regime da Constituição Federal anterior, de 1967/69, a competência *administrativa* resultava direta e necessariamente da respectiva competência legislativa. Portanto, uma administração não podia agir para executar as normas de uma outra esfera política.<sup>29</sup> Por outro lado, nenhum estado brasileiro poderia - por exemplo - prescrever aos seus municípios o procedimento administrativo a observar em seus atos. Segundo a teoria dominante no Brasil, tal regulamentação iria abusar das prefeituras, reduzidos a “intermediários burocráticos”.<sup>30</sup>

No Brasil, a única possibilidade de execução de leis de uma outra esfera estatal sempre foi e, segundo a opinião da doutrina jurídica, continua sendo, a celebração de *convênios administrativos*, que, até hoje, representam o principal instrumento de colaboração entre a União, os Estados e os Municípios. A doutrina brasileira considera os convênios como *acordos*,<sup>31</sup> mediante os quais uma entidade pública concorda com uma outra sobre a execução de uma tarefa ou atividade da sua competência.<sup>32</sup> Esses convênios são negociados individualmente entre as prefeituras e o Estado ou a União e normalmente contêm uma ajuda financeira e técnica para os municípios que, na maioria dos casos, não possuem os meios necessários para o cumprimento das respectivas tarefas.<sup>33</sup>

---

<sup>28</sup> Cf. José Afonso da Silva, Curso de Direito Constitucional Positivo, Edit. RT, 1990, p. 416; Constatou o Supremo Tribunal Federal que “os municípios não têm, originariamente, o poder de executar leis, serviços ou decisões estaduais”, S.T.F., Repr.Inconst. n° 1.235-2-SP, Boletim de Direito Municipal (BDM), jun. 1990, p. 363.

<sup>29</sup> Sob a égide da Constituição Federal de 1967/69, o Tribunal de Justiça de São Paulo ainda julgou, em caso de inexistência de regulamentação municipal que discipline a matéria ambiental, impossível de socorrer-se o Município de legislação estadual ou federal para fundamentar a sua exigência de abstenção do lançamento de poluentes no ar; cf. RJTJSP, n° 103, p. 47.

<sup>30</sup> Flávio Villaça, Uso do solo urbano, CEPAM, S. Paulo, 1978, p. 66. O sistema vigente na Alemanha é diferente. Art. 83 da Lei Fundamental estabelece como princípios que “os estados executarão as leis federais como matéria própria” e que “o Governo Federal exercerá a fisco-lização sobre a execução das leis federais pelos estados conforme o direito vigente” (Art. 84, I). Além disso, existe a execução de leis federais pelos estados “por delegação da Federação” (Art. 85 Lei Fundamental). Os municípios alemães, por sua vez, são obrigados por lei dos Estados federais a executar tarefas delegadas (*Auftragsangelegenheiten*) ou cumprir determinadas funções da sua própria responsabilidade.

<sup>31</sup> Armando Dias Cabral, Proteção ambiental, Rev. de Direito Público (RDP), n° 47/48, 1978, p. 83.

<sup>32</sup> Cf. Diogo de F. Moreira Neto, Curso de Direito Administrativo, Rio de Janeiro, 1990, p. 151.

<sup>33</sup> Eles normalmente são celebrados entre órgãos estaduais e prefeitos que fazem parte da mesma linha política, ou, pelo menos, nestes casos, com maiores benefícios para os municípios.

Na verdade, toda a estrutura do Sisnama representa uma violação do sistema de divisão administrativa entre os entes da federação brasileira. O sistema nada mais é do que um esboço ou “esqueleto” que precisa ser preenchido através de convênios livremente celebrados entre a União, os Estados e os Municípios. Os órgãos federais, no entanto, ainda não desenvolveram iniciativas notáveis para a celebração de tais convênios com os municípios, para que estes executem e controlem as normas ambientais federais, assim como as Resoluções do Conama.

Para conseguir uma melhor integração dos municípios nesse sistema seria preciso convencer os seus representantes da necessidade de celebrar os respectivos convênios de colaboração. O Ibama, no entanto, até agora não mostrou muitos esforços nesse sentido. A grande maioria dos prefeitos e vereadores brasileiros até hoje desconhecem o fato de que o seu município é, há muitos anos, por determinação legal, um integrante do Sisnama e quais são as atribuições e possibilidades que resultam desta participação formal. Por conseqüência, como dantes, consideram-se incompetentes para a solução dos seus problemas ecológicos e tentam desviar a responsabilidade - também diante da população - para os órgãos ambientais do Estado ou até da União.

Desde o início, a pretensão ambiciosa do Sisnama não correspondeu nenhum pouco às possibilidades reais das administrações municipais. Esta primeira tentativa de formular uma política nacional de meio ambiente também não levou em conta que as três esferas da federação brasileira não se encontram no mesmo nível de desenvolvimento institucional. Embora a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (6.938/81) tenha designado as metas da proteção ambiental e fixado os instrumentos para o seu alcance, na verdade, contribui muito pouco para a solução dos problemas ecológicos.<sup>34</sup>

Evidentemente, os órgãos políticos do município, na elaboração e edição das suas normas ambientais, têm de respeitar as normas das outras esferas e assegurar que os dispositivos locais não entrem em choque com a legislação superior. A execução concreta das leis pelas prefeituras municipais, contudo, não pode ser influenciada pelo Estado ou a União. Mesmo em casos de manifesta desatenção à legislação ambiental pelas administrações locais, as esferas superiores somente podem tomar medidas através dos seus próprios órgãos.

Muitas municípios deixam a fiscalização e o licenciamento da grande maioria dos projetos relevantes para o meio ambiente aos cuidados dos órgãos estaduais porque somente estes dispõem dos meios técnicos necessários. No entanto, as prefeituras deveriam tomar uma atitude mais firme na defesa ecológica e atuar no controle dos estabelecimentos menores, tais como postos de gasolina, matadouros, ser-

---

Nas campanhas eleitorais, os governos estaduais costumam usá-los para a cooptação dos prefeitos. Depois, nos municípios onde as pessoas dos partidos opositos ganharam as eleições, normalmente não se dá continuidade por falta de interesse político. Segundo Hely Lopes Meirelles “essa instabilidade institucional dos convênios, aliada à precariedade de sua administração, vem criando dificuldades quase insuperáveis para sua operatividade”, cf. *Direito Administrativo Brasileiro*, Edit. RT, 1989, p. 354s. Normalmente, os convênios também não contêm disposições sobre o caso de o governo estadual deixar de reembolsar os recursos financeiros adiantados pelos municípios no cumprimento da respectiva tarefa.

<sup>34</sup> Edésio Fernandes Júnior, ob. cit., p. 161.

rarias ou fossas sanitárias, visto que, nesses casos, muito se pode conseguir em prol do meio ambiente local através de medidas simples e relativamente baratas.<sup>35</sup> No país inteiro, pequenas empresas como tinturarias, funilarias, bares e restaurantes, lavanderias e postos de gasolina até agora não são controladas nem pelos municípios nem pelas administrações estaduais. Seria necessário que os novos planos diretores locais instissem zonas especiais para pequenas empresas e comércio, contornando assim os prejuízos ecológicos e graves incomodações da população causados por estes estabelecimentos de pequeno porte, que, muitas vezes, funcionam em zonas residenciais.

No Rio Grande do Sul existem dúvidas sobre a distribuição das competências do licenciamento e da fiscalização de várias atividades poluidoras, especialmente as pequenas e médias. O Estatuto da Fepam (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), Lei Estadual 9.077/90,<sup>36</sup> determina no seu art. 2.º, que compete à Fepam I - diagnosticar, acompanhar e controlar a qualidade do meio ambiente, II - prevenir, combater e controlar a poluição em todas as suas formas, IV - exercer a fiscalização e licenciar atividades e empreendimentos que possam gerar impacto ambiental, bem como notificar, autuar e aplicar as penas cabíveis, no exercício do poder de polícia.

Uma divisão legal mais nítida ainda não foi realizada. Para a concretização da responsabilidade no caso concreto, os fiscais do órgão ainda estão se valendo do antigo Decreto 30.527 de 1980 que definiu, de maneira pouco clara e linguisticamente confusa, as fontes de poluição a serem licenciadas e policiadas pela Fepam.<sup>37</sup> Por consequência dessa situação jurídica, na prática são frequentes os desentendimentos entre o órgão ambiental estadual e as secretarias das respectivas prefeituras municipais.

---

<sup>35</sup> Nesses casos, segundo Lauro Bacca, é preciso alcançar uma “municipalização do meio ambiente”, deixando aos cuidados da União e dos Estados o atacado da proteção ambiental, enquanto os municípios deveriam concentrar os seus esforços no varejo; cf. Política e gerenciamento ambiental, in: Anais do 2. Encontro Nacional de Meio Ambiente, Florianópolis, 1988, vol. 3, p. 324ss., 327.

<sup>36</sup> Veja também o Decreto Estadual nº 33.765/90.

<sup>37</sup> A saber: I - atividades de extração e tratamento de minerais; II - atividades industriais; III - serviços de reparação, manutenção e conservação; IV - qualquer tipo de atividade comercial ou de prestação de serviços, que utilize processos ou operações de cobertura de superfície metálicas, não-metálicas, bem como de pintura a revólver ou galvanotécnicas, excluída a pintura de prédios e similares; V - sistemas públicos de tratamento ou de disposição final de resíduos ou materiais; VI - atividades que impliquem na queima de combustível sólido, líquido ou gasoso, para fins comerciais, industriais ou de serviços, exceto bares, lanchonetes e similares e serviços de transporte; VII - usinas hidrelétricas, termelétricas e atômico-elétricas; VIII - serviços de coleta, transporte e disposição final de materiais retidos em estações, ou em dispositivos, de tratamento de água, esgoto ou de resíduo líquido industrial, de lixo ou de resíduos sólidos, com exceção dos serviços públicos de coleta e transporte; IX - atividades que compreendam o uso de incinerador ou outro dispositivo para queima de lixo e materiais ou resíduos sólidos, líquidos e gasosos; X - todo e qualquer loteamento de imóveis, independentemente do fim a que se destine.

## A ATRIBUIÇÃO DE “COMPETÊNCIAS COMUNS” NO ART. 23 DA CONSTITUIÇÃO FEDERAL

Segundo o Art. 23 da Constituição Federal é de competência comum da União, dos Estados e dos Municípios “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas (VI), preservar as florestas, a fauna e a flora (VII) e promover a melhoria das condições de saneamento básico (IX). Além disso, incumbe a todas as três esferas “registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios (XI)”.

Esse artigo regulamenta a competência administrativa ou competência “geral”, a qual abrange também a realização de medidas administrativas e a tomada de decisões políticas. Com isso, a Carta Magna pela primeira vez atribui separadamente competências administrativas que eram antes “automaticamente” incluídas nas competências legislativas correspondentes.

O significado do Art. 23, no entanto, até agora foi pouco esclarecido, não havendo consenso, na doutrina brasileira, sobre as conseqüências jurídicas deste dispositivo. Há autores que entendem a listagem das competências do Art. 23 como “medida pedagógica”,<sup>38</sup> mediante a qual pretende-se mostrar à esfera local, de maneira clara e irreversível, o seu importante papel na solução dessas tarefas tão significativas em nível nacional.<sup>39</sup> Outros, ainda, alegam que o Art. 23 faculta ao poder público também a edição de normas legais que sejam diretamente necessárias para a realização das tarefas de que trata, como, por exemplo, o estabelecimento e a organização de órgãos administrativos.<sup>40</sup> Embora inexista um regulamento correspondente ao Art. 23 nas Constituições anteriores, já antes de 1988 a maioria dos municípios brasileiros vinham desenvolvendo atividades nas áreas ali enumeradas. Houve, porém, uma falta de clareza a respeito das possibilidades de ação da esfera local.<sup>41</sup>

O antigo problema das “competências concorrentes” não foi solucionado pelo Art. 23. Já antes da reforma constitucional, o sistema de repartição de encargos entre os diferentes níveis da federação foi criticado pela ausência de uma divisão de competências entre as diversas esferas governamentais que gerou a duplicação de esforços e lacunas na prestação dos serviços, com grandes desperdícios financeiros. Em decorrência, evidenciava-se a falta de responsabilidade dos órgãos públicos pela prestação de serviço, dificultando a

<sup>38</sup> Anna C. da Cunha Ferraz, *União, Estado e Município na nova Constituição: enfoque jurídico-formal*, in: CEPAM/FUNDAP, *Perspectivas*, São Paulo, 1989, p. 67.

<sup>39</sup> Saboya e Bonfim, *Comentários à Constituição Federal*, 1990, vol. 2, p. 79.

<sup>40</sup> Antônio di Munno Corrêa, *Planejamento Urbano*, Rev. de Direito Público (RDP), n° 98, 1991, p. 257; Armando Dias Cabral, *Fundamentos constitucionais do direito ambiental*, Belo Horizonte, 1988, p. 83. Toshio Mukai enfatiza que o Art. 23 não significa que lei federal possa determinar a Estados e Municípios que se abstenham ou ajam em certo sentido, pois tal comportamento representaria um desrespeito ilícito da autonomia constitucionalmente garantida a tais entes; cf. As competências dos entes federados na Constituição de 1988, *Boletim de Direito Administrativo (BDA)*, dez. 1991, p. 714.

<sup>41</sup> Cf. Instituto Brasileiro de Direito Administrativo, *O Município e a Constituinte*, Belo Horizonte, 1986, p. 11.

relação usuário-governo e o controle social sobre a ação estatal. A falta de uma visão clara do que compete a cada esfera torna impossível uma repartição adequada dos recursos públicos que deveriam ser fixados em função da correspondência recursos-encargos.<sup>42</sup>

Uma fonte de graves dificuldades para a implantação de políticas é fato de que os atores da área costumam definir suas estratégias de modo independente e segundo diferentes prioridades, o que conduz a ações isoladas, não-coordenadas e às vezes até mesmo conflitantes. A multiplicação e a superposição de competências em matéria de defesa ambiental e a disputa por recursos geralmente escassos propiciam o estabelecimento de conflitos de poder entre as diferentes instituições governamentais. Um dos principais fatores pela inadequação do atual quadro institucional para o planejamento e o gerenciamento ambiental é a presença de interesses setoriais contraditórios, segundo as atribuições de cada instância de governo: prefeituras, ministérios, empresas mistas etc.<sup>43</sup>

O parágrafo único do Art. 23 deixa para uma lei complementar a fixação de normas para a cooperação entre os três níveis estatais, a qual deve ter em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar em âmbito nacional. Essa lei até hoje não foi promulgada e não há notícias da existência de respectivos projetos. É de supor que muitos aspectos do sistema das competências administrativas formado pelo Art. 23 da Constituição Federal trarão grandes dificuldades para sua correta compreensão. O exercício dessas competências comuns torna imperiosa a articulação política entre as diferentes esferas estatais para a prestação desses serviços com eficiência e racionalidade, a fim de impedir o desperdício de recursos públicos e a superposição de funções idênticas.<sup>44</sup>

A doutrina brasileira ainda não se manifestou claramente se, depois de 1988, os órgãos de uma entidade política somente podem desenvolver atividades com base nas suas próprias leis. É possível, que a nova Constituição Federal tenha tido a intenção de abandonar esta separação estrita. A nova Carta Magna, pela primeira vez, enumera separadamente as competências administrativas das três esferas estatais, que não são mais coincidentes com as competências legislativas, o que acontecia antes de 1988.

Há autores que acentuam a vantagem de que as administrações municipais na execução de medidas protetoras ao meio ambiente agora possam recorrer a normas superiores.<sup>45</sup> Na busca do significado jurídico do Art. 23, concordamos plenamente com o Presidente da Sociedade Brasileira de Direito Ambiental (Sobradima), Paulo Affonso

---

<sup>42</sup> Fernando Antonio Rezende da Silva, Repartição de encargos públicos na Federação brasileira, in: A Nova Constituição Paulista - Perspectivas, Cepam/Fundap, 1989, p. 23.

<sup>43</sup> Elisabeth Monosowski, Políticas ambientais e desenvolvimento no Brasil, in: Cadernos Fundap, São Paulo, n° 16, 1989, p. 17, 23.

<sup>44</sup> Paulo J. Vilela Lomar, As Leis Orgânicas Municipais e a nova ordem constitucional - principais questões e perspectivas, in: Anais do Seminários sobre Leis Orgânicas Municipais, USP, 1990, (datilografado), p. 31.

<sup>45</sup> O famoso autor Hely Lopes Meirelles entendeu que o Art. 23 da CF de 1988 abriu espaço à ação da autoridade policial comum - inclusive a das prefeituras -, por iniciativa própria, na aplicação das normas estabelecidas pelo Código Florestal (Direito Administrativo Brasileiro, 1989, p. 477). Antes da reforma constitucional, ele ainda julgava necessária a celebração de convênios para a execução desta lei por uma administração local, cf. Poder de polícia - taxação de florestas, in: Estudos e Pareceres de Direito Público IV, São Paulo, 1981, p. 221. No mesmo sentido: André Tostes, Sistema de Legislação Ambiental, CECIP, Edit. Vozes, Petrópolis, 1994, p. 81.

Leme Machado, o qual, ensina que, depois da entrada em vigor do Art. 23, “qualquer dos três entes públicos tem competência para aplicar a legislação ambiental, ainda que essa não tenha sido da autoria do ente que a aplica”.<sup>46</sup> Até a legislação de muitos municípios brasileiros hoje prevê a execução e implementação de normas superiores de proteção ambiental.<sup>47</sup>

Outros autores, aliás, sem comentar essa mudança fundamental da situação jurídica, alegam que, para o exercício do poder de polícia ambiental pelos Estados e Municípios, não haja necessidade de que esses entes públicos disponham de legislação ambiental própria e que Estados e Municípios podem e devem aplicar as leis nacionais, bastando a previsão constitucional da competência e dos princípios e das normas gerais do Art. 225 da Constituição Federal.<sup>48</sup>

Essa mudança pode levar a uma proteção ambiental mais eficiente por parte do poder público brasileiro. Agora é facultado aos prefeitos municipais ecologicamente sensibilizados intervir em prol do ambiente local contra desmatamentos, despejos de efluentes industriais, abuso de agrotóxicos etc. de maneira que as suas secretarias podem determinar embargos, exigir licenças adicionais, lavrar multas de infração, entre outras medidas. Por consequência deste fato, as prefeituras não precisam mais esperar a elaboração de próprios *códigos ambientais locais*, que, muitas vezes, representam meras transcrições dos padrões federais ou estaduais, com poucas mudanças.

Vale ressaltar, no entanto, que essa instituição da liberdade na aplicação da legislação federal e estadual ainda não determinou a diminuição da importância dos convênios, que continuam lícitos.<sup>49</sup> Somente por meio destes podem ser estipuladas as regras e condições da execução do direito superior e concedido apoio técnico e financeiro. A maioria dos municípios brasileiros não possui os recursos humanos e materiais necessários para uma efetiva implementação das normas que regulam a proteção do meio ambiente.

## **O conceito do “poder de polícia” administrativa e o problema do “poder-dever”**

Alguns autores que compreendem o Art. 23 CF como uma atribuição expressa de um *poder de polícia* preventivo e repressivo para os municípios nessas áreas.<sup>50</sup> Essa expressão merece alguns esclarecimento. O conceito “poder de polícia” vem evoluindo constan-

---

<sup>46</sup> Paulo A. Leme Machado, Os municípios e o direito ambiental, Rev. Forense n° 317, 1992, p. 189ss.

<sup>47</sup> Art. 41, XXIII, da Lei Municipal de Curitiba n° 7.447/90. O fato o município ser vinculado a uma lei superior no sentido de ter de obedecê-la não significa ao mesmo tempo uma competência ou a obrigação de *executar* e *implementar* essa norma. Na Alemanha, a importância dessa distinção foi expressamente enfatizada pelo Supremo Tribunal Administrativo, BVerwGE, n° 29, pp. 52, 55.

<sup>48</sup> Cf. André Tostes, Sistema de Legislação Ambiental, Vozes, Petrópolis, 1994, p. 81.

<sup>49</sup> Embora o texto constitucional de 1988 não mais menciona os convênios - como fazia o Art. 13, parágrafo 3, da Carta anterior - a celebração de convênios entre diferentes esferas estatais continua sendo permitida nas áreas das tarefas enroladas no Art. 23 CF; cf. Maria Sylvia Zanella de Pietro, Polícia do meio ambiente, Rev. Forense, n° 317, 1992, p. 182.

temente e passa atualmente por uma profunda reelaboração. Nos tempos modernos ele surge como uma faculdade excepcional de delimitar direitos subjetivos dos administrados com a finalidade de salvaguardar a segurança, a salubridade e a moralidade pública.<sup>51</sup>

No *Estado de Direito* do Brasil contemporâneo, as liberdades e direitos fundamentais constitucionalmente garantidos aos indivíduos somente podem ser limitados por normas legais que atribuam à administração os poderes necessários.<sup>52</sup> A doutrina mais moderna começa fazer relevante distinção entre *poder de polícia* como manifestação do poder legislativo e *atividade de polícia* a ser a função da Administração Pública que se exerce mediante atos de polícia. No Brasil não é hábito fazer aquela distinção.<sup>53</sup> Hoje em dia, a proteção do meio ambiente no Brasil já dispõe de um regime jurídico especial que, para ser eficaz, necessariamente importa em limitações a direitos individuais, tais como restrições ao uso e gozo da propriedade, à liberdade de comércio, de indústria e outras iniciativas privadas, sujeitando-os a controle especial, mediante atos de licenciamento, de aprovação, de fiscalização e imposição de sanções.

Essas atividades podemos assinalar de expressões de um *poder de polícia especial*, porém, elas devem ser consubstanciadas em normas de lei formal. Na maioria das publicações sobre questões de direito ambiental encontramos com frequência o conceito do “poder de polícia ambiental”, sem que fique, muitas vezes, suficientemente claro que esse poder significa nada mais do que a *execução* das respectivas normas legais da União, dos Estados e Municípios mediante fiscalização, lavra de multas e outras medidas de controle.<sup>54</sup>

Em princípio, a *competência* de polícia pertence às esferas federal, estadual e municipal, dependendo quais desses entes tiver o direito de regular a respectiva matéria.<sup>55</sup> Todavia, como certas atividades interessam simultaneamente às três entidades estatais, pela sua extensão a todo o território nacional (v.g. saúde pública, trânsito, transportes etc.) o poder de regular e de policiar se difunde entre todas as administrações interessadas.<sup>56</sup> A regra, entretanto, é a exclusividade do policiamento administrativo; a exceção é a sua concorrência.<sup>57</sup>

---

<sup>50</sup> Barreto e Corrêa, O Município e a questão ambiental, 1991, Rev. dos Tribunais n° 670, p. 235; Diogo de F. Moreira Neto, ob. cit., p. 351.

<sup>51</sup> Augustin Gordillo, Tratado de Derecho Administrativo, tomo 2, Buenos Aires, 1975, p. XII-4, 13; Rafael G. Falla, Tratado de Derecho Administrativo, vol. II, 3.ed., Madrid, 1966, p. 142.

<sup>52</sup> Carlos Ari Sundfeld, Administração ordenadora, in: Celso A. Bandeira de Mello (Coord.), Direito Administrativo na Constituição de 1988, Edit. RT, 1991, p. 60; Celso Antônio Bandeira de Mello, Curso de Direito Administrativo, 4.ed., Malheiros, 1993, p. 351s.; ele observa: “Imagina-se algumas vezes, e do modo mais ingênuo - que tal ou qual providência - mesmo carente de supedâneo em lei que a preveja - pode ser tomada pelo Executivo por ser manifestação de “poder de polícia”.

<sup>53</sup> José Afonso da Silva, Poder de polícia, Rev. de Direito Administrativo (RDA), n° 132, 1978, p. 243.

<sup>54</sup> Cf. Diomar Ackel Filho, Município e Prática Municipal, Edit. RT, 1992, p. 77.

<sup>55</sup> Caio Tácito, Direito Administrativo, Saraiva, 1975, p. 144; Celso Antônio Bandeira de Mello, Curso de Direito Administrativo, 4.ed., p. 368s.

<sup>56</sup> Álvaro Lazzarini, Aspectos Administrativos do Direito Ambiental, Boletim de Direito Administrativo (BDA), mar. 1995, p. 143s.

<sup>57</sup> Hely Lopes Meirelles, Direito Administrativo Brasileiro, 14. ed., São Paulo, 1989, p. 109.

O que não se pode, é deduzir do preceito do poder de polícia administrativa a conclusão de que os Municípios sempre sejam *obrigados* a executarem qualquer lei ambiental federal ou estadual quando os seu “interesse ecológico local” seja atingido. Qualquer poluição do meio ambiente de maior envergadura - gases industriais e de veículos no ar, dejetos líquidos nos córregos e rios, resíduos venenosos e agrotóxicos no solo - onera o meio ambiente de um município e piora a qualidade de vida saudável da sua população. Na grande maioria dos casos teríamos de aceitar também um interesse local.

Com isso, no entendimento de alguns autores, os órgãos das prefeituras seriam obrigados - na base da teoria do “poder-dever”- de tomarem imediatamente as suas medidas e executarem todas leis ambientais e sanitárias existentes, sejam elas locais, estaduais ou federais. Em casos de omissão da administração local, caberia a instauração de processos de responsabilidade. Não é possível “construir” um poder-dever dos municípios para atuarem em quase todo o campo da proteção ambiental na base do Art. 23, incisos VI e VII CF. Um tal “dever suplementar” iria implodir todo o sistema constitucional de distribuição de competências.

A tese de que a norma atribuiria aos três níveis de governo não apenas o poder para atuar nas áreas enumeradas, mas também o *dever* de tomar as medidas necessárias,<sup>58</sup> parece-nos um mero “apelo acadêmico” ante à falta de possibilidades para intervir nos casos de cumprimento ausente ou deficitário dessas tarefas. É justamente por essa falta de instrumentos de sanção que não conseguimos ver o rol das competências administrativas como uma “imposição de ônus consistente na prestação destes serviços e atividades”.<sup>59</sup>

Longe demais vai a interpretação da competência comum administrativa do Art. 23 CF da forma de que ela está gerando, desde logo, responsabilidades aos gestores ambientais, visto que “quem detém o poder esteja sempre obrigado a exercitá-lo”.<sup>60</sup> Também não me parece viável uma “interpretação holística” da Constituição Federal, trazendo para a exegese do Art. 23 os ditames do Art. 225 CF, que estabelece expressamente um dever do poder público - União, Estados e Municípios - de defender e preservar o meio ambiente. A mera atribuição de competência para executar leis não é, por si, também um *dever*.<sup>61</sup>

É importante ressaltar que precisou-se da ferramenta pesada da ação criminal contra os representantes eleitos dos entes locais para impedir os manifestos descuidos ao ambiente. Se existisse realmente um “poder-dever” dos municípios para defender e preservar o meio ambiente, por que não abriu-se processo contra o município como entidade estatal, pessoa jurídica de direito público? No Rio Grande do Sul houve, nos últimos dois

<sup>58</sup> Assim Hely Lopes Meirelles, *Direito Municipal Brasileira*, São Paulo 1985, p. 103; Ronaldo Kauffmann, *Meio Ambiente e vida urbana*, Rev. dos Tribunais 666, 1991, p. 247.

<sup>59</sup> Celso Ribeiro Bastos, *Curso de direito constitucional*, 1989, p. 262s.

<sup>60</sup> Assim Paulo Régis Rosa da Silva, *Repartição constitucional de competência em matéria ambiental*, in: *Rev. do Ministério Público do Rio Grande do Sul*, vol. 1, n° 27, 1992, p. 198s.

<sup>61</sup> Parece que os próprios municípios também não entendem a listagem das competências comuns representarem um “dever”. Por exemplo, o Art. 9.º da Lei Orgânica dos Município de *Minas do Leão* - situado na região carbonífera gaúcha - diz que “o Município atuará em cooperação com a União e o Estado para o exercício das competências enumeradas no Art. 23 CF, desde que as condições sejam de interesse do município”.

anos, condenações de prefeitos municipais por “crime ambiental” nos termos do art. 15 da Lei Federal 6.938/81, em virtude os chefes dos executivos locais não tomaram providências para mudar a situação ilegal dos “lixões a céu aberto” das suas cidades, continuando depositando os resíduos nesses lugares impróprios do ponto de vista sanitário.

É verdade, contudo, que o Município - em determinadas circunstâncias - pode ser obrigado a fiscalizar (“policar”) a área de atuação regulamentada pelo Estado ou a União. É o caso da existência de um verdadeiro *estado de necessidade*, coibindo situações que representam efetivo perigo de grave dano a interesses também locais, desde que haja efetiva urgência e inércia, por negligência ou desaparecimento da máquina estatal das administrações superiores. Essa atuação, porém, certamente não representa a regra, mas a exceção.<sup>62</sup> Outro exemplo é o impedimento de infrações iminentes de normas dos Códigos Florestal ou de Minas através de funcionários municipais quando os órgãos federais competentes não estejam presentes.<sup>63</sup>

### **Os efeitos das normas ambientais programáticas nos textos constitucionais dos três níveis da Federação**

Sempre existe um antagonismo entre o *dever-ser* tipificado na norma e o *ser* da realidade social. Limitar normas constitucionais a expressar a realidade de fato seria a sua negação. Mas o Direito tem seus próprios limites e que por isso não deve normatizar o inalcançável; de outra parte é certo que ele se forma com elementos colhidos na realidade precisam de ressonância no sentimento social. O equilíbrio entre esses dois extremos é que conduz a um ordenamento jurídico eficaz.<sup>64</sup> A realização do direito do cidadão a um meio ambiente ecologicamente equilibrado exige *prestações positivas* do Estado. O dever jurídico a ser cumprido pelo poder público consiste em uma atuação efetiva que encontra limites políticos e econômicos; essas têm de situar-se dentro das disponibilidades do erário. A ausência de qualquer prestação em benefício dos recursos naturais será certamente inconstitucional e sancionável; mas determinar se ela é ainda satisfatória é tarefa árdua, muitas vezes impossível.

Existem, igualmente, fronteiras políticas: salvo de casos de manifesta inadequação, os planos, programas e providências pró-ecológicas via-de-regra são decisões *discionárias* dos poderes públicos e, pois, quase insindicáveis em via jurisdicional. Os órgãos estatais, por administrarem recursos escassos, têm de eleger prio-

---

<sup>62</sup> Nesse ponto, seguimos a lição clara de *Diomar Ackel Filho* na sua obra “Município e Prática Municipal”, Edit. RT, S. Paulo, 1992, p. 79.

<sup>63</sup> Cf. CEPAM, Política Municipal do Meio Ambiente, 1991, p. 25. O Tribunal de Justiça de Minas Gerais confirmou o direito da prefeitura de Paracatu a embargar temporariamente a extração de minérios nos arredores de uma caverna protegida, embora a mineradora possui uma licença do DNPM, para possibilitar um novo exame do órgão federal, cf. TJMG, 1990, Rev. dos Tribunais, nº 657, p. 151.

<sup>64</sup> Luis Roberto Barroso, O Direito Constitucional e a Efetividade de suas Normas, Edit. Renovar, 1990, pp. 41s. Ele afirma, que “o difícil equilíbrio entre o fatalismo e o idealismo jurídicos tem-se rompido no Brasil, em favor da crença desenganada de que no receituário legislativo existem remédios para todos os males. Aí começa a inflação jurídica, da Constituição à portarias, criando uma dualidade irremovível entre o Direito e a realidade”; p. 53.

ridades, e é neste ponto que as formas legítimas de pressão da sociedade civil se tornam decisivas.<sup>65</sup>

As normas constitucionais programáticas são dirigidas aos três poderes estatais: eles informam os parlamentos ao editar leis, bem como a Administração e o Judiciário ao aplicá-las, de ofício ou contenciosamente. A legislação, a execução e a própria jurisdição ficam sujeitas a esses ditames, que são como programas dados à sua função.<sup>66</sup> Essas normas não prescrevem uma conduta exigível: não existe um dever jurídico do Estado que corresponda a um direito subjetivo do cidadão de exigir uma determinada prestação. Fazem, porém, nascer um direito “negativo” de exigir do Poder Público que se abstenha de praticar atos que contravenham os seus ditames.<sup>67</sup>

No dizer de Karl Loewenstein, sob a égide de uma constituição *nominal* a dinâmica do processo político não se adapta às suas normas, mas ela conserva um caráter educativo e prospectivo. “A roupa não veste, mas fica por certo tempo guardada no armário e ser vestida quando o corro nacional haja crescido”.<sup>68</sup>

Hoje em dia, quase no mundo inteiro, as questões ecológicas costumam atrair a atenção da opinião pública. Como consequência dessa situação, os parlamentos de todos níveis federativos reagem aos problemas ambientais atuais através da edição de uma pletera de regulamentos. Nesse processo o direito ambiental está sendo alterado em intervalos cada vez mais curtos, se tornando, assim, mais aprimorado e complicado, e que o nível de *execução* não consegue ficar à altura da produção da máquina legisladora.

Também na Alemanha é fácil ganhar a impressão de que na área ambiental a legislação tenha um caráter mais simbólico, manifestando, através do instrumento da lei, o valor social-ético da proteção do meio ambiente e levando à cena um “acionismo” para o público, tendo os legisladores plena consciência de que as normas novas dificilmente vão ser implementadas. Nesse contexto, vale menos a execução fática da norma jurídica e mais a demonstração que o Estado seja apto de agir e capaz de responder às ansiedades e expectativas da população para reduzir tensões e manter ou restabelecer a paz social.<sup>69</sup>

Marcelo Neves, em obra recente sobre “constitucionalização simbólica” e “legislação-álibi”, afirma que a mesmas descarregam o sistema político de pressões sociais concretas, constituem respaldo eleitoral para os respectivos políticos-legisladores, ou

---

<sup>65</sup> Barroso, ob. cit., pp. 100, 122. O grande jurista português J. Gomes Canotilho observa a respeito, que “o fato de a lei constitucional fornecer linhas e programas de ação à política não pode nem deve substituir a luta política”, Direito Constitucional, 4.ed., Coimbra 1986, p. 71.

<sup>66</sup> Pontes de Miranda, Comentários à Constituição de 1967 com a Emenda nº 1 de 1969, 2. ed., S. Paulo, tomo I, 1970, p. 127.

<sup>67</sup> Barroso, ob. cit., 1990, p. 109s.; José Afonso da Silva, Aplicabilidade das normas programáticas, S. Paulo, 1982, p. 159; Paulo Bonavides, Curso de Direito Constitucional, 5. ed., Edit. Malheiros, 1994, p. 221ss.

<sup>68</sup> Cf. Verfassungslehre, Tübingen, 1975, p. 345ss. Loewenstein distingue entre a constituição *normativa*, a *semântica* e a *nominal*.

<sup>69</sup> Alexander Schink, Vollzugsdefizite im Kommunalen Umweltschutz, Zeitschrift für Umweltrecht, 1-1993, p. 4s.; na mesma linha: Dietrich Fürst, Dimension der Vollziehbarkeit und des Vollzugs von Gesetzen, Zeitschrift Verwaltungsführung/Organisation/Personal (VOP), 3-1992, p. 154.

servem à exposição simbólica das instituições estatais como merecedoras da confiança pública. Ele diferencia a constitucionalização simbólica destinada à corroboração de determinados *valores sociais*, como fórmula de *compromisso dilatório* e como *alibi*.<sup>70</sup> Ele define a *legislação* simbólica como produção de textos cuja referência manifesta à realidade é normativo-jurídica, mas que serve, primária e hipertroficamente, a finalidades *políticas* de caráter não especificamente normativas.<sup>71</sup> As normas constitucionais programáticas, para ele, não respondem a tendências presentes nas relações de poder que estruturam a realidade. Ao contrário, a realização do conteúdo dessas normas importaria uma transformação radical da estrutura social e política.

O Constituição Federal de 1988 com seus dispositivos referentes à proteção ecológica - sobretudo o Art. 225 - influenciou bastante a composição dos textos inferiores; segundo o exemplo da União, todos os 26 Estados e uma boa parte dos quase cinco mil municípios brasileiros inseriram nas suas constituições capítulos e inúmeras normas sobre o meio ambiente, ou no mínimo, sobre saneamento básico, desenvolvimento urbano, recursos hídricos etc. Muitos atores políticos foram sensibilizados pela importância dos problemas ecológicos e se empenharam que os textos constitucionais da sua esfera não ficassem atrás do nível de proteção dos níveis superiores.

A Constituição do Estado do Rio Grande do Sul contém poucos dispositivos de cunho ecológico que se dirigem diretamente aos Municípios. Isso certamente se deve ao fato de que, no Brasil, os direitos e deveres das entidades locais são instituídos direta e exclusivamente pela Constituição Federal. Em geral, ficou difícil entender o papel da Constituição Estadual em relação aos Municípios. É na Carta Federal que o Município tem seus parâmetros e os limites definidores da autonomia; portanto, sobrou pouco espaço para a Constituição Estadual cuidar do Município. Não podem as Cartas Estaduais - e mesmo a legislação infraconstitucional - criar obrigações para os municípios.<sup>72</sup>

A maior parte das normas ambientais nas Leis Orgânicas Municipais são de

---

<sup>70</sup> Marcelo Neves, *A Constitucionalização Simbólica*, Edit. Acadêmica, São Paulo, 1994, pp. 52, 92. Cf. também pp. 37ss., 49: "O legislador, muitas vezes sob pressão direta, elabora diplomas normativos para satisfazer as expectativas dos cidadãos, sem que com isso haja o mínimo de condições de efetivação das respectivas normas (p. 37). Embora, nesses casos, em regra, a regulamentação normativa muito provavelmente possa contribuir para a solução dos respectivos problemas, a atitude legiferante serve como um *alibi* para criar a imagem de um Estado que responde normativamente aos problemas reais da sociedade (p. 39). A legislação simbólica também desempenha uma função ideológica, constituindo uma forma de manipulação ou de ilusão que imuniza o sistema político contra outras alternativas (p. 39s.). Também importante é a atividade legislativa para a carreira política. A aprovação da respectiva lei importa igualmente a satisfação pessoal do seu elaborador (p. 49)." "O efeito básico da legislação como fórmula de compromisso dilatório é o de adiar conflitos políticos sem resolver realmente os problemas sociais subjacentes" (p. 52).

<sup>71</sup> Marcelo Neves, *ob. cit.*, p. 32.

<sup>72</sup> Cf. Adilson Dallari, *Cartas Próprias Municipais*, Revista Cepam, n° 1, jan./mar. 1990, p. 9; Fernanda Dias Menezes de Almeida, *Competências na Constituição de 1988*, Edit. Atlas, 1991, p. 170. Veja a respeito a decisão do Supremo Tribunal Federal, que impugnou por inconstitucionalidade alguns dispositivos da constituição cearense que criava obrigações e tarefas aos municípios daquele estado; *Rev. dos Tribunais*, n° 662, 1990, p. 203.

cunho *programático* e determinam os aspectos ecológicos concretos a serem observados e assegurados por parte dos órgãos municipais na elaboração da polícia local de meio ambiente e do plano diretor. Nesse qualidade, os textos constitucionais traçam princípios e metas, deixando a regulamentação e implementação para leis complementares ou ordinárias. As LOMs, em boa parte, transcrevem as expressões utilizadas na constituição estadual ou federal, sublinhando, assim, de maneira solene, a responsabilidade do Município pela defesa do ambiente local e qualidade de vida sadia da comunidade. Muitas, na sua extensão e pormenorização parecem com programas de partidos políticos.

Importante ressaltar que não cabe uma ação direta de inconstitucionalidade contra uma lei municipal sob a alegação que a mesma esteja infringindo prescrições da própria Lei Orgânica do Município. Este tipo de controle somente pode ser exercido pelo Judiciário no contexto de um caso concreto, quando o réu vem contestando uma decisão individual da administração local que tem o seu fundamento na norma local pretensamente contrária à constituição municipal.

Sem precisar acatar as opiniões dos autores acima mencionados, podemos constatar nesse ponto que os dispositivos a respeito da proteção do meio ambiente inseridos nas LOMs da região carbonífera do Médio-Jacuí cumprem varias funções:

- *normativo-jurídica*. dispositivos diretamente coercivos são aqueles que estabelecem proibições expressas (por ex.: lançamento de esgoto e resíduos) ou exigem diretamente uma determinada medida por parte do executivo (envio de um plano para a câmara, reflorestamento dentro de um prazo). No caso do não-cumprimento dessas normas, é possível a instauração de um processo crime contra o prefeito segundo o Decr.-Lei 201/67.

- *política*. consagração do valor meio ambiente na política local, cidadãos esclarecidos e grupos ecológicos podem criar uma pressão em cima dos governantes locais que não consideram aspectos ecológicos nos programas e atividades de trânsito, criação de emprego, etc.; Entre os juristas alemães, está em progresso uma nova concepção de Constituição que não as considera mais apenas ordenamentos de procedimentos jurídicos, mas espera delas também que contenham preceitos materiais para o processo político.<sup>73</sup> Sob esse ângulo nos podemos perceber também uma Constituição Municipal como documento de *integração política*, causadora de *efeitos culturais* no sentido de criar uma consciência política, atribuindo pleno valor aos seus efeitos *educativos, sugestivos e apelativos*.<sup>74</sup> Dentro desse raciocínio, o texto constitucional não cumpre apenas a função de *instrumentum jurídicum*, mas também de *instrumentum pacis*.<sup>75</sup>

- *simbólica*. os textos das LOMs querem mostrar que o Poder Público Municipal está a par de todos os problemas e esperanças da comunidade local. Os políticos alemães também já foram acusados de, ao elaborarem leis de cunho ecológico, esquivar-se a uma

<sup>73</sup> Michael Bothe, Umweltschutz und Verfassungsrecht in Brasilien, in: Bothe (Coord.), Umweltrecht in Deutschland und Brasilien, Frankfurt/Main, 1990, p. 101.

<sup>74</sup> Veja o relatório do Parlamento Alemão "Staatszielbestimmungen, Gesetzgebungsauftrage, Bericht der Sachverstaendigen-Kommission", Bonn, 1983, p. 35ss.

<sup>75</sup> Hans Peter Schneider, in: Zur Sache, Aufzeichnung der Verhandlungen der parlamentarischen Kommissionen des Deutschen Bundestages, n° 2 - 1988, p. 236.

decisão clara entre os interesses diferentes sempre tangidos por medidas em prol do meio ambiente. Os legisladores, em muitos casos, transferem o equacionamento desse conflito intencionalmente para os órgãos administrativos e aceitam, de maneira implícita, os previsíveis problemas e entraves na implementação dos novos regulamentos.

- a de um *compromisso dilatório*: A maioria das LOMs querem contemplar e integrar, ao mesmo tempo, todas políticas municipais diferentes, que muitas vezes são conflitantes entre si. Como não houve, na elaboração dos textos, tempo para maiores ponderações e equacionamento de posições contraditórias, o texto acaba de consagrar todos valores (defesa do meio ambiente, desenvolvimento econômico, fomento da agricultura, industrialização, saneamento básico, saúde) sem dar preferência a nenhum deles. Com isso, houve uma transferência dos problemas concretos para a legislação local ordinária e, ainda mais, a execução das normas ecológicas concretas.

- de *alibi*: com a criação de várias normas sobre a proteção ambiental, o poder público tenta desviar a atenção dos problemas reais. Os municípios da região do carvão têm feito muito pouco na área da defesa ambiental. O saneamento básico é precário, o esgoto está sendo lançado *in natura* nos rios; o zoneamento urbano é ultrapassado e nem essas normas são cumpridas satisfatoriamente; as prefeituras deixam o licenciamento das atividades poluidoras plenamente aos cuidados da Fepam. A extração do carvão com todas suas conseqüências poluidoras (água, ar, solo) e a recuperação das áreas degradadas não estão sendo acompanhadas pelas prefeituras. Perante essa situação, a inserção de numerosos dispositivos sobre a defesa do meio ambiente parece um pouco como “desculpa”. A intenção é a prova da plena consciência do poder público municipal dos problemas ambientais.

- *persoais*: os vereadores na função de “constituintes” locais quiseram criar textos completos, comparáveis aos das esferas superiores. A Constituição Local teve de “soar bem”, conter palavras bonitas e dar testemunho da pretensa cultura dos seus criadores. Nas últimas eleições gerais de 1994, muitos candidatos a uma deputação, na sua propaganda eleitoral, se apresentaram como “criadores” de determinados capítulos na Leis Orgânicas do seu respectivo Município.

Ao mesmo tempo, é possível que promessas exageradas em normas programáticas constitucionais dissipam expectativas e esperanças na população, que o poder estatal não é capaz de satisfazer, construindo, assim, um tipo de “ilusão constitucional”. A generosa concessão de direitos nos textos constitucionais - como o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado - sem a possibilidade da sua realização prática pode levar a *frustrações*,<sup>76</sup> abalando a confiança do cidadão na ordem jurídica como toda.

Portanto, é importante que aqueles que aceitam e até apreciam um certo conteúdo *utópico* de um texto constitucional não se esqueçam que o “poder de integração” do mesmo depende decisivamente da sua realização e concretização na vida diária o que pressupõe um mínimo de exequibilidade jurídica.<sup>77</sup>

---

<sup>76</sup> Philip Kunig, Harmonisierung des Umweltrechts - Auf dem Weg zu einem Umweltgesetzbuch?, Zeitschrift Landes- und Kommunalverwaltung, 5-1992, p. 148

<sup>77</sup> Kersten Heinz, Die geplante Staatszielbestimmung Umweltschutz - Ein Weg zu einem besseren Grundgesetz, Zeitschrift fuer Umweltrecht, 1-1988, p. 13s.

## **CONSEQÜÊNCIAS CONCRETAS DAS NORMAS AMBIENTAIS DAS LEIS ORGÂNICAS MUNICIPAIS; NOVOS MEIOS PROCESSUAIS**

A Constituição Federal atual integrou o Município na Federação (Arts. 1 e 18), considerando-o entidade estatal de terceiro grau. O Brasil é o único país do mundo que possui esse tipo de organização “tridimensional”. Em outras nações de cunho federativo as entidades locais não fazem parte da União, sendo subdivisões administrativas dos Estados-membros, porém normalmente dotados de autonomia política pela Constituição. O corolário lógico desse levantamento dos Municípios foi a concessão do direito a elaborarem as suas próprias Leis Orgânicas, verdadeiras Constituições municipais.<sup>78</sup>

Houve autores que tomaram posição contra a promulgação de tais leis orgânicas quase-constitucionais em cada município.<sup>79</sup> Sugeriu-se também de conceder essa competência apenas às cidades de população maior, visto que muitos municípios menores do interior não dispusessem da cultura jurídica necessária e que em pequenas sociedades a elaboração de um tal diploma legal fundamental fossem demasiadamente influenciadas pelas estruturas locais de poder econômico.<sup>80</sup> Em retrospectiva, estavam justos os receios que a maioria dos municípios não iria conseguir de ajustar e compatibilizar os seus textos constitucionais com as do respectivo Estado e da União e, assim, produzissem um montão de dispositivos inconstitucionais.<sup>81</sup>

Hoje já podemos afirmar que muitas das Cartas Municipais promulgadas em 1990 contêm normas que evidentemente extrapolam as competências locais.<sup>82</sup> No entanto, temos de esperar qual destino será dado no futuro a tais dispositivos por parte dos tribunais brasileiros que, até agora, emitiram relativamente poucas decisões a respeito. Existe uma hierarquia entre a Lei Maior do Município e sua legislação ordinária conseqüente, do que se conclui que as leis locais que a contrariem serão ilegítimas ou inválidas, devendo assim ser declaradas pelos órgãos do Poder Judiciário dos Estados Membros a que pertencem.<sup>83</sup>

---

<sup>78</sup> Diomar Ackel Filho, *Município e Prática Municipal*, Edit. RT, 1992, p. 23; Barreto/Correia, *O Município e a questão ambiental*, Rev. dos Tribunais n° 670, 1991, p. 231; Giannini, *Federação: a unidade na diversidade*, Rev. CEPAM, mar 1990, p. 12s.; Celina de Souza, *Gestão urbana na Constituição de 1988*, Rev. de Administração Municipal n° 192, 1989, p. 13. Somente alguns anteprojetos da Constituinte ainda assinalaram as leis orgânicas como “constituições municipais querendo expressar a valorização atribuída à instituição do município. Na redação final da Constituição desistiu-se de usar esse termo somente por razões de tradição e não pelo fato que ele tenha sido considerado “juridicamente forte demais”.

<sup>79</sup> Por exemplo: Hely Lopes Meirelles que advertiu que “a multiplicidade de leis seja sempre um mal”, cf. *Direito Municipal Brasileiro*, 5. ed., 1985, p. 52s.

<sup>80</sup> Vivaldo Barbosa, *Assembléia Nacional Constituinte (ANC)*, - Emenda 1.059; ele propôs a concessão do direito à própria lei orgânica somente aos municípios acima de 300.000 habitantes.

<sup>81</sup> Pompeo de Toledo, *ANC-Emenda 7.670-6*, apud Wolgran J. Ferreira, *Comentários a Constituição Federal de 1988*, vol. 1, p. 419, 429; Pentead, *Tutela jurídica*, Rev. BIO dez 1989, p. 20.

<sup>82</sup> Cf. Gonçalves, *Lei Orgânica Municipal - sua revisão*, Rev. de Administração Municipal (RAM), n° 199, 1991, p. 23.

<sup>83</sup> Regina M. Macedo Nery Ferrari, *Elementos de Direito Municipal*, Edit. RT, 1993, p. 75.

Dois dos quatro municípios sub exame possuem um capítulo próprio sobre a proteção do meio ambiente (Charqueadas e Butiá); os capítulos sobre o desenvolvimento urbano e o saneamento básico também contêm dispositivos de defesa ecológica. Ao mesmo tempo, atribui-se relevo especial aos aspectos ambientais na elaboração dos novos planos diretores.

A inserção das normas de cunho ecológico nas Cartas Municipais se deve certamente também ao fato de que os textos constitucionais da União e do Estado do Rio Grande do Sul possuem capítulos abrangentes sobre proteção ambiental, desenvolvimento urbanístico, saneamento e os recursos hídricos. Diplomas legais dos níveis superiores tradicionalmente têm servido aos legislativos locais de modelo.

Uma boa parte das LOMs já fixam as etapas e formas do alcance da metas nelas traçadas a serem seguidas pelo Poder executivo do município.<sup>84</sup> Muitas vezes o próprio texto da LOM estabelece prazos fixos dentro de quais a Prefeitura deve apresentar à Câmara planos, tomar determinadas providências em prol do ambiente com “resolver” o problema do lixo a céu aberto, reflorestar matas ciliares ou até construir uma estação de tratamento do esgoto.<sup>85</sup>

O valor das normas protetoras do meio ambiente das Constituições Municipais reside no fato de que elas salientam e destacam objetivos e tarefas da política local nessa área formulando preceitos, mandamentos e proibições explícitas em direção aos poderes executivo e legislativo.

Muitas dessas prescrições já foram estabelecidas, sobretudo de forma programática, há muito tempo nas leis e nos textos constitucionais estaduais ou até federais. Essas normas, contudo, por terem sido muito “distantes”, normalmente não lograram a ter efeitos diretos no desempenho das administrações municipais.

A experiência mostrou também que os prefeitos nas suas decisões de comando dificilmente se deixam orientar nem por normas programáticas nem ordenamentos diretos da legislação ambiental federal e estadual, visto que no passado eles podiam ter quase certeza que o seu comportamento omissivo nessa área não iria causar maiores conseqüências de repressão por parte dos órgãos ambientais das esferas estaduais superiores.

A disposição das administrações locais no interior gaúcho para tomar atitudes e realizar projetos concretos para a solução de problemas ambientais urgentes está aumentando em virtude da pressão exercida por parte dos promotores da Coordenadoria

---

<sup>84</sup> Sobre a situação do Estado de São Paulo veja Daniela Campos Libório, *O Meio Ambiente e as Leis Orgânicas Municipais no Estado de S. Paulo*, Rev. Cepam, 1-1991, p. 22.

<sup>85</sup> A LOM de Gravataí, no capítulo das Disposições Finais e Transitórias, impõe nada menos do que 16 medidas concretas a serem tomadas dentro de certos prazos pelo executivo, entre eles a fiscalização de todas as empresas poluidoras (6 meses), a arborização das margens do Rio Gravataí (18 meses), métodos específicos em relação ao destino final do lixo urbano (18 meses), canalização do esgoto (24 meses) e a apresentação de projeto de lei tratando do reassentamento dos ocupantes de áreas verdes públicas (12 meses). O T.J.R.S. julgou inconstitucional essas prescrições em conjunto por consubstanciarem uma invasão do Legislativo nas atribuições do prefeito, inviabilizando uma administração de sua iniciativa e responsabilidade, e infringindo, assim, o princípio de que os poderes devem ser independentes e harmônicos entre si. (ReprInconst nº 590037917, C-Cíveis, 1990, vol. 2, t. 5, p. 293ss.

pela Defesa do Meio Ambiente (e do consumidor). As Leis Orgânicas Municipais são capazes de exigir do governo municipal a solução de determinados problemas ambientais, tais como o saneamento do “lixão a céu aberto” da cidade, a implantação de um tratamento dos esgotos domésticos dentro de certos prazos ou o reflorestamento de áreas urbanas de lazer ou das matas ciliares de rios.

Quando existir uma regra explícita no texto da LOM exigindo (dentro de um prazo fixo) o desempenho de certa medida de proteção ecológica, o não-cumprimento dessa prescrição é capaz de causar efeitos jurídicos graves. O Decreto-Lei 201 foi baixado em 1967 pelo governo militar sob a pretensão de “disciplinar” os políticos municipais e ganhou importância especialmente nas áreas da administração financeira local, da gestão orçamentária e no procedimento da prestação de contas dos municípios.

Segundo o seu art. 1, inciso XIV, um Prefeito Municipal comete *um crime de responsabilidade* se ele “negar execução à lei federal, estadual ou municipal, sem dar o motivo da recusa ou da impossibilidade, por escrito, à autoridade competente. Porém, não existe já uma tal “negação de execução” quando o chefe do executivo municipal não executa uma lei na maneira correta ou apropriada. Precisa haver uma não-consideração quase “ativa” da norma, como se ela nem existisse.<sup>86</sup>

O Art. 4, inciso VII, Decreto-Lei 201/67 declara como *infração político-administrativa* do Prefeito sujeito ao julgamento pela Câmara e sancionado com a cassação do mandato “praticar, contra expressa disposição de lei, ato de sua competência ou omitir-se na sua prática”.

Com base dessas regras do Decreto-Lei 201/67 também já foram acusados e condenados prefeitos que não executaram normas ambientais coercitivas da própria Lei Orgânica Municipal<sup>87</sup> ou da Constituição Estadual.<sup>88</sup>

Esse meio processual, no entanto, tem de ser dirigido contra violações direitas de prescrições legais explícitas que ordenam ou proíbem um determinado comportamento por parte do prefeito ou sua administração. Ele não pode ser utilizado para a implementação de normas programáticas; inadmissível, portanto, uma ação de responsabilidade sob a alegação genérica que o prefeito não “esteja fazendo o suficiente em defesa do meio ambiente” em detrimento de normas constitucionais.

O texto constitucional de 1988 introduziu o “mandado de injunção”, meio processual bastante polêmico na sua utilização. Segundo o Art. 5, inciso LXXI, da Constituição Federal “conceder-se-á mandado de injunção sempre que a falta de norma regu-

---

<sup>86</sup> Wolgran Junqueira Ferreira, *Responsabilidade dos Prefeitos e Vereadores*, São Paulo, 1978, p. 97.

<sup>87</sup> Como, por ex., o encaminhamento da solução ou a tomada de determinadas medidas contra problemas ambientais da cidade dentro de certos prazos prescritos nas Disposições Transitórias da LOM.

<sup>88</sup> Assim o município paulista de *Sorocaba* pela proibição expressa do despejo de esgoto doméstico “in natura” em qualquer corpo de água; cf. o Art. 208 da Constituição Estadual de São Paulo.

lamentadora torne inviável o exercício dos direitos e liberdades constitucionais”.

Muitas das Constituições Estaduais provêm o mandado de injunção também nos casos de que o legislador *municipal* deixa de atuar e assim impede o exercício de um direito garantido na própria Constituição do Estado. Segundo o Art. 95, inciso XII, letra *e* da Carta Gaúcha compete ao Tribunal de Justiça processar e julgar os mandados de injunção contra atos ou omissões dos Prefeitos Municipais e das Câmaras dos Vereadores.

Vale frisar que a doutrina não permite a instauração desse meio processual já no caso da simples existência de uma norma que regulamenta o direito constitucional em questão; portanto, o uso desse mandado não pode dirigir-se contra o conteúdo material dessa regulamentação ou a falta de qualidade no cumprimento de tarefas estatais.<sup>89</sup> No caso da alegação, que uma determinada regulamentação legal não seja apropriada e suficiente face às exigências da própria garantia constitucional, cabe o caminho tradicional da ação de inconstitucionalidade.

O outro meio processual novo da Carta Magna de 1988 é a ação direta de *inconstitucionalidade por omissão* de medida para tornar efetiva norma constitucional (Art. 103 par. 2 CF) que pode visar a edição de dispositivos legais bem como atos do executivo. Muitas Cartas Estaduais vieram acatar esse instrumento também para o controle de leis e atos municipais.

Segundo o Art. 95, XII, letra *d* da Constituição Gaúcha pode ser instaurado perante o Tribunal de Justiça uma ação de inconstitucionalidade por omissão sob a alegação de que a não-existência de uma lei ou ato normativo municipal impossibilite o exercício de um direito consagrado no texto constitucional estadual. Essa ação pode ser proposto pelo Prefeito (Art. 95, inciso XIV, par. 2, III CE), a Câmara e as entidades de defesa do meio ambiente (IX), entre outros.

A Constituição Estadual, pelos motivos acima expostos, contém apenas poucas prescrições que vinculem diretamente os Municípios. As normas programáticas no âmbito da proteção ambiental são interpretáveis de forma abrangente e pouco nítida e só dificilmente podem servir como fundamento de uma ação de inconstitucionalidade. Não ficou claro, contudo, em que medida os dispositivos constitucionais de cunho ecológico são realmente capazes de vincular as ações dos órgãos locais. É bastante duvidoso se os municípios podem ser condenados para emitir determinadas normas ambientais ou tomar certas medidas concretas em defesa do meio ambiente.

Os poucos autores que se manifestam a respeito, partem da tese de que uma ação de inconstitucionalidade por omissão não pode se basear apenas na realização de normas constitucionais meramente programáticas. A linha de argumentação procede nos moldes do problema jurídico - presente também na Alemanha - de que o legislador possui uma ampla liberdade de criar as regras de concretização dos princípios e mandamentos da constituição; a decisão concreta das questões políticas

---

<sup>89</sup> Wilson de S. Campos Batalha, *Direitos processuais das coletividades e dos grupos*, São Paulo, 1991, p. 167; Michel Temer, *Limites do mandado de injunção*, 1990, Rev. da Procuradoria Geral do Estado de São Paulo (PGESP), n° 34, p. 112.

que fundamentam a edição de qualquer lei não são sujeitos ao controle e à revisão judiciária.<sup>90</sup>

Certamente teria pouco êxito uma ação que visaria a cassação ou correção de um plano diretor local sob o alegação que o mesmo não considera de maneira suficiente os aspectos ecológicos do desenvolvimento do município consubstanciados no próprio texto da Constituição Estadual. Essa falta de controle diverge bastante da situação jurídica vigente na Alemanha, onde os tribunais tradicionalmente exercem um controle muito denso e estreito dos dispositivos dos Planos de Construção e Zoneamento dos Municípios (Bebauungspläne). Mais realístico nos parece o caminho tomado pela Constituição de Minas Gerais que prevê um tratamento preferencial na distribuição de recursos estaduais para aqueles municípios que contemplarem nos seus planos diretores os aspectos da defesa do meio ambiente (Art. 245 § 1 inciso III).

A menção expressa da proteção ambiental em todos três níveis constitucionais já proporcionou aos órgãos administrativos e o Ministério Público um fortalecimento da sua posição no seu trabalho diário, que não deve ser subestimado.

Com referência às normas constitucionais - inclusive da respectiva LOM - os funcionários públicos aplicadores das normas ecológicas conseguem resistir melhor às pressões exercidas pelos empresários, donos de terrenos, fazendeiros etc., que são diretamente atingidos pelas medidas de proteção como, por ex., a interdição de estabelecimentos e atividades por falta dos equipamentos exigidos na legislação. Esses representantes do poder econômico muitas vezes não querem se contentar com atos administrativos baseados meramente em leis municipais e que até insistem na supressão ou alteração das mesmas junto às câmaras de vereadores.<sup>91</sup>

Uma infração direta de regulamentos da própria LOM sem dúvida aumenta também o grau de "tangência política". De propósito, um prefeito que não tomar um providência de defesa ambiental exigida pela LOM, é sujeito a ser diretamente atacado pela oposição partidária e da opinião pública em geral, contanto que já haja uma certa conscientização da comunidade a respeito do problema.

## **PROBLEMAS NA EXECUÇÃO DE LEIS AMBIENTAIS CONTRA OS MUNICÍPIOS; ATUAÇÕES SUPERPOSTAS**

Durante muito tempo, as esferas estatais superiores não influenciaram o desempenho dos Municípios na execução dos seus encargos locais relacionadas à proteção ambiental.

<sup>90</sup> Cf. Márcia Rodrigues Machado, Inconstitucionalidade por omissão, 1988, Rev. PGESP, n° 30, p. 43, 56; Gilmar Ferreira Mendes, Controle de Constitucionalidade, São Paulo, 1990, p. 71; José Afonso da Silva, Aplicabilidade das normas constitucionais, São Paulo, 1982, p. 118s.; Ernane Fidelis dos Santos, O controle da constitucionalidade das leis e atos normativos, 1990, Rev. dos Tribunais n° 661, p. 26s.

<sup>91</sup> Vale ressaltar que nos arrazoamentos dos atos administrativos e nas petições dos litígios costuma-se citar extensiva e cumulativamente as normas ambientais constitucionais de todas três esferas estatais, isto é, uma argumentação direta *ex constitutione*.

Os órgãos ambientais dos Estados no passado tenderam evitar a tomada de medidas punitivas contra os municípios reconhecendo as suas limitações de atuação causadas pela situação financeira precária e a vinculação da gestão orçamentária dos prefeitos, que dependem de grande parte das Câmaras, fatores que em muitos casos impossibilitam um maior desempenho em defesa das condições ecológicas. Em todo o país, durante muito tempo, os níveis estatais superiores não exigiram das prefeituras um saneamento das condições obviamente ilegais nas áreas dos resíduos sólidos (lixões a céu aberto) e do esgoto doméstico (lançamento “in natura” nos rios).<sup>92</sup>

Nos casos onde houve interferências por parte dos órgãos estaduais ou do IBAMA, os políticos locais normalmente alegaram a falta de recursos ou ativaram os “canais inoficiais” de influência política através de deputados para não sofrerem punições ou desvantagens. O que é mais, a lavra de multas pecuniárias, perante entidades e empresas públicas perde o seu “efeito pedagógico”, visto que eles são pagas com recursos da comunidade.

A cobrança de obrigações legais perante as prefeituras tem aumentado consideravelmente com a instauração da Ação Civil Pública (Lei Federal 7.347/85) por comissão ou omissão contra os Municípios e de processos crimes (Art. 15 Lei Federal 6.938/81 e Decreto-Lei 201/67) contra os respectivos prefeitos por parte dos Ministérios Públicos Estaduais. Especialmente nos Estados do Sul e Centro-Oeste do Brasil, os promotores começaram a pressionar os municípios para que eles tomassem medidas concretas para a solução dos seus problemas ecológicos mais graves.

Todavia, a doutrina e a jurisprudência ainda não desenvolveram linhas claras para responder a pergunta: pode ou não um município mediante a ação civil pública ser condenado pelos Tribunais de implantar um sistema de tratamento de esgoto ou um aterro controlado de lixo doméstico dentro de determinado prazo? Argumenta-se que a adoção de tais medidas seria tarefa privativa do governo local, visto que somente ele tenha as condições de apreciar possibilidade e conveniência administrativa e financeira de uma obra de maior porte.<sup>93</sup> Para os defensores dessa tese, esse tipo de decisão representa uma questão eminentemente *política* e não jurídica, o que causaria uma ingerência indevida do Judiciário nos assuntos do Executivo. No entanto, outros sustentam, com bons argumentos, a extensão do controle jurisdicional sobre as omissões da Administração Pública, alegando o direito do particular e, na sua defesa, do Ministério Público, de exigir do município o respeito e o fiel cumprimento a legislação ambiental que, segundo eles, não implicaria subversão a Independência dos Poderes.<sup>94</sup>

---

<sup>92</sup> Aliás, seria completamente inviável a simples proibição do depósito do lixo doméstico ou o despejo dos esgotos urbanos, visto que os instrumentos administrativos clássicos como a interdição ou o em-bargo praticamente não podem ser utilizados. Suspender a coleta de lixo ou fechar os tubos de esgoto levariam dentro de poucos dias à calamidade pública.

<sup>93</sup> Paulo Lúcio Nogueira, *Instrumentos de Tutela e Direitos Constitucionais*, Edit. Saraiva, 1994, p. 119s.

<sup>94</sup> Assim: Álvaro Luiz Valery Mirra, *Limites e controle dos atos do poder público em matéria ambiental*, in: Edis Milaré (Coord.), *Ação Civil Pública*, Edit. RT, 1995, p. 54ss. Wallace Paiva Martins Júnior, *Despoluição das águas*, *Rev. dos Tribunais*, n° 720, out. 1995, p. 66s.

Os prefeitos da região carbonífera também já foram procurados pelos representantes da Coordenadoria das Promotorias de Defesa Comunitária, que exigiram a solução dos problemas ambientais urgentes dos lixões irregulares.

Embora na Alemanha vigore também o princípio constitucional da autonomia municipal, lá existe a possibilidade do Estado para fazer os Municípios cumprir de maneira satisfatória as suas obrigações legais no âmbito da proteção ambiental. O Plano de Construção (Bebauungsplan), peça-chave do uso do solo de qualquer cidade alemã, precisa para sua validade jurídica ser homologado por parte dos órgãos estaduais de “supervisão municipal” (Kommunalaufsicht) que controlam que os dispositivos dos planos não infringem normas superiores. Em casos que uma prefeitura não atende às exigências legais de cunho ambiental por parte de uma, a não-aprovação do plano ou de determinadas obras de maior porte é capaz de inviabilizar todo o seu processo de desenvolvimento urbano.<sup>95</sup>

Esses instrumentos não estão à disposição dos Estados brasileiros, visto que os Planos Diretores ou leis locais de zoneamento, para ganharem força legal, não dependem de prévia aprovação superior. Aqui, os conflitos entre regulamentos municipais e planos ou normas estaduais ou federais têm de ser resolvidos mediante negociação ou processos perante os tribunais.

Várias prefeituras, contudo, já estão elaborando um procedimento próprio de licenciamento, já que boa parte das novas Leis Orgânicas Municipais consideram a concessão de “licenças ambientais” um instrumento básico da política ecológica municipal. O licenciamento ambiental efetuado pelas próprias prefeituras parece razoável justamente nos casos de atividades com efeitos limitados, estreitamente ligados ao zoneamento urbanístico e que exigem a instalação de equipamentos de medição e controle das emissões de poluentes.

Portanto, poderá ocorrer múltiplo licenciamento da mesma atividade ou obra pela União, pelos Estados e pelos Municípios; contudo, não se confunda o uso do múltiplo licenciamento com invasão ou usurpação de competência. Segundo Leme Machado é da tradição do direito brasileiro de que competente “não é quem quer, mas quem pode” (nas áreas das tarefas e serviços de competência concorrente). A quantificação do poder institucional dos órgãos administrativos é questão preliminar a ser sempre aventada, seja em nível horizontal, seja em nível vertical, no âmbito federal, estadual e municipal.<sup>96</sup> Em caso de que um órgão autorize e outro negue a autorização, prevalece o indeferimento, pois cada órgão age dentro de sua própria esfera de competência. A princípio, os municípios brasileiros têm o direito de limitar o estabelecimento de plantas industriais e comerciais no seu território mediante a promulgação dos respectivos regulamentos. Para o Estado e a União não há possibilidades jurídicas de impor tais medidas contra a vontade dos órgãos políticos locais.<sup>97</sup>

---

<sup>95</sup>Jochen Hucke; Axel Mueller; Peter Wassen, *Implementation kommunaler Umweltpolitik*, Frankfurt/ Meno, 1980, p. 358s.; Renate Mayntz (Coord.), *Vollzugsprobleme der Umweltpolitik*, Stuttgart, 1978, p. 694ss.

<sup>96</sup>Paulo A. Leme Machado, *Competência dos órgãos federais e estaduais referentes ao processo de avaliação de impactos ambientais*, in: Juchem, Peno Ari (Coord.), *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA)*, IAP-GTZ, Curitiba, 2. ed., 1993, n° 0660, p. 3s.

<sup>97</sup>José Afonso da Silva, *Direito Urbanístico Brasileiro*, São Paulo, 1981, p. 166.

Uma boa parte das novas Leis Orgânicas Municipais determina que qualquer atividade potencialmente causadora de impacto ambiental precisa ser autorizada (também) pelos órgãos municipais. Já que, no Brasil, a União e os Estados, do ponto de vista jurídico-formal, não possuem o direito de ordenar, fiscalizar ou revogar um licenciamento municipal,<sup>98</sup> qualquer prefeitura pode, teoricamente, atuar com seus próprios órgãos e também sobrepujar as exigências quando ela considerar insuficientes as medidas tomadas pelas administrações das esferas superiores.<sup>99</sup> Essa forma de proteção ambiental *cumulativa*, que, segundo ele, significa um grande avanço na preservação dos recursos naturais, visto que, dessa forma, pode-se neutralizar a corrupção e as “influências inoficiais” que acontecem nas outras esferas de estado.<sup>100</sup>

De outra parte, esse tipo de controle também aspectos negativos, já que as prefeituras, através de um novo controle de qualquer decisão administrativa estadual ou federal na área da proteção ambiental - e pela possível negação do alvará municipal - são capazes de esvaziar também as ponderações dos interesses envolvidos e decisões discricionários efetuados pelos órgãos políticos dos níveis superiores.

Também é polêmica a questão se a administração municipal tem o direito de indeferir um requerimento somente por razões de “política ambiental local”, mesmo quando todos pressupostos legais urbanísticos e técnicos - inclusive do próprio município - tenham sido formalmente cumpridos. Uma tal margem de discricionariedade remanescente poderia facilmente entrar em choque com os direitos à propriedade privada e à livre iniciativa empresarial, garantidos pelo Art. 170 da Constituição Federal.<sup>101</sup>

A favor de um direito de rejeição dos municípios na área ambiental também pode ser alegado o fato de que muitas das novas Leis Orgânicas locais, e até algumas constituições estaduais,<sup>102</sup> a partir de 1989/90 vieram a estabelecer plebiscitos obrigatórios do eleitorado local sobre a realização de projetos potencialmente perigosos ao meio ambiente. Continua duvidoso, contudo, se um tal direito de rejeição por razões ecológicas será, na prática reivindicado pelas comunidades, visto que a maioria dos protagonistas da política municipal brasileira ainda dão preferência absoluta a um “desenvolvimento” através de uma industrialização rápida e, por isso, pouco planejada.

Nesse contexto, é importante frisar que foi *vetado* um dispositivo do Projeto de Lei 348/93, fundamento da Lei Estadual gaúcha 10.330 de 27/12/94 (Sistema Estadual de Proteção Ambiental), por violar indevidamente a autonomia municipal. O Art. 17, § 1 do projeto rezava, que os *municípios que não cumprissem toda a legislação*

---

<sup>98</sup> Cf. CIMA (Comissão Interministerial para a Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento), Subsídios Técnicos para Elaboração do Relatório Nacional do Brasil para a RIO-92, Brasília, 1991, p. 42.

<sup>99</sup> Segundo o direito processual brasileiro, uma ação judicial produz seus efeitos somente contra o nível de estado que foi acionado. As outras duas esferas, contudo, não seriam impedidas de tomar as suas próprias providências e punir a parte que ganhou a causa.

<sup>100</sup> Expressão usada por Adilson Abreu Dallari, in: Política municipal do meio ambiente, Rev. Cepam, mar. 1991, p. 11.

<sup>101</sup> Cf. Lúcia Valle Figueiredo, Licenças urbanísticas, 1989, Rev. da Procuradoria Geral do Estado de São Paulo, n° 31, p. 123s.

<sup>102</sup> Espírito Santo, Art. 187, § 5, Constituição Estadual (CE); Amazonas, Arts. 234, § 3 e 235, VI, 1, CE; Pará, Art. 225, § 3, CE.

*ambiental ficariam proibidos de oferecer incentivos de qualquer natureza para atrair a instalação de novas indústrias* em suas áreas de jurisdição e que os órgãos ambientais expediriam uma certidão com validade de 12 meses na qual ia constar, no caso de verificação do descumprimento da legislação ambiental, o elenco de transgressões existentes.

A supressão dessa exigência é uma consequência lógica da situação jurídica atual: o Estado pode condicionar a concessão de seus subsídios e outros benefícios ao fiel cumprimento das leis ambientais por parte dos governos locais, porém jamais pode criar regras e condições materiais para distribuição das verbas próprias do município. Uma “tutela” das finanças municipais somente seria possível nos casos da infração da legislação orçamentaria e fiscal, a ser constatado anteriormente pelo Tribunal de Contas do Estado.

Esse tipo de limitação de incentivos antes do pleno cumprimento da legislação ambiental até seria uma medida interessante na luta contra o tradicional “relaxamento” dos governos locais em relação às normas superiores. Porém, ela (ainda) não encontra respaldo no sistema jurídico-constitucional brasileiro, que tradicionalmente costuma dar a maior ênfase para a manutenção formal da autonomia municipal.

## **Dificuldades no estabelecimento de um “federalismo cooperativo”**

No Brasil, o conceito de *autonomia municipal* vigente até hoje está intrinsecamente influenciado pela época colonial. Esse conceito, na nossa opinião, é ultrapassado e está causando efeitos negativos para os próprios municípios. Ele tenta a restringir à um mínimo as possibilidades de controle e de orientação dos governos locais e, dessa maneira, vem contrariando uma verdadeira *integração* dos diferentes níveis de estado para uma melhor prestação dos variados serviços públicos de uma sociedade moderna. Este preceito arcaico de autonomia opõe-se à um verdadeiro *federalismo cooperativo*.

Em vez disso, as três esferas governamentais insistam, numa maneira rígida, na divisão das suas respectivas competências. Esses, porém, no caso dos Estados-membros e, ainda mais, dos Municípios, na maioria foram e continuam sendo de natureza meramente formal. Muitos municipalistas brasileiros até hoje estão recusando a idéia de que a União ou os Estados possam ter um interesse legítimo para descobrir erros e deficiências das administrações municipais no cumprimento das tarefas no âmbito do seu “interesse local”.<sup>103</sup>

Sem dúvida nenhuma, a autonomia dos municípios constitui um fator importantíssimo para uma maior eficiência na prestação dos serviços públicos e para a democratização das estruturas políticas da sociedade. Apesar disso, em várias áreas existem fraquezas e debilidades iminentes, independência local contra quais o Estado deveria reagir com a edição de normas no mínimo regionais. Seguindo o exemplo da Alemanha, achamos que os Estados-membros no Brasil precisam ter o poder de estabelecer tarefas

---

<sup>103</sup> Antônio Carlos Ottoni Soares critica que a autonomia municipal aparentemente tenha sido transformado em “*summum jus*, norma de superdireito acima dos interesses do povo”; A Instituição Municipal no Brasil, Edit. RT, 1986, p. 58s., 91p.

obrigatórias (Pflichtaufgaben) pelos seus municípios e garantir o cumprimento das mesmas mediante de um sistema de fiscalização.

No Brasil, contudo, ainda não se reconheceu esta ambivalência da - formalmente quase “sagrada” - autonomia municipal; precisa-se, porém, de uma percepção mais diferenciada e moderna dessa instituição tradicional. O que mais, os órgãos da União, dos Estados e dos Municípios desenvolvem suas atividades e programas preponderantemente um ao lado do outro; eles não são integrados num sistema de cooperação recíproca.<sup>104</sup>

No passado, quase todos os órgãos administrativos da União e dos Estados brasileiros que cuidam das áreas da saúde, educação, trânsito, fomento à agricultura, saneamento, proteção do meio ambiente, etc., orientaram a sua atuação preponderantemente por programas prontos e acabados que costumam ser “confeccionadas” nas capitais e dificilmente levam em conta os problemas locais concretos e as sugestões das pessoas afetadas pela solução dos mesmos. Muitas vezes, os entes superiores sequer informam as prefeituras sobre as medidas que planejam.

A maioria dos projetos são elaborados por equipes de fora e têm um nível técnico demasiadamente *sofisticado* para os seus destinatários, as prefeituras locais. Normalmente, estes “pacotes de ação” não são acompanhados por um monitoramento ou um assessoramento na sua implementação *in loco*. Visto que esses órgãos estaduais e federais não tem a responsabilidade *política* pela execução dos seus próprios planos e projetos, eles dificilmente são sujeitos a uma pressão da população afetada, o que fortalece a sua atitude apolítica e a maneira de pensar exclusivamente em termos técnicos. Uma grande parte das repartições, agências e filiais da administração federal e estadual se tornaram corpos estranhos dentro dos respectivos municípios.

Por outro lado, as administrações locais, até agora, também fizeram muito pouco para chegar numa verdadeira cooperação junto aos órgãos superiores.<sup>105</sup> Resta-nos constatar que ainda é preciso de descobrir caminhos viáveis para uma colaboração constante e ordenada entre esses órgãos administrativos dos diferentes níveis de governo.

Uma cooperação administrativa das três esferas estatais brasileiras devia ter por fim principal o melhoramento da qualidade dos produtos administrativos finais para os cidadãos. Todavia, muitas vezes parece ser decisiva a questão com quais das pessoas envolvidas fiquem as vantagens políticas resultantes de uma prestação de serviços cooperativa e integrada bem sucedida. Devido ao fato que muitos eleitores ainda costumam de orientar a sua decisão de voto muito mais pela *pessoa* do candidato e não pelo programa de um

---

<sup>104</sup> Segundo *Diogo Lordello de Mello*, durante muito tempo, as relações das entes federativas se processaram de maneira mais ou menos anárquica; *A moderna Administração Municipal*, Rio de Janeiro, 1960, p. 145.

<sup>105</sup> Por exemplo: as prefeituras, quando recebem pedidos para a concessão das alvarás comerciais ou na hora de realizar as obras de infra-estrutura (asfalto, água, luz) em certos lugares, raramente informam os órgãos do Estado ou da União e, assim, impossibilitam os mesmos de tomar as suas medidas necessárias na hora certa. O mesmo acontece no exame de projetos de loteamento: as secretarias Municipais de obras ou planejamento dificilmente enviam as documentações para os “órgãos estaduais competentes”, ainda que eles sejam formalmente obrigados de fazê-lo há muito tempo.

partido, os políticos de todos os níveis aceitam de empregar as suas forças somente quando esse empenho provoque um aumento imediato da sua popularidade no eleitorado.

O mesmo acontece com os titulares de mandatos políticos na *esfera municipal*, eles também têm o maior interesse na elaboração de *produtos políticos*. Por isso, muitas vezes fica prejudicada a intensidade e a qualidade do trabalho administrativo.<sup>106</sup> Onde uma tarefa estadual municipalizada mediante a celebração de convênio, o grupo político do governador perde para o respectivo prefeito o poder de nomear pessoas para preencher os cargos criados para o seu cumprimento. Nessa “distribuição de empregos” para a clientela, a escolha das pessoas é norteadada preponderantemente por critérios subjetivos como a remuneração e garantia de fidelidade política. Por conseqüência, o tamanho da máquina burocrática se define mais por fatores *externos* como o clientelismo do que pelas necessidades *internas* de uma administração eficaz e econômica.

Uma das maiores debilidades técnicas da administração brasileira reside na falta de medidas institucionalizadas de análise a nível da implementação que sempre deviam ser complementadas por avaliações de programas. Essas ferramentas poderiam levar também a um acoplamento com o processo de tomada das decisões políticas. Até hoje quase não existe em toda a federação brasileira uma repercussão direta dos problemas concretos da execução administrativa na discussão política e produção legislativa dos parlamentos.

Por essas razões, no Brasil, um boa parte de ministérios, empresas públicas, prefeituras, autarquias municipais etc. atuam numa forma setorial e isolada que serve meramente pelos interesses da própria esfera e não leva em conta as medidas ou os objetivos dos demais atores públicos. Eles habitam exigir também uma rigorosa divisão das competências dificultando notavelmente a coordenação e a sintonização entre as instituições que são imprescindíveis na realização de muitas medidas e programas da administração pública moderna.

## **Municipalização de tarefas ambientais**

Em muitos países, especialmente aqueles de estrutura federalista, as esferas superiores de governo delegam uma parte das suas tarefas e serviços pelas esferas inferiores, geralmente as prefeituras locais. A razão para essa prática, adotada sobretudo em países desenvolvidos, é aliviar a estrutura administrativa superior e entregar determinados serviços a um nível de governo mais perto da população, facilitando assim o controle da comunidade sobre a qualidade e a eficiência da prestação dos mesmos.

A delegação de encargos públicos para os governos locais implica a adoção de certas medidas, como a transferência de *recursos financeiros* para que tais funções possam ser adequadamente desempenhadas, o estabelecimento de normas e parâmetros a serem

---

<sup>106</sup> Nesse ponto, concordamos plenamente com o Vitor Nunes Leal que afirmou que os municípios brasileiros são entidades principalmente *políticas* e menos administrativas; Problemas de Direito Público, IBAM, Rio de Janeiro, 1960, p. 317s.; veja também Ana Maria Brasileiro, O Município como sistema político, IBAM, Rio de Janeiro, 1973, p. 19s.

obedecidos pelas entidades que estão recebendo a delegação e a prestação de assessoria técnica e treinamento, para que as prefeituras possam desempenhar corretamente suas novas responsabilidades e cumprir os padrões exigidos

Infelizmente, a delegação de funções é uma experiência bastante rara no Brasil, onde as funções municipais via de regra são próprias ou exercidas, concorrente e livremente com os demais níveis de governo, muitas vezes criando superposições e desperdício de recursos.<sup>107</sup> No entanto, ultimamente vêm surgindo também no plano político brasileiro tendências de “municipalizar” atividades de controle ambiental, quer dizer, as funções são repassadas pelos Estados aos Municípios, a quem delegam competências. Esse repasse tem ocorrido muitas vezes sem a correspondente transferência de recursos e condições para que se exerçam tais controles, o que resulta numa sobrecarga de responsabilidades locais e em encargos adicionais para a gestão ambiental. A incapacidade crescente do Governo federal e dos estaduais em interferir localmente dá espaço ao fortalecimento de iniciativas locais.<sup>108</sup>

Depois do fim da ditadura, o município brasileiro cada vez mais passa a ocupar um lugar de destaque, configurando-se como um posto de interação entre o Estado e a sociedade. Nesse contexto surge a reflexão sobre os alcances e potencialidades da municipalização de tarefas e serviços públicos, na sua relação com as demandas de democratização política e social, que dão origem à aparição de novos campos de conflito como a questão ambiental, cabendo ao Estado uma responsabilidade de intervenção.

A questão da municipalização engloba um conjunto complexo de fatores intervenientes. Portanto, é preciso a análise sobre o papel dos diversos agentes como os prefeitos, vereadores, conselhos municipais, líderes políticos regionais, agentes econômicos locais, movimentos ecológicos, funcionários dos órgãos ambientais do Estado e da União, associações de classe das suas motivações e de suas possibilidades de implementar ações concretas. Uma descentralização mal refletida facilmente pode levar a um “incrementalismo”, isto é a criação de novos órgãos em nível local sem a necessária dissolução dos já existentes causando custos excessivos e a reversão de expectativas e práticas político-administrativas.<sup>109</sup> Os princípios norteadores de qualquer processo de municipalização devem ser:

- a *flexibilidade*, é preciso levar em conta as diferenças regionais de desenvolvimento dos municípios em cada região de um Estado. Onde as prefeituras ainda não possuem estruturas sólidas de uma administração racional e gestão eficiente dos serviços públicos, faz-se necessário primeiro a criação de condições básicas com apoio dos órgãos estaduais (ou até federais). Um programa de descentralização prevendo a delegação de certas funções da defesa e gestão ambiental do órgão estadual para as prefeituras municipais deve considerar o estado de desenvolvimento e a “força administrativa” de cada governo local, proibindo-se qualquer generalização.

- o *gradualismo*, não todas as funções almeçadas devem ser transferidas para os

---

<sup>107</sup> Diogo Lordello de Mello, Descentralização, papel dos governos locais no processo de desenvolvimento nacional e recursos financeiros necessários para que os governos locais possam cumprir seu papel, Rev. de Administração Pública, FGV, vol. 25, n° 4, out./dez. 1991, p. 208ss.

<sup>108</sup> Maurício Andrés Ribeiro, A crise ambiental urbana brasileira, Rev. de Administração Pública, FGV, vol. 26, 4-1992, p. 68.

<sup>109</sup> Pedro Jacobi, Descentralização municipal, Rev. Cepam, Ano 1, n° 3, 1990, p. 46.

municípios ao mesmo tempo. É indispensável uma avaliação realística das capacidades de cada ente local.

- *transparência* no processo decisório; devem ser amplamente divulgados os critérios da transferência de responsabilidades e alocação de recursos para os municípios para possibilitar a comunidade local de tomar conhecimento e reivindicar o cumprimento das novas atribuições. No passado, os mecanismos formais de controle do desempenho administrativo eram extremamente burocratizados e falharam na cobrança da realização das medidas no âmbito da proteção ambiental. Faz-se mister a ativação da população local pela fiscalização da ação do poder público nessa área, especialmente por parte da sociedade organizada como associações ecológicas, de classe (CREA), etc.

Adverte-se, contudo, contra uma idealização incondicional da municipalização de tarefas públicas. Não é só a questão *quem* decide e governa, mas, acima de tudo, *como* se governa. Em muitas cidades verificamos o exercício privado do poder municipal, na medida de que grupos privilegiados mantêm canais inoficiais com os governos e legislativos locais fazendo prevalecer os seus interesses. Vale ressaltar que o poder econômico e político da sociedade certamente vai se reproduzindo também em nível municipal. Essa constatação não põe em cheque o valor e a importância da municipalização em si, mas visa a evitar o surgimento de expectativas exageradas.

## **POLÍTICA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE**

O governo municipal vive mais intensamente os problemas ambientais, possui conhecimento detalhado dos mesmos e sofre pressões mais diretas da sociedade local. Por falta de planos federais e estaduais de meio ambiente e/ou desenvolvimento ficaram quase sem orientação os municípios para a elaboração da Política Ambiental Local. A mesma costuma de ser dessintonizada com as necessidades e programas federais e estaduais, o que tem gerado conflitos de competência entre os três níveis de poder. Inexistem, na grande maioria dos municípios, órgãos específicos para zelar pelo meio ambiente e técnicos capacitados até mesmo para orientar ações de saneamento básico, como a destinação adequada do lixo domiciliar, por exemplo.<sup>110</sup>

Cuidar do meio ambiente local significa conhecer as características, potencialidades e limitações da região para melhor orientar o desenvolvimento através da atração de atividades econômicas - ou incentivos àquelas já implantadas - compatíveis com a vocação ecológica e com a capacidade real para o seu suporte. Outro aspecto positivo que este conhecimento propicia descobrir as fragilidades e limitações existentes e que requerem a articulação do poder local com os outros níveis de governo ou a associação com municípios da mesma região para enfrentar problemas comuns e poder solucioná-los.

É importante reconhecer que muitos dos problemas ambientais urbanos que

---

<sup>110</sup> Almir Bressan Jr., Principais resultados da política ambiental brasileira, Rev. de Administração Pública - FGV, 1-1992, p. 111.

afetam o município têm sua origem fora de seus limites territoriais. No entanto, a responsabilidade para superar tais problemas é dos governo municipal, ao qual correspondem a aprovação e a aplicação de normas de controle urbano e ambiental. É necessário que a administração local disponha de um diagnóstico ambiental da sua cidade com uma perspectiva de longo prazo sobre os problemas que estão sendo enfrentados e que estão por vir. Deve realizar uma avaliação realística sobre as possibilidades concretas que tem para solucionar esses problemas. O que se tem visto é que os problemas são ignorados, passando de uma administração para outra a responsabilidade de resolvê-los até chegar a situações verdadeiramente caóticas e insustentáveis.<sup>111</sup>

As ações setoriais empreendidas pela prefeitura (execução de obras públicas, prestação de serviços, implantação de infra-estrutura) devem levar em consideração os condicionantes naturais. Muitas administrações locais negligenciam os efeitos negativos provenientes das intervenções que elas próprias realizam. Exercer uma verdadeira *gestão ambiental* significa estar atento à integração intersetorial, bem como garantir que o tema meio ambiente seja contemplado em todas as áreas de atuação da prefeitura, durante as fases de planejamento, execução e acompanhamento dos trabalhos.

Um dos aspectos da realidade administrativa brasileira é o despreparo das diferentes instâncias decisórias para a incorporação da questão ambiental no planejamento e até para o próprio gerenciamento dessas questões. Situação devida, em parte, à existência de um sistema de controle excessivamente complexo, integrado por ampla multiplicidade de órgãos que superpõem suas atuações, diluindo as responsabilidades. Tal estrutura dificulta o acesso a informações sobre o andamento da administração, inviabilizando a fiscalização por parte da sociedade civil e terminando por tornar ineficazes os dispositivos legais existentes. Esses fatos acarretam também a desmobilização e o desestímulo das práticas de cidadania possibilitando a justificativa para a omissão e o comodismo.<sup>112</sup>

A notória falta de infra-estrutura de água, energia elétrica, telefone, de serviços de transporte e pavimentação e atendimento hospitalar leva os cidadãos a reivindicar soluções para *todos* esses problemas. Confrontados com essas demandas, os políticos e administradores locais facilmente relegam ao segundo plano ações de melhoria ambiental tais como o provimento do tratamento de esgoto, de áreas verdes e de recreação, o reflorestamento, o controle da poluição sonora, do ar, da água, a disposição final de resíduos sólidos. O desejável controle rigoroso sobre os resíduos e despejos industriais, bem como o cumprimento de prazos para a instalação de equipamentos antipoluentes ou para implantação de planos de recuperação para áreas degradadas, não vem ocorrendo em muitas cidades por carência de pessoal qualificado e de condições de trabalho.

Se, na retórica, os administradores se sensibilizaram para a questão ambiental, na prática muitas vezes não provêem os meios correspondentes para que o controle e a

---

<sup>111</sup> Peter José Schweitzer, Capacitação municipal para a gestão ambiental urbana, in: Rev. de Administração Municipal (RAM), n° 210, 1994, p. 71ss.; o autor fornece um modelo interessante de um “programa municipal de capacitação em gestão ambiental urbana”.

<sup>112</sup> L. Antonini/ J. E. Ramos Rodrigues, O Município e a gestão do meio ambiente, Rev. Cepam, ano II, n° 1, jan./mar. 1991, p. 19.

fiscalização eficazes se realizem. Nesse caso, apenas a pressão popular e comunitária pela resolução de problemas pode obter resultados.<sup>113</sup>

Podemos constatar que nos quatro municípios em estudo ainda não existem estruturas desenvolvidas e modernas que pudessem responder numa maneira satisfatória aos novos desafios das cidades no campo da defesa ecológica e da preservação dos recursos naturais.

Segundo as Metas de Governo da Prefeitura de Charqueadas, a Secretaria Municipal de Saúde e Meio Ambiente deve dar prioridade a fiscalização sanitária pública, atuando os infratores sempre que necessário (por ex.: lixo em decomposição, acondicionamento de lixo, animais doentes, lixo hospitalar, criação de animais no perímetro urbano), e criar um setor para recebimento de reclamações referentes ao assunto, agilizando assim o atendimento. Além disso, o órgão vai estruturar o setor de meio ambiente possibilitando uma boa atuação junto a comunidade e providenciar atendimento as sugestões, autorização, fiscalização e reclamações da população e reclamações da população sobre as questões ambientais.

Ao mesmo tempo, cabe à Coordenadoria de Planejamento Urbano propiciar condições para a elaboração do Plano Diretor, atualizar o Código de Obras e o de Posturas, agilizar a fiscalização de obras e atendimento a processos (referentes a fornecimento de número, desmembramentos, aprovação de projetos, autorização de licença para construções). Fora disso ela deve controlar as permissões de uso de áreas públicas, atualizando anualmente as mesmas, gestionar, com urgência, junto ao CREA a documentação para dar prosseguimento ao Plano Municipal de Habitação, propor melhorias no trânsito do município e coordenar o setor de desenho arquitetônico e topográfico.

Deve-se considerar também a carência geral de profissionais com formação adequada ao novo papel que o município vem assumindo, às novas propostas que estão emergindo e à necessidade de se atuar através de equipe interdisciplinar. Nas universidades brasileiras ainda predominam cursos isolados onde a interdisciplinariedade é pouco treinada e exercitada, o que afeta a formação de futuros profissionais especialmente da área do gerenciamento ambiental. A maioria dos atuais alunos terão sérias dificuldades práticas ao realizarem trabalhos integrando equipes com profissionais de formação diversificada.

Os Departamentos de Fiscalização devem manter registros atualizados das leis ambientais locais, mas também das principais diplomas legais do Estado e da União que atingem o município. O próximo passo seria uma avaliação dos problemas ambientais mais prementes do município, com reuniões públicas onde os moradores dos diferentes bairros da cidade e também da região rural possam manifestar sua opinião e relatar seus problemas diários. Esse tipo de consulta aumenta a legitimidade das ações da prefeitura e facilita a alocação dos respectivos recursos.

As prefeituras deviam pensar em tomar providências como

-criação de um órgão de coordenação das tarefas de proteção ambiental que responda perante o prefeito. Contudo, a experiência mostra que essas funções, dentro de uma administração municipal, devem ser abordadas de forma interdisciplinar

-efetuar, em intervalos regulares, um levantamento da situação ambiental no ter-

---

<sup>113</sup> Maurício Andrés Ribeiro, ob. cit., pp. 55s., 68s.

ritório municipal (qualidade da água, do ar, do solo, temperatura, agrotóxicos, áreas protegidas e de lazer) e publicar os resultados em relatórios periódicos, mediante o jornal local

-promover uma discussão pública sobre as metas a alcançar no âmbito da futura qualidade ambiental a nível local;

-esclarecer os cidadãos sobre as possibilidades de um comportamento preservador do meio ambiente e oferecer um serviço de “consultoria ambiental”, dando sugestões sobre trato de árvores, uso do fogo, troca de óleo e baterias de carros, produtos químicos, separação do lixo, limpeza de fossas sépticas, criação de pequenos animais etc.;

-utilizar o instrumento do estudo de impacto ambiental também para atividades, projetos e planejamentos municipais, sem necessidade de “copiar” o procedimento sofisticado dos EIAs-RIMAs em nível estadual e federal.

As onerações do meio ambiente, a crescente conscientização ecológica de partes da população e uma incipiente pressão de legitimação das reivindicações ambientais nos círculos políticos e da administração pública têm dado origem a uma plethora de leis estatais em matéria de meio ambiente. Os municípios, de sua parte, ainda não corresponderam aos crescentes encargos para a defesa ambiental. Considerando que a defesa ambiental alcança praticamente a totalidade das áreas funcionais dos municípios, freqüentemente se fala de uma “área-meta” de ação municipal. Isso deve ser visto como uma reação ás competências fortemente fragmentadas em matéria de proteção ambiental no seio das administrações locais.<sup>114</sup>

Dentre as áreas de atribuições em matéria de preservação do meio ambiente a nível municipal podemos distinguir as seguintes:

- o atendimento cauteloso em questão de meio ambiente, quer dizer o planejamento em relação aos recursos naturais mediante funções de prevenção,
- o saneamento ambiental, a saber a recomposição e proteção do meio ambiente mediante ações de interferência, de imposição e de punição por parte da autoridade pública,
- a atividade empresarial tolerável para o ambiente mediante providências municipais operacionais de imposição e de execução.

Presentemente as atividades municipais de preservação ecológica, onde elas existem, ainda estão fortemente cunhadas por um *saneamento ambiental* orientado no sentido de “policiamento”. O *tratamento cauteloso do ambiente* e o planejamento somente estão consolidados em alguns poucos setores funcionais dos municípios; predomina ainda o atendimento casuístico de funções específicas, ainda não enquadrados em qualquer pasta.

Suma importância para qualquer política ambiental municipal bem sucedida é a realização de estudos e pesquisas sobre as condições hidrológicas e microclimáticas do seu território, a oneração do ar devido a poeiras e emanações, a composição e poluição dos seus solos e subsolos por rejeitos ou produtos tóxicos, a composição da cobertura vegetal, a fauna local, etc. Desses dados se podem deduzir os limites de tolerância dos

---

<sup>114</sup> Na Alemanha nota-se uma tendência a uma maior concentração organizacional das funções-parte em questão do meio ambiente - apesar de um atendimento das atribuições, em princípio, descentralizado - em quase todos os municípios de porte médio ou grande. Lá, ao contrário à situação brasileira, existem encargos ambientais obrigatórios para os municípios por lei, ao lado de uma vasta gama de tarefas locais facultativas para a defesa ecológica.

ecossistemas urbanos da cidade como um todo, das sistemas-partes como zonas residenciais, industriais, instalações de parques e os fatores naturais (ar, água, solo, clima).

Eles também não de indicar a folga de que dispõe para um planejamento orientado ecologicamente, constituindo uma base importante para o planejamento paisagístico, bem como o planejamento urbano em si. Além disso, representam valiosa ajuda para a tomada de decisões em questão de medidas singulares como, por ex., no cultivo das áreas verdes, para a arborização e jardinagem ao lado das estradas, além de sua utilização em questões de licenciamento de projetos individuais, isto é, em relação a medidas que se enquadram na chamada regulamentação de intervenções. A ecologia urbana exige uma “cooperação além-pastas”, o que, no entanto, ainda não logrou instalar-se na grande parte das administrações públicas.

## **A IMPORTÂNCIA DA COLABORAÇÃO INTERMUNICIPAL**

A colaboração intermunicipal aumenta a esfera de influência da democracia local. Na Alemanha os municípios se juntam para cumprir certas tarefas de sua competência quais eles sozinhos não são capazes de cumprir numa maneira econômica e eficiente. Se eles não tomassem essa atitude, o respectivo estado-federado pode retirar a atribuição da esfera municipal.

Ao contrário, os Estados brasileiros não possuem o direito de obrigar os seus municípios a se associar para o cumprimento de determinadas tarefas. Eles somente podem subdividir os seus territórios em regiões administrativas e exortar os entes locais para que eles se associem nas respectivas regiões e assim possibilitarem uma colaboração horizontal (Municípios entre si) e vertical (Estado-Municípios). Nessas condições, uma tal estrutura de associações intermunicipais ou “microrregiões” pode ser utilizada para a delegação de tarefas e funções do próprio Estado mediante a celebração de convênios. Especialmente nos Estados de Minas Gerais, Santa Catarina e São Paulo, os governos tomaram iniciativas para primeiro *desconcentrar* os seus serviços estaduais para depois descentraliza-los.

As finalidades de uma Associação Intermunicipal normalmente são objetivos *setoriais* como o tratamento do lixo, do esgoto e a construção de estradas e objetivos de *natureza geral* como a “solução de problemas comuns” ou a “promoção do desenvolvimento” da microrregião. Pode-se constatar que o associativismo no Brasil, e, especialmente no Rio Grande do Sul, ainda se encontra num estado incipiente. Ele geralmente se restringe à formulação de reivindicações políticas enquanto a assessoria técnica aos municípios ainda não chegou num nível satisfatório.

A relativa falta de “espírito associativista” em muitas regiões se deve a motivos psicológicos nas pessoas dos próprios prefeitos que não conseguem se desligar do seu papel tradicional de “senhores da cidade” repudiando a cessão de poderes para organismos supralocais. A discussão aberta sobre problemas da própria administração pode acarretar críticas a respeito dos métodos da sua gestão. No passado, também houve casos de abuso de órgãos intermunicipais para fins de promoção pessoal por parte de

determinados prefeitos. Em outras regiões, são rivalidades tradicionais entre cidades vizinhas que impossibilitam uma maior colaboração.

Uma maior integração dos municípios na formulação e execução da Política do Meio Ambiente do somente será possível através de uma inserção desse processo na estrutura da Federação das Associações de Municípios Estado do Rio Grande do Sul (Famurs). Os governos locais precisariam combinar a assunção de maiores tarefas na área ecológica com o fomento da colaboração intermunicipal no cumprimento dessas funções.

Segundo o Art. 2º dos Estatutos Consolidados da Famurs, ela tem por objeto apoiar as reivindicações das Associações de Municípios como entidades microrregionais, divulgar informações permanentes das entidades públicas sobre os problemas municipais e microrregionais, colaborar com o Estado e a União para apoiar a política de implantação de planos de caráter regional e estadual e conjugar recursos técnicos e financeiros da União e Estado, mediante acordos, convênios ou contratos com outros órgãos ou entidades, para a solução de problemas socioeconômicos comuns às microrregiões e/ou aos municípios.

As 22 Associações Intermunicipais em quais está subdividido o estado do Rio Grande do Sul ainda não correspondem necessariamente com as regiões da mesma microbacia, mas podem ser utilizadas como unidades de organização e coordenação de várias atividades relacionadas à proteção ecológica.

A subdivisão das Regiões de Desenvolvimento por parte do Governo Estadual, em grande parte, coincide com as Microrregiões da Famurs. Essa congruência é a precondição para uma maior cooperação intergovernamental e a municipalização de funções e tarefas cuja execução até agora é sob a responsabilidade do estado.

Os quatro municípios-alvo do projeto integram ASSMURC (Associação dos Municípios da Região Carbonífera), com a sede regional em Triunfo.

A Famurs, através de sua Comissão de Saúde e Meio Ambiente, está planejando formar parcerias com vários órgãos da administração estadual que exercem tarefas na área da proteção ambiental, entre eles a Fepam, a Emater, a Metroplan, o DRNR (Departamento de Recursos Naturais Renováveis) e a Coordenadoria Ambiental da Brigada Militar. Essa cooperação visada deverá se concretizar na celebração de convênios com as respectivas entidades.

O instrumento do consórcio possibilita a colaboração entre municípios para o atendimento de interesses conjuntos e a solução de problemas comuns.

Em novembro de 1994, sob a orientação dos professores Hans Flickinger e Andreas Krell, os municípios de Charqueadas, São Jerônimo e Arroio dos Ratos estipularam um consórcio intermunicipal para o tratamento de resíduos sólidos.

No Brasil o *consórcio* é uma figura jurídica fraca, sendo vinculada ao direito privado. Um dos seus problemas é a sua transitoriedade, já que ele depende da conjuntura política e do prefeito em exercício para se manter. Assim sendo, talvez fosse o caso de seguir a experiência italiana, na qual há consórcios optativos e obrigatórios. Por exemplo, no Brasil seriam obrigatórios aqueles consórcios que envolvessem regiões com problemas ambientais comuns.<sup>115</sup>

---

<sup>115</sup> Cf. Descentralização/Pacto Federativo, Cadernos da Escola Nacional de Administração Pública (ENAP), Brasília, vol. 1, nº 1, 1993, p. 25.

No entanto, a formação de consórcios isolados para cada uma das tarefas e serviços municipais também pode se tornar contraprodutivo, no sentido de que essa atuação leva a um desligamento dos respectivos municipais da organização da sua microregião.

## **A IMPORTÂNCIA DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL PELA PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE**

Art. 182 da Constituição Federal reza: “A política de desenvolvimento urbano, executada pelo Poder Público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. § 1.º: O plano diretor, aprovado pela Câmara Municipal, obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana.”

O Art. 182 CF também descentralizou o planejamento para a esfera local, onde ele deve ser reconceituado como instrumento de democratização da gestão da cidade. No seu § 2.º le transferiu a negociação pela definição do conteúdo da função social da propriedade do solo urbano para os municípios, afirmando que “a propriedade cumpre a sua função social quando atende as exigências fundamentais de ordenação expressas no Plano Diretor”.

Para isso, é preciso romper a distância entre a esfera técnica do planejamento e a esfera política de gestão. Sob esta perspectiva, o Plano Diretor deve deixar de representar um *modelo ideal* de cidade, racionalmente produzida, pois o espaço urbano é transformado por uma multiplicidade de agentes públicos e privados e por eles devem ser discutidos e definidos os padrões e normas da sua apropriação. O texto constitucional, no entanto, não fixou prazos para a elaboração dos planos diretores ou sanções no caso da omissão dos municípios nessa matéria. Lembre-se, contudo, que o plano diretor é obrigatório para cidades e vilas de qualquer tamanho quando o poder público municipal das mesmas queira usar os instrumentos urbanísticos de coação traçados nos parágrafos 2-4 do artigo 182 (parcelamento e edificação compulsórias, IPTU progressivo, desapropriação com pagamento em títulos de dívida pública)

E no capítulo sobre a Política Urbana, o Art. 177 da Constituição gaúcha determina: “Os planos diretores, obrigatórios para as cidades com população de mais de vinte mil habitantes e para todos os Municípios integrantes da região metropolitana e das aglomerações urbanas, além de contemplar os aspectos de interesse local e *respeitar a vocação ecológica*, serão compatibilizados com as diretrizes do planejamento do desenvolvimento regional.

Parágrafo 1: Os demais Municípios deverão *elaborar diretrizes gerais de ocupação do território* que garantam, através de lei, as funções sociais da cidade e da propriedade.

O Estado do Rio Grande do Sul é um dos poucos que já editaram a sua Lei de Desenvolvimento Urbano. Essa lei, no entanto, ainda não garante a integração dos planos diretores municipais ao sistema de planejamento estadual. Os planos urbanísticos locais vêm surgindo isolada e esparsamente, com pouquíssima interligação aos planos superiores.

Na bases da Constituição estadual, a Lei Estadual do Desenvolvimento Urbano, 10.116 de 23/3/94 prescreve a elaboração de um *plano diretor* obrigatório para as cidades com mais de 20 mil habitantes e para todos os municípios integrantes da região metropolitana; os outros municípios devem estabelecer *diretrizes gerais de ocupação do território* (Art. 3).

Até março de 1996 as prefeituras municipais deverão submeter às câmaras projeto de lei instituindo o plano diretor ou as diretrizes gerais de ocupação do território (Art. 6). Não cumprindo esse mandamento legal dentro do prazo previsto, não poderão mais ser liberados para estes municípios recursos do Estado ou de entidades financeiras estaduais, bem como a realização de programas habitacionais ou a implantação de equipamentos urbanos e comunitários por órgãos estaduais (Art. 7, I). As mesmas sanções incidirão se o plano diretor ou as diretrizes gerais não serão aprovados pelas câmaras até março de 1998 (Art. 7, II).

Segundo o Art. 10 da Lei 10.116/94, o plano diretor e as diretrizes gerais devem considerar a integração das atividades e equipamentos urbanos e rurais, o meio ambiente e conter, no mínimo, entre outros itens: III - a delimitação das áreas de proteção e preservação permanente...; VI - a delimitação de áreas destinadas à implantação de atividades com alto potencial poluidor...; VII - a identificação de áreas impróprias à ocupação urbana; XII - os dispositivos de controle de uso, ocupação e parcelamento do solo urbano e da edificação, que asseguram condições de salubridade, conforto, segurança e proteção ambiental

O planejamento corresponde a uma opção metodológica baseada em procedimentos racionais, com unidade de comando e coordenação para o desenvolvimento. É o primado da *ação racional* sobre a *ação tradicional* ou costumeira da *improvisação*. Podemos entender o planejamento também como programação do desenvolvimento mediante fixação de lineamentos gerais a serem seguidos com base em diagnósticos do presente e do futuro projetado, elaborado através de conhecimento e estudo dos elementos, carências e valores existentes na conjuntura do Município.<sup>116</sup>

São pressupostos do planejamento: a fixação de objetivos coerentes e a definição das prioridades; o provisionamento dos meios, correspondendo-os aos objetivos; e o emprego dos meios segundo os objetivos visados. É um processo permanente, eminentemente dinâmico, a ter acompanhamento contínuo; no curso dos acontecimentos devem ser feitos ajustes e correções. Avaliando-se os resultados, tem-se conhecimento da necessidade ou conveniência de alterarem-se as estratégias, revisarem-se metas, redefinirem-se objetivos.<sup>117</sup>

Um bom planejamento se desenvolve nas fases do conhecimento da realidade, do estabelecimento das diretrizes e da fixação dos objetivos, da elaboração dos programas e, finalmente, da tradução dos programas em projetos. O *conhecimento da realidade* obtém-se a partir do levantamento e estudo de dados e informações que possam responder às se-

<sup>116</sup> Diomar Ackel Filho, Município e Prática Municipal, Edit. RT, 1992, p. 255.

<sup>117</sup> Veja a respeito: Ana Lúcia Ancona, O Plano Diretor e a Questão Ambiental, in: Questão Ambiental Urbana - Cidade de São Paulo, Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo, 1993, p. 411ss.

guintes perguntas: O que está efetivamente ocorrendo? Por que assim ocorre? Quais os impedimentos para que as coisas sejam melhores? Quanto melhores poderiam ser as coisas? Que esforços se fazem necessários para a obtenção dos resultados almejados?

As diversas demandas urbanas por infra-estrutura são frequentemente conflitantes. Portanto, a identificação, compatibilização ou priorização para o atendimento é uma tarefa de administração de conflitos, a ser realizada pelo governo municipal, e é de natureza *política*. Por outro lado, a quantificação dessas demandas é um trabalho a ser feito através de critérios técnicos.<sup>118</sup> Justamente no âmbito da defesa ecológica, a função do planejamento ganha importância elevada. A administração municipal, no exercício das tarefas tradicionais de prestação de serviços, fiscalização e policiamento contra perigos atuais (em alemão: “Gefahrenabwehr”) somente costuma tentar controlar as conseqüências de comportamentos e processos produtivos que oneram e degradam a qualidade do meio ambiente, seja nas áreas da poluição das águas, do ar, do solo e da vegetação locais.

É impossível fazer planejamento ambiental sem uma articulação intersetorial no nível de governo inicialmente, não se pode pensar o manejo de uma determinada área sem levar em conta os planos e programas setoriais incidentes sobre ela. Um zoneamento ecológico-econômico deve ser visto como um plano de desenvolvimento regional e não como uma ação exclusiva do setor ambiental da administração pública.<sup>119</sup>

Nos últimos anos o planejamento sofreu enorme desgaste, não só por ter-se mostrado ineficaz na solução dos principais problemas do País, mas também por estar fortemente associado ao sistema político concentrador e autoritário. Tal planejamento, baseava-se em encaminhamentos que não levavam em conta os interesses da população, as diversidades locais, um introsamento e uma articulação entre os diferentes níveis de governo da federação, nem a participação política dos diversos segmentos sociais. Os Planos Diretores de Desenvolvimento Integrado (PDDIs), “encomendados” pelos municipais dentro do programa do SERFHAU (Serviço Federal de Habitação e Urbanismo) eram peças meramente ornamentais, que quase não lograram efeitos na realidade, e serviam exclusivamente para a captação de recursos externos do Estado, da União e de bancos internacionais.

No Brasil já foram tentados os mais variados tipos de planos e que o resultado da maioria, se não da totalidade, tem sido muito *aquém* do tempo, do dinheiro e do esforço despendidos na elaboração destes planos. Fracassaram os planos simplórios, como fracassaram os requintados e complicados tecnicamente. Plano “pacote”, elaborado por técnicos, às vezes até contratados - como pacote - em escritórios privados sem qualquer envolvimento da prefeitura, apenas para atender a lei.<sup>120</sup>

Os municípios sempre tiveram competência para elaborar planos urbanísticos e implementá-los. Poucos, no entanto, estabeleceram um processo de planejamento permanente. Muitos fatores contribuem para dificultar a implantação desse processo, tais como a carência de meios técnicos de sustentação, de recursos financeiros e de recursos

<sup>118</sup> Luiz Reinaldo de Azevedo Cardoso, Plano Diretor e infra-estrutura urbana, Revista Cepam, Ano I, n° 2, abr./jun. 1990, p. 26.

<sup>119</sup> Antonio Carlos Robert Moraes, Meio Ambiente e Ciências Humanas, Edit. Hucitec, 1994, p. 24.

<sup>120</sup> Flávio Villaça, Plano Diretor Hoje, Rev. Cepam, Ano I, n° 2, 1990, p. 22s.

humanos, bem assim certo temor do prefeito e da Câmara de que o processo de planejamento substitua sua capacidade de decisão política e de comando administrativo.

Deve ser enfrentado finalmente a questão de como criar *as* condições institucionais permanentes que permitem o tratamento *objetivo-científico* e ao mesmo tempo *democrático-participativo* da dinâmica urbana, com todas as suas contradições e inter-esses antagônicos, levando estes a um compromisso viável e sólido. Os Planos Diretores precisam de um forte embasamento técnico, mas devem ser também - e isso seria a grande inovação - legitimados pela sociedade a qual deve ser aberto a possibilidade de participar em audiências, discussões temáticas, formulação de preferências, etc. Um plano diretor realístico contém necessariamente aspectos estruturais que representam os interesses mais agudos sentidos pela coletividade. Ele não é somente um produto científico, mas um termo de compromisso, um empreendimento político.

É importante frisar que as exposições acima feitas tratam o instrumento do plano diretor do ponto de vista ideal-teórico. A realidade na grande maioria dos pequenos e médios municípios é diferente: eles não possuem condições técnicas de elaborar esses planos urbanísticos. O planejamento *como processo* ainda ano se tornou um fator estável no desempenho diário das administrações locais. É essencial, no entanto, que haja compatibilidade entre o caráter dos estudos “externos” e a capacidade da equipe permanente da prefeitura, de programar e realizar a sua atualização periódica.

Quando foram realizadas reuniões e ou audiências públicas com o objetivo de apresentar as propostas do plano diretor para a população, os técnicos muitas vezes ficaram entre si por causa da falta de interesse ou até compreensão da importância desse diploma urbanístico-legal. Especialmente nas pequenas comunidades no interior não existe nenhuma “tradição participativa” no sentido de que a população realmente reivindica a consideração dos seus interesses. Normalmente constata-se a falta de uma clara definição institucional de um “planejamento estratégico” e de suas vinculações obrigatórias com o planejamento setorial (saúde, educação, transporte, obras, desenvolvimento industrial, social, etc.). Muitas vezes inexistente um sistema de circulação e transportes que prevê uma articulação das várias partes do espaço urbano e rural.<sup>121</sup>

Em muitas cidades o uso do solo no perímetro urbano e na zona de extensão urbana está quase fora do controle da prefeitura, que não fiscaliza com o devido rigor o cumprimento das por parte dos novos empreendimentos imobiliários, do comércio, das pequenas indústrias e postos de gasolina. O poder público local, muitas vezes, apenas reage e tenta remediar e mitigar os efeitos de mudanças macroeconômicas e sociais, que se manifestam em ocupações clandestinas nas margens dos núcleos urbanos, negociações intransparentes de empresas estatais junto aos governos estadual e federal que nem sequer informam os órgãos políticos municipais sobre novos projetos, investimentos e obras (CEEE, Petrobras, Eletrosul).

Na elaboração do seu plano diretor, os municípios não podem trabalhar isola-

---

<sup>121</sup> Para José Afonso da Silva, a causa principal pelo fracasso dos *planos diretores de desenvolvimento integrado* (PDDIs) nos anos 70 foi a exigência de que o plano devia integrar os setores econômico, social, físico-territorial e institucional; isto sofisticou de maneira demasiada o processo de planejamento urbanístico municipal, onde até hoje está faltando uma “tradição planejadora” que pudesse servir de suporte à implementação de um plano mais sofisticado; cf. *Direito Urbanístico Brasileiro*, 1981, p. 125s.

damente como se fossem *autárquicos*, eles têm que definir a sua situação levando em conta uma série de fatores apontados pelas legislações do seu Estado e até da União, especialmente as exigências estabelecidas nos planos regionais do nível governamental superior. Nesse contexto, faz-se necessário também a intensificação da *cooperação intermunicipal*; muitas regulamentações nos planos locais se tornam inócuas se elas não foram compatibilizadas com os planos dos municípios vizinhos (áreas de recreação ao lado de distritos industriais, áreas de mananciais perto de aterros sanitários).

Um processo de planejamento só será eficiente se *baseado na realidade* e nas tendências econômicas e sociais do município, cujos rumos dependem muito de fatores externos à administração local, como a situação macroeconômica do país e as decisões da iniciativa privada; as condições do espaço físico, geográfico, climático e geológico e a realização de obras e programas dos governos estadual e federal para o desenvolvimento da região.

A elaboração de um plano diretor exige nada menos do que o levantamento de todos os dados relevantes do município relacionadas às suas condições físicas-geológicas (águas, solos, clima), biológicos-ambientais (vegetação, fauna), econômicos-sociais (renda da população, escolaridade). Realizado este "inventário", os agentes técnicos e políticos do município devem diagnosticá-los, e traçar uma determinada "direção" (plano diretor!) para onde pode e deve caminhar o desenvolvimento da cidade, seus arredores e sua região rural. Na base dos dados científicos das diversas áreas terão ser respondidas a pergunta qual seja a vocação natural-histórica do município: agricultura, agropecuária, extração de minérios, indústria, comércio, prestação de serviços, turismo? *Em que direção o município deve evoluir considerando-se a qualificação e as expectativas da sua população?*

Destarte, o Plano Diretor é um todo unificado que constitui a espinha dorsal do desenvolvimento do Município. É muito mais que um mero projeto, cuidando-se de um elenco de diretrizes às quais necessariamente terão de se alinhar as iniciativas urbanas. Arquitetos, urbanistas, sociólogos, juristas, economistas e ecologistas deverão ser consultados para a sua elaboração. Por fim, feitos os diagnósticos das necessidades e expectativas, caberá a definição de diretrizes programáticas com prioridades para os investimentos públicos.<sup>122</sup>

Muitos aspectos de um planejamento integrado (espacial, setorial) não podem limitar-se ao território de um município só. Nesse contexto surge a adoção da *microregião* como unidade de análise e intervenção, o que permite uma integração da ação governamental em nível subestadual, viabiliza o provimento de certos equipamentos públicos e serviços (usinas de lixo, hospitais, manutenção de estradas) que exigem um tamanho mínimo de atributos econômicos e demográficos e permite uma maior integração urbano-rural.<sup>123</sup>

Não é possível dissociar o espaço urbano do *rural*, visto que existem relações de estreita interdependência e complementaridade entre os dois. A cidade polariza as atividades do município como um todo: o espaço urbano se expande através de sucessivos avanços sobre o espaço rural.

<sup>122</sup> Diomar Ackel Filho, Município e Prática Municipal, Edit. RT, 1992, p. 259.

<sup>123</sup> Cf. Joel Souto-Maior, A problemática da coordenação, cooperação e planejamento intermunicipais no Brasil, Rev. de Administração Municipal (RAM), n° 204, 1992, p. 54s.

Ainda não foram desenvolvidos mecanismos eficientes para a compatibilização dos planos diretores de municípios vizinhos. Iniciativas nesse sentido dependem quase exclusivamente da boa vontade dos prefeitos de municípios limítrofes. Onde não houver uma aproximação pessoal dos protagonistas da política local, os planos de zoneamento e desenvolvimento são estabelecidos numa maneira isolada.

Depois do processo demorado da elaboração da proposta de um plano, a sua alteração pela Câmara, nova remessa para as secretarias da prefeitura, quase não existe mais espaço para adaptações posteriores com os dispositivos do plano do município vizinho. Essa situação é capaz de levar a graves impasses como o seguinte: um município quer fomentar o seu potencial turístico enquanto o outro está planejando a implantação de um distrito industrial ou um depósito de lixo ao lado de áreas de proteção ambiental.

Esses conflitos de interesse devem ser dirimidos nos moldes institucionais de cada microregião, com a assessoria da respectiva Associação Intermunicipal da Famurs.

O Plano Diretor ou a Lei de Diretrizes Gerais de Ocupação do Território deve contemplar os seguintes aspectos importantes para a defesa, recuperação e conservação do meio ambiente e dos recursos naturais locais:<sup>124</sup>

#### 1. Estrutura Econômica

O plano diretor deve indicar as formas de inserção do município na economia regional, e as atividades econômicas a serem incentivadas bem como aquelas a serem inibidas, adequando-as à preservação do meio ambiente, a exemplo da atividade industrial, agropecuária e turística:

-definição de diretrizes para o parcelamento do solo urbano (observando a Lei Federal 6.766/79 e Lei Estadual 10.116/94)

-definição das áreas de expansão urbana, principalmente, para o uso habitacional;

-fixação de índices urbanísticos, como taxa de ocupação dos lotes, coeficiente de aproveitamento, afastamentos e altura das edificações;

-escolha de áreas adequadas para zonas ou distritos industriais;

-adequar os investimentos públicos aos objetivos do desenvolvimento urbano e rural, em especial quanto ao sistema viário, transportes, habitação e saneamento;

-efetivação das áreas verdes definidas em planta, quando da aprovação dos loteamentos;

-definição dos possíveis locais para disposição final do lixo ou lançamento dos despejos urbanos e industriais e de resíduos sólidos tóxicos no Plano Diretor ou na Lei do Uso e Ocupação do Solo (Documentos da Fepam pela aprovação e fiscalização de indústrias, distritos, zonas industriais e loteamentos).

#### 2. Condições sanitárias

Refere-se à elaboração de diagnósticos e propostas para melhoria das condições sanitárias do município, principalmente, com relação à preservação de mananciais hídricos; local e forma de captação de água para abastecimento público; tratamento e

---

<sup>124</sup> Cf. Governo do Estado de São Paulo, Referências Fundamentais de Meio Ambiente para Elaboração de Planos Diretores Municipais, Roteiro Orientativo, São Paulo, 1990; Fundação Prefeito Faria Lima, Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (CEPAM), Política Municipal do Meio Ambiente, São Paulo, 1992, p. 81ss.

despejo de esgoto doméstico e industrial; local e forma para disposição final dos resíduos sólidos urbanos e industriais. Em geral, observa-se uma insuficiência de investimentos em saneamento básico, que se deve também a falta de prioridade política (“obra em baixo da terra não dá voto!”).

O plano deve prever a expansão e adequação, ao adensamento populacional, dos sistemas de saneamento supra referidos. (Relatório sobre águas interiores do Estado? Publicações da Fepam a respeito; trabalhos da Corsan sobre abastecimento de água e coleta de esgotos; Lei Estadual sobre a gestão dos resíduos sólidos, 9.921/93)

### 3. Zoneamento Urbano

O *zoneamento urbano* consiste na repartição da cidade e das áreas urbanizáveis segundo a sua precípua destinação de uso e ocupação do solo. O zoneamento traz grandes vantagens como medida prévia do controle da poluição; ele deve basear-se e diversificar-se segundo os usos de cada zona, para adequação das exigências municipais às diferentes áreas e atividades da cidade e seus arredores e visar a correta localização das atividades poluidoras. O plano diretor deve fixar critérios para a delimitação e o uso das *áreas de expansão urbana* ou urbanizáveis, que impeçam a ocupação das áreas de mananciais, de vegetação nativa, etc.

A inclusão de critérios ambientais nos estudos de localização industrial, além dos já tradicionalmente adotados (acesso, infra-estrutura, mercado, mão-de-obra etc.) visa assegurar o uso racional dos recursos naturais do município e minimizar conflitos entre as atividades industriais e as demais urbanas e rurais, buscando-se um *desenvolvimento sustentado*.

Previsão de normas que determinem a localização ideal para os estabelecimentos poluidores, como determinados tipos de indústrias, usinas, matadouros, curtumes etc., na Lei do Plano Diretor e na Lei de Uso e Ocupação do Solo. (Orientções da Fepam; legislação: Decreto Federal 76.389/75, Lei Federal 6.902/80; existe lei estadual que restringe as atividades industriais na áreas de drenagem do rio Jacuí??)

### 4. Áreas sob proteção

Definir as características das áreas consideradas como de relevante interesse local - histórico, paisagístico, turístico ou de risco geológico -, prevendo que uma lei disciplinará a sua utilização. Podem ser criados pelos municípios reservas biológicas e florestais, parques, estações ecológicas, áreas de proteção ambiental (APAs), áreas de interesse turístico, áreas tombadas (Lei 6.902/81)

### 5. Erosão, inundações e assoreamento

Os fenômenos de erosão acelerada removem solos férteis em altíssimos volumes, além de provocar uma série de prejuízos econômicos e ambientais. O controle de erosão deve ser exercido tanto em nível urbano, quanto rural, cabendo também ao Município esse acompanhamento. O problema das inundações decorre de vários fatores, que geralmente se somam, no sentido de impedir a livre passagem de água nos rios e sistemas fluviais. De maneira idêntica à erosão, o controle também envolve os campos preventivo e corretivo. O plano deve identificar as áreas de risco para direcionar a execução de programas e obras públicas e privadas.

Existem deficiências no sistemas de drenagem pluvial urbano, causando enchentes? As áreas de várzeas estão ocupadas por moradias (irregulares)? Houve assoreamento nos rios pequenos da região (enchentes, menos peixes?) A causa pode ser a falta

de controle de empresas que dragam areia dos leitos. (Trabalhos sobre causas e efeitos da erosão, Secretária Estadual da Agricultura? Lei 6.766/79)

#### 6. Licença e impacto ambiental

Quando, no Plano Diretor, for estabelecida a execução de grandes obras ou empreendimentos, como por ex., a implantação de distritos industriais, exploração mineral, abertura de rodovias etc., faz-se obrigatória a apresentação, ao órgão ambiental do Estado (Fepam), de um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), resultado de um respectivo Estudo (EIA), para o licenciamento.

Fixação de diretrizes adicionais ao determinar a execução do EIA, quando julgadas necessárias pelas peculiaridades da obra e características ambientais da área (Resolução Conama 001/86, art. 5º).

#### 7. Transporte coletivo

Considerando os vários tipos de transporte como ônibus, taxi, carro particular e bicicleta.

## O USO DO ESTUDO E RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA-RIMA) EM NÍVEL MUNICIPAL

O EIA no Brasil é um instrumento orientador e fundamentador da decisão administrativa que autoriza ou não um empreendimento. O Art. 225, § 1, inciso IV, da Constituição Federal prescreve a todas as esferas do Poder Público que “exijam, na forma da lei, estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, a que se dará publicidade”.

Essa lei, à qual o texto constitucional se refere, ainda não existe no plano federal. A grande maioria dos estados federados, por enquanto, também não possui legislação própria pertinente sobre o EIA/RIMA. Alguns municípios grandes produziram normas locais sobre o Estudo de Impacto Ambiental na sua seara (assim, por exemplo, os projetos de Códigos Ambientais das cidades de Maceió e São Paulo).

O diploma normativo fundamental sobre o EIA/RIMA continua sendo uma Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), editado em 1986, ainda antes da reforma constitucional. Sem poder aprofundar o assunto nesse contexto, vale ressaltar que o Conama representa apenas um órgão administrativo de consulta da Presidência da República. Portanto, as suas “resoluções” - cuja constitucionalidade hoje já está sendo questionada<sup>125</sup> - se dirigem aos órgãos da administração federal e não podem determinar procedimentos administrativos aos órgãos estaduais e municipais - nem uma lei federal o poderia! -, o que contraria a sistemática constitucional vigente no Brasil.<sup>126</sup> Os órgãos de defesa ambiental dos estados, contudo, aceitaram de trabalhar com a Resolução Conama 001/86.

<sup>125</sup> Cf. Paulo A. Leme Machado, *Direito Ambiental Brasileiro*, 5. ed., Edit. Malheiros, 1995, p. 77s.

<sup>126</sup> Cf. Iara Verocai Dias Moreira, *Avaliação de Impactos Ambientais no Brasil: antecedente, situação atual e perspectivas futuras*, in: MAIA, 1993, n. 0331, p. 3.

O seu Art. 1.º considera como impacto ambiental “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

A listagem do Art. 2.º da Res. 001/86 limita-se quase exclusivamente a grandes projetos e atividades públicos e privados;<sup>127</sup> apenas os distritos industriais e as zonas estritamente industriais (inciso XIII) se referem a planos. Fora disso, o EIA ainda não é exigido para planos, programas e a própria ordenação do território, deixando uma lacuna sobre os efeitos cumulativos e sinérgicos.<sup>128</sup> No entanto, os órgãos ambientais podem usar as mesmas técnicas e procedimentos para apreciar outros planos e programas de desenvolvimento.

Segundo o Art. 5.º da Resolução 001 de 1986 o EIA deve contemplar as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, avaliar os impactos ambientais nas fases de implantação e operação da atividade, definir os limites geográficos e considerar a compatibilidade de outros planos e programas governamentais da área de ser afetada pelos impactos do projeto. No entanto, são notórias as deficiências das estruturas organizacionais dos órgãos ambientais e entidades afins para a participação eficaz no processo do EIA. Ainda falta experiência de coordenação desse tipo de trabalho, o conhecimento dos métodos do Estudo de Impacto Ambiental, técnicas de pesquisa e previsão de impactos ambientais e a capacidade de promover a integração das diferentes disciplinas. Há ainda outras questões associadas aos custos e à duração dos estudos, além da carência de dados primários, que interferem diretamente na qualidade dos estudos.<sup>129</sup>

O Art. 251, V, da Constituição gaúcha reza que incumbe ao poder público

---

<sup>127</sup> I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento; II - Ferrovias; III - Portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos; IV - Aeroportos, conforme definidos pelo inciso I, artigo 48, do Decreto-Lei n. 32, de 18.11.66; V - Oleodutos, gasodutos e minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários; VI - Linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230kV; VII - Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragem para fins elétricos, acima de 10MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de canais para navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos de água, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques; VIII - Extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão); IX - Extração de minério (incl. classe II, Cód. de Minas); X - Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos; XI - Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW; XII - Complexo e unidades industriais e agroindustriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hídricos); XIII - Distritos industriais e zonas estritamente industriais - ZEI; XIV - Exploração econômica de madeira ou de lenha, em áreas acima de 100ha ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental; XV - Projetos urbanísticos, acima de 100ha, ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério do IBAMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes; XVI - Qualquer atividade que utilize carvão vegetal, em quantidade superior a dez toneladas dia.

<sup>128</sup> Sandra M. Pereira de Queiroz, *Avaliação de impactos ambientais: conceitos, definições e objetivos*, in: Juchem, Peno Ari (Coord.), *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA)*, IAP-GTZ, Curitiba, 2. ed., 1993, n. 0310, p. 3.

<sup>129</sup> Iara Verocai Dias Moreira, *ob. cit.*, p. 4.

estadual exigir estudo de impacto ambiental com alternativas de localização, para operação de obras ou atividades públicas ou privadas que possam causar degradação ou transformação no meio ambiente, dando a esse estudo a indispensável publicidade. O Projeto do Código Ambiental de Rio Grande do Sul (Arts. 202-218) prevê um capítulo sobre o Estudo e o Relatório de Impacto Ambiental. Entretanto, ele copia, sem nenhuma necessidade jurídica, quase literalmente os dispositivos e a metodologia do EIA/RIMA concebido na Resolução 001/86 do Conama. É de presumir que os elaboradores do projeto tiveram a intenção de manter a sistemática do EIA já conhecida e aplicada por parte dos órgãos da administração estadual.

O Município é o lugar geográfico onde se materializam os impactos decorrentes de atividades modificadoras do meio ambiente, irradiando seus efeitos positivos e negativos. No entanto, os municípios dificilmente interferem no processo da elaboração e avaliação de EIAs e RIMAs sobre projetos no seu território. Na realidade, hoje são as administrações estaduais que assumiram a tarefa de ditar e analisar estudos e relatórios de impacto ambiental; em caráter supletivo, isto compete ao Ibama. Todavia, nem os órgãos estaduais de defesa ambiental têm recebido o aporte necessário de recursos financeiros e humanos, com raras exceções.<sup>130</sup>

Mesmo que o respectivo órgão ambiental estadual aprove o licenciamento de determinado empreendimento, a prefeitura local pode, independentemente, avaliar os impactos do mesmo projeto e, se chegar a conclusão de que ele seja danoso ao seu meio ambiente ou à sua população, haverá de prevalecer a decisão da seara municipal.<sup>131</sup> Também em matéria do EIA/RIMA, inexistente um poder de revisão dos atos dos municípios pelos estados e pela união.<sup>132</sup>

Vale ressaltar que os municípios não são excluídos do processo do EIA da Resolução 001/86. Ao determinar a execução do EIA, eles podem - “quando couber”- fixar as diretrizes adicionais que forem julgadas necessárias pelas peculiaridades do projeto e características ambientais da área, (Art. 5.º, parágrafo único) e, ao mesmo tempo, estão sendo exortados a fornecer as instruções adicionais que se fizerem necessárias (Art. 6.º, parágrafo único).

No entanto, as prefeituras, na prática, ainda estão quase excluídas do processo da elaboração e avaliação dos EIAs sobre projetos e atividades nos seus territórios. A grande maioria das administrações locais não possuem as mínimas condições materiais de acompanhar ou questionar esse procedimento sofisticado, que fica sob o controle exclusivo dos órgãos ambientais estaduais e/ou federais.

As prefeituras na área de estudo ainda não estabeleceram um sistema próprio de avaliação dos impactos ambientais de projetos privados ou públicos, deixando a elaboração e apreciação dos EIAs/RIMAs aos plenamente aos cuidados da Fepam e do IBAMA.

---

<sup>130</sup> Juchem, Peno Ari, Algumas possibilidades e perspectivas para a avaliação de impactos ambientais em nível municipal, Revista de Administração Municipal (RAM), n. 204, 1992, p. 80.

<sup>131</sup> Juchem, ob. cit., p. 81.

<sup>132</sup> Édis Milaré/ Antônio Herman V. Benjamin, Estudo Prévio de Impacto Ambiental, Edit. RT, 1993, p. 36s.

Inicialmente, os municípios da região carbonífera deveriam preocupar-se com a avaliar os impactos ambientais de suas próprias atividades, sobretudo os serviços públicos relacionados ao depósito final do lixo, do escoamento e tratamento do esgoto, o seu sistema viário, o parcelamento do solo e o zoneamento do seu território. Nisso, a experiência dos EIAs/RIMAs estaduais constitui referência importante para a identificação de muitos pontos que poderiam ser aperfeiçoados na regulamentação do instrumento, tanto nas exigências feitas ao empreendedor quanto nas metodologias de análise.<sup>133</sup>

Por isso, seria de grande utilidade a formação de grupos de trabalho dentro da seara da administração municipal, que não estejam subordinados a nenhuma secretaria específica e dotadas do apoio incondicional do prefeito, cuja vontade política sempre é fundamental para a implementação de medidas de planejamento e controle ambiental.

## **PARTICIPAÇÃO POPULAR NA PROTEÇÃO AMBIENTAL LOCAL**

Hoje existe uma concordância universal sobre a importância da participação ativa da população na defesa do “seu” meio ambiente. Experiências em outros países provaram que o Poder Público normalmente desenvolve maiores atividades na área da defesa ecológica somente quando os cidadãos atingidos cobram essas atitudes dos governantes. Mostrou-se também que o imenso problema da “não aplicação” das leis apenas pode ser superado pelo habitantes de cada cidade e região que devem exigir um maior desempenho dos órgãos públicos na fiscalização do cumprimento das normas ambientais. Para agir dessa forma é indispensável uma maior conscientização do povo sobre as questões relacionadas à questão ambiental e sua importância para sua própria saúde e qualidade de vida. O instrumento para chegar num certo nível de consciência ecológica é a *educação ambiental*, salientada pela própria Constituição Federal no Art. 225 § 1, VI.

Os governos municipais devem ser pressionados a tomarem medidas ativas pelo ambiente local; somente nesse nível estatal mais baixo da Federação brasileira parece possível o estabelecimento de uma certa “consciência ecológica pública” que pode se manifestar através de protestos, petições e na decisão de voto nas eleições. Os grupos ambientalistas possuem a importante função de levar para a discussão pública - especialmente as mídias local - assuntos relacionados a preservação dos recursos naturais.

Nas palavras de Ramos de Aguiar, a cidadania ambiental, por suas lutas, inscreverá, progressivamente, novos direitos na vida social e forçará os poderes públicos a respeitar normas que eles mesmos editaram. Esses resultados nunca virão sob a forma de dádiva. Serão duramente conquistados pela eficácia da cidadania ambiental organizadas. Por isso, cabe aos movimentos sociais organizados conquistar espaços políticos nos órgãos de planejamento municipal, nos conselhos específicos e em toda comissão per-

---

<sup>133</sup> Ana Lúcia Ancona/ Luis Octávio da Silva, Parâmetros para regulamentação dos Estudos de Impacto a nível municipal, in: *Questão Ambiental Urbana - Cidade de São Paulo*, Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo, 1993, p. 506.

manente ou provisória que trate de problemas importantes para a qualidade de vida e do meio ambiente. É a concretização municipal dos direitos constitucionais.<sup>134</sup>

Por outro lado, a participação, mesmo no plano local, pressupõe por parte dos agentes envolvidos uma certa capacidade de reflexão, de análise e de proposição que seja abrangente em relação aos destinos daquela sociedade. E essa é a contrapartida problemática do processo de participação em nível local - é a possibilidade de ele esgotar-se nas demandas imediatistas, quer dizer, o asfaltamento da rua, a iluminação, a abertura de uma galeria de águas pluviais, questões muito concretas, importantes para a vida cotidiana da população, mas que não esgotam nem questionam os fundamentos dos problemas que cercam essa mesma vida cotidiana.<sup>135</sup>

Em 1994, a Secretaria Municipal de Planejamento de Charqueadas realizou um plebiscito no bairro Vila Piratini, no qual 70% da sua população votou contra a crescente instalação de pequenas indústrias e comércios no local. Essa abertura de canais de participação popular visa aumentar a legitimidade e a aceitação das decisões tomadas pela prefeitura.

Em Charqueadas também existe o “Movimento Ecológico Pró-Natureza-MEPN”, uma associação ambiental com 23 membros, todos de nível acadêmico. O MEPM, em acordo com a prefeitura, está lavrando “Autos de Infração à Legislação Ambiental”, como advertência às pessoas que cometeram delitos contra o meio ambiente, como a caça ou captação de animais silvestres; até agora não houve nenhum caso de reincidência. Ela também atende aos pedidos de erradicação de árvores no perímetro urbano, avaliando a justificativa do pedido *in loco*. Assim, existe uma colaboração fértil entre a ONG e a prefeitura que usa o *know-how* dos membros do grupo para facilitar o seu próprio trabalho. Essa colaboração do MEPM, no entanto, até agora não foi “oficializada” de maneira que não existe nenhum tipo de credenciamento junto à prefeitura ou outros órgãos ambientais. Houve somente um consentimento por ambas as partes que a prefeitura vai orientar as suas decisões nas manifestações (autuações) do MEPN.<sup>136</sup>

Em Arroio dos Ratos, segundo as palavras do secretário Municipal de Saúde e Meio Ambiente e do Vice-Prefeito, não existe nenhum grupo ou associação da sociedade civil com a finalidade de proteger o meio ambiente.<sup>137</sup>

## **CONSELHOS MUNICIPAIS DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE**

Uma forma de abrir o caminho para uma maior participação popular na gestão ambiental do Município e a instituição de um Conselho Municipal de Defesa do Meio

---

<sup>134</sup> Roberto Armando Ramos de Aguiar, *Direito do Meio Ambiente e Participação Popular*, IBAMA, Brasília, 1994, p. 36, 76.

<sup>135</sup> Luís Henrique Proença Soares, *Gestão municipal - participação*, in: *A Nova Constituição Paulista - Perspectivas*, Cepam/Fundap, 1989, p. 139.

<sup>136</sup> Entrevista com Geraldo Valim, presidente do MEPN, 31/1/95, em Charqueadas.

<sup>137</sup> Entrevista no dia 1/2/95, contato através da sub-secretária Ester.

Ambiente (siglas comuns: Codema ou Comdema). Nos últimos anos circularam no Brasil vários guias e modelos a respeito da criação desses conselhos produzidos por instituições como o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), o Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (CEPAM-SP), a Secretaria do Meio Ambiente da União (SMA), entre outros.

A respeito da composição de um Codema, existem modelos diferentes. A tendência geral da composição dos conselhos de defesa ambiental nos três níveis da federação brasileira (Conselho Nacional-Conama, Conselhos Estaduais existentes em quase todos estados brasileiros, conselhos locais) e a “bipartição”, isto quer dizer a concessão de quotas iguais de integrantes da parte do poder público (secretarias do executivo, vereadores/deputados, representantes das outras esferas como Polícia Militar, Ministério Público, Ibama) e da sociedade civil organizada. Este é o modelo adotado pelo Estado do Rio Grande do Sul na sua recente Lei 10.330/94, Art. 8º.

Alguns modelos defendem até uma “tripartição”, apontando para a subdivisão em um número igual de representantes de órgãos governamentais, entidades civis e movimentos ambientais.<sup>138</sup>

Para defender os interesses da sociedade civil organizada, podem fazer parte do Conselho representantes das associações profissionais como dos engenheiros, arquitetos, jornalistas, sindicatos mais expressivo, as universidades da região, associações municipais e o Ministério Público, que exerce uma função especial, sendo, ao mesmo tempo, órgão estatal e defensor dos interesse da sociedade.

Os movimentos ambientais da região possuem um papel importantíssimo, colaborando numa maneira crítica, mas construtiva, na tomada de decisões que influenciam a qualidade do ambiente local. Em municípios onde existem poucos grupos ou movimentos ecológicos ou filantrópicos, esse lugar deve ser preenchido por cidadão singulares de notórios conhecimentos no ramo da ecologia como professores, cientistas, intelectuais, etc.

Segundo todas essas propostas um CODEMA deve participar no planejamento das atividades que possam ter por consequência significativos impactos no meio ambiente local bem como fiscalizar a implementação e execução dessas medidas. Os membros do conselho devem acompanhar a elaboração do plano diretor municipal, contribuir pela identificação, classificação e documentação dos diferentes potenciais poluidores no território do município, propor a delimitação de áreas de preservação ecológica, propor padrões e parâmetros de emissões líquidas e gasosas para a água e o ar e se manifestar sobre o andamento de processos destacados de licenciamento de atividades poluidoras.

Além disso, propõe-se que o Codema tenha o direito de convocar, independentemente, audiências públicas sobre projetos de repercussão pública que possam influenciar negativamente a qualidade de vida dos munícipes, elaborar programas de educação ambiental, informar a população sobre a importância e o conteúdo concreto da legislação ambiental dos três níveis governamentais e fomentar a criação de grupos e associações de cunho ambientalista. Finalmente, segundo esses modelos, deve incumbir aos órgãos colegiados o fortalecimento da colaboração intermunicipal na proteção ambiental (formação de consórcios, criação de áreas transfronteiriças de proteção ecológi-

---

<sup>138</sup> Bahia: Art. 213, § 1.º Constituição Estadual (CE); Mato Grosso: Art. 267 CE; Paraíba: Art. 230 CE.

ca) e o estabelecimento de uma verdadeira cooperação entre os órgãos do município e as administrações do Estado e da União (contatos pessoais).

As propostas, no entanto, contêm também itens duvidosos que visam atribuir aos Conselhos locais funções e responsabilidades exageradas e pouco viáveis na prática. Foi sugerido que os Codemas - seguindo o exemplo do Conama -deviam ter a competência para deliberar sobre padrões e parâmetros de emissão de efluentes, gases etc., decidir, em grau de recurso, sobre multas lavradas pela administração ou o embargo de obras e exigir independentemente a elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) bem como “ter a última palavra” sobre a aprovação ou a rejeição dos resultados dos respectivos Relatórios (RIMAs). (O melhor exemplo de competências tão abrangentes e a Lei Municipal 7.447/90 de Curitiba, Arts. 30 § 2, incisos 1-3.)

Em geral, podemos observar a intenção de elevar o Conselho Municipal de Meio Ambiente para ser um “superórgão” na área da proteção ambiental, a ser o “organismo supremo” da política ecológica local. Estes anseios, porém, não acham respaldo legal no sistema jurídico-constitucional brasileiro. Não é possível transferir todas as atribuições do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) para a seara local.<sup>139</sup>

É importante ressaltar que um Conselho Municipal de Defesa Ambiental não deve ser sobrecarregado com atribuições que fogem da sua capacidade institucional. Temos de perguntar se existe congruência entre o tamanho das suas funções e a exequibilidade prática das mesmas. Certas incumbências exigiriam para a sua realização um aparelho administrativo de maior envergadura, com integrantes dotados de conhecimentos científicos (criação de comissões setoriais).

Nessa altura, o Codema corre também o risco de entrar em choque com o prefeito e a Câmara Municipal. Vale ressaltar, no entanto, que o Conselho Municipal do Meio Ambiente é por sua natureza um órgão consultivo de assessoramento do executivo local a qual não cabe desprestigiar constantemente as decisões do prefeito e assim criar um tipo de “oposição ecológica permanente” dentro da própria administração.

Um conselho com tal intenção seria condenado ao fracasso total, visto que ele depende na sua composição da própria prefeitura. Isto não quer dizer que o órgão seja obrigado a homologar ou aprovar todas medidas do governo local na íntegra, muito pelo contrário. A sua crítica, contudo, deve se desenvolver numa maneira construtiva e racional, refutando as manifestações de protagonistas com interesses políticos próprios que usam o palco do conselho para uma auto-exibição de cunho demagógico.

Também é ilusório a idéia que o Codema de uma cidade pequena ou média vai ter sessões mais freqüentes do que uma vez por mês, visto que cada um dos seus integrantes têm outros compromissos profissionais e pessoais. A experiência ensina que logo depois da criação de conselhos ambientais locais costuma diminuir consideravelmente o interesse dos seus integrantes em se reunir e discutir. A participação dos

---

<sup>139</sup> Atualmente o CONAMA está sendo questionado pela incerteza da sua legitimidade para emitir normas jurídicas. Parte da doutrina considera as suas “resoluções” de representarem atos administrativos. Nesse caso, é duvidoso se eles podem delimitar direitos do cidadão (nesse caso, o direito de propriedade dos donos de fábricas, terrenos, etc.) Crítica-se, que, na verdade foi criado um tipo de “parlamento ecológico paralelo”, que assumiu até atribuições reservadas ao Parlamento.

representantes de órgãos estaduais e federais geralmente não se realiza de maneira estável e permanente.

Levando em conta essas fraquezas institucionais, se apresenta bastante reduzida a capacidade real dos Codemas para desenvolver trabalhos acadêmicos e científicos de maior envergadura. Os conselhos até agora instituídos se mostraram dificilmente capazes de cumprir tarefas exigentes e “sofisticadas” como a elaboração de padrões técnicos de emissão, parâmetros de qualidade ambiental local e a avaliação de projetos, planejamentos bem como os Relatórios de Impacto Ambiental dos mesmos. Nas cidades pequenas e médias os conselhos ambientais dificilmente vão desenvolver trabalhos mais profundos devido a falta de membros especializados na área.

A criação de Conselhos Municipais de Defesa Ambiental é capaz de criar um palco de publicidade, tornando mais transparente os mecanismos e procedimentos tradicionais de decisão sobre a alocação de indústrias, manobras de empresas imobiliárias, planos do setor energético, as “propostas” de empreiteiras na decisão sobre as obras públicas, entre outros interesses subalternos que estão acostumados de fazer valer a sua influência perante os protagonistas da política local.

A capacidade da sociedade civil para desempenhar uma verdadeira participação nas decisões que influenciam a qualidade do meio ambiente local costuma variar consideravelmente em cada região. Há lugares onde a grande maioria da sociedade ainda não têm condições de acompanhar as decisões do poder público, em virtude da tradição paternalista, do analfabetismo ou da miséria de grandes partes da população que estão na luta pela sobrevivência física.

Em muitas cidades o primeiro passo seria *aumentar as chances* de participação mediante medidas informativas, campanhas educacionais, criação de foros de discussão etc. É necessário também transmitir a uma grande parte da população um certo respeito com a natureza e que determinados comportamentos prejudicam o meio ambiente e põem em risco indiretamente a própria qualidade de vida, como a disposição de lixo na natureza, o despejo de óleos, tintas e graxas nas pias e privadas, o uso da queimada para “limpar” terrenos, etc. Nesse campo, o município tem de exercer um árduo “trabalho de base” que logicamente deve ter seu foco principal nos jovens e crianças.

Ainda que encararmos a criação de conselhos municipais com muita simpatia, deve ficar claro que a atribuição normativa no âmbito do Município é da Câmara dos Vereadores, isto é a de regular a administração da cidade e a conduta dos munícipes no que afeta aos interesses no que afeta aos interesses locais. Ela atua com caráter regulatório e genérico, elaborando as leis, ou seja, normas abstratas, gerais e obrigatórias de conduta, função que se diferencia da do Executivo que pratica os atos concretos de administração.

Quando as “deliberações” do Conselho Municipal de Proteção Ambiental se limitam a propor determinadas medidas concretas, julgar certos projetos ou atividades prejudiciais ao ambiente local, etc., ou até decidem, em grau de recurso, sobre multas e outras penalidades impostas pela prefeitura, eles se enquadram no conceito do ato administrativo. Todavia, não se pode pensar em atribuir ao Conselho o direito de emitir normas genéricas, do tipo das Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), que estabeleceram em nível nacional padrões de qualidade ambiental, parâmetros de emissões líquidas, gasosas, sobre resíduos etc. A natureza dessas resoluções até hoje

foi pouco esclarecida; alguns autores da doutrina do direito ambiental sustentam até a sua inconstitucionalidade.<sup>140</sup>

Portanto, seria importante integrar as atividades do Conselho com o trabalho da Câmara de Vereadores; um Conselho nunca deve se torna em um tipo de “parlamento ambiental paralelo”. O próprio prefeito e os secretárias devem tomar cuidado de não procurar somente o Conselho para discutir as questões relacionadas ao meio ambiente e saneamento básico. Tal comportamento excluiria o parlamento local eleito do processo de solução dos problemas ecológicos.

Devia ser fomentada a criação de uma *comissão* parlamentar para assuntos relacionadas à defesa e preservação do meio ambiente local. As potencialidades deste instrumento parlamentar, de suma importância nas Assembléias Municipais da Alemanha (Gemeinderat), ainda não foi suficientemente aproveitada nos municípios brasileiros, onde somente poucas cidades possuem comissões das câmaras locais que realmente funcionam, discutem os problemas, propõem soluções.

Uma vez constatado os pontos fracos dos conselhos ambientais locais implantados até agora, e o fato que os Condemas não são órgãos deliberativos que possam integrar a estrutura constitucional de um Município

Devia ser analisado a possibilidade de criar um Conselho Regional de Defesa Ambiental, que funcionaria na respectiva Micro-Região da Famurs. Um Conselho desse tipo certamente poderia contar com a presença freqüente de representantes do governo estadual, dos conselhos e organizações de classe, das Universidades e dos outros membros da sociedade civil organizada. As suas deliberações podem servir de orientação para as prefeituras da região. As questões limitadas ao território de um só município poderiam ser debatidas separadamente em subcomissões para não retardar no trabalho do Conselho, visto que os maiores desafios e problemas ambientais possuem uma extensão regional com o manejo dos recursos hídricos, a poluição do ar, o uso de agrotóxicos.

As recomendações de um Conselho Regional certamente poderão contar com uma atenção e estimação elevada perante os órgãos políticos e administrativos do Estado e das entidades federais. Já a atenção por parte da imprensa será incomparavelmente maior.

## **NORMAS DA LEGISLAÇÃO ESTADUAL E FEDERAL QUE TRATAM DO PAPEL DOS MUNICÍPIOS NA PROTEÇÃO AMBIENTAL**

A Lei Estadual gaúcha 9.921 (27/7/93) sobre a gestão dos *Resíduos Sólidos* diz:

Art. 6º - Os planos diretores, bem como os demais instrumentos de política de desenvolvimento e de expansão dos municípios, deverão prever os *espaços adequados* para instalação de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Art. 14, § único - Os municípios, cujo território abrigar fontes geradoras de

---

<sup>140</sup> Veja Toshio Mukai, *Direito Ambiental Sistematizado*, 1992, p. 56, 108s.

resíduos perigosos, deverão manter cadastro atualizado das mesmas em seu órgão municipal, à disposição da comunidade.

Art. 18 - No prazo de 180 dias, a contar da publicação do regulamento desta lei, os municípios com mais de 50.000 habitantes deverão apresentar ao órgão ambiental do Estado *projeto de sistema contemplando solução locacional e tecnológica adequada*, bem como *cronograma de implantação para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos*, sob pena de responsabilidade por dano ao meio ambiente.

§ 1º - Os demais municípios cumprirão o disposto neste artigo no prazo de *um ano*.

A Lei Gaúcha do Lixo tentou criar obrigações para os municípios, o que não é possível dentro do sistema da autonomia local no Brasil. A única conseqüência do não cumprimento desse diploma legal por parte das prefeituras será que elas não terão acesso aos benefícios oferecidos pelo Estado ou serão excluídos de programas especiais de apoio.

O texto do novo *Código Florestal* do Estado do Rio Grande do Sul (Lei 9.519 de 21/1/92) quase não contempla a posição e função dos municípios. Segundo seu art. 5, o órgão florestal competente (Departamento Estadual de Recursos Naturais - DERN) pode *firmar convênios* com pessoas jurídicas de direito público (e privado), visando à execução da política florestal do Estado.

O seu art. 25 reza que o Estado criará, manterá e estimulará, diretamente, ou através de *convênios com os municípios*, hortos florestais, estações experimentais e jardins botânicos, com assistência técnica voltada para a recuperação, prioritariamente, das florestas degradadas e para a implantação de reflorestamento.

A nova Lei gaúcha 10.330 de 27/12/94 que dispõe sobre o *Sistema Estadual de Proteção Ambiental* contempla os municípios na seguinte maneira:

Art. 3 - O Sistema Estadual de Proteção Ambiental - Sisepra - atuará com o objetivo imediato de organizar, coordenar e integrar as ações dos diferentes órgãos e entidades da administração pública, direta ou indireta, estaduais e *municipais*, observados os princípios e normas gerais desta lei e demais legislações pertinentes.

Art. 4 - O Sisepra será organizado e funcionará com base nos princípios da *descentralização regional*, do planejamento integrado, da coordenação intersetorial e da participação representativa da comunidade.

Art. 17 - Os municípios, pelas competências constitucionais, prestam serviços públicos de interesse local, preservam o meio ambiente em seu território e podem legislar de forma supletiva e complementar, na área ambiental.

§ 1 - Os municípios, ao estabelecerem diretrizes e normas para o seu desenvolvimento, deverão assegurar a preservação, conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente natural, urbano e rural;

§ 2 - Os municípios adotarão medidas no sentido de cumprir e fazer cumprir as atividades, programas, diretrizes e normas ambientais;

A Lei Federal 6.902/80 estabeleceu as diretrizes básicas para o *Zoneamento das Áreas Críticas de Poluição*, que foram delimitadas já no ano 1975 pelo Decreto 76.389. Os Municípios da região-alvo do nosso Projeto fazem parte de uma dessas

áreas críticas por estar situado na *Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí* a qual se refere o Art. 8, inciso XII da Lei 6.902.

Segundo o Art. 11 compete aos Municípios instituir *esquemas de zoneamento urbano e baixar normas locais* de combate à poluição e controle ambiental. Observe-se que a lei não prevê um simplesmente um zoneamento industrial, mas que haja um planejamento espacial do uso do solo *urbano* e dentro dele zonas destinadas à atividades indústrias compatibilizadas com a proteção ambiental.

Art. 9 da lei determina que “o licenciamento para implantação, operação e ampliação, de estabelecimentos industrial, nas áreas críticas de poluição, dependerá da observância do disposto nesta lei, bem como do atendimento das normas e padrões ambientais definidos pelo Ibama, pelos organismos estaduais e *municipais* competentes” (...).

E o Art. 10, parágrafo 3, acrescenta que além dos estudos normalmente exigíveis para o estabelecimento de zoneamento urbano, a aprovação dessas áreas será precedida de estudos especiais de alternativas e de avaliação de impacto, que permitam estabelecer a confiabilidade da solução a ser adotada.

Na área de estudo, podemos observar a debilidade ou até simples ausência de estruturas jurídico-administrativas que permitiriam concretizar e institucionalizar esse planejamento em nível estadual e, em cima de tudo, municipal; isto já o que diz repetido ao estabelecimento de zoneamento urbano “normal” (“estudos normalmente exigíveis”), e muito mais em relação às áreas críticas de poluição.

A Lei 6.803/80 pecou em não fixar um prazo legal para a conclusão do zoneamento urbano por parte dos municípios. A lei podia ter proibido expressamente a concessão de licenças ambientais por parte dos órgãos estaduais para instalações industriais até o estabelecimento do zoneamento urbano. Dessa maneira, os municípios incapazes de manter estruturas adequadas para a elaboração de seu zoneamento, se interessados pela industrialização teriam sido compelidos a procurar apoio técnico para a elaboração do seu planejamento urbanístico através de convênios.<sup>141</sup>

Ao órgão ambiental do Estado cabe aprovar a delimitação, classificação e implantação de zonas de uso estritamente industrial (Art. 10, I). Mas essas zonas industriais não podem ser instituídas contra a vontade dos governos locais, sob pena da violação do princípio da autonomia municipal. A “última palavra” sobre essas zonas sempre esta com os municípios; vale ressaltar, contudo, que as prefeituras e câmaras dificilmente iriam contrariar as decisões tomadas por parte do governo estadual, visto que a vontade de atrair empresas criadoras de empregos e renda tributária.

Seria importante também criar um mecanismo específico de coordenação dos poderes locais abrangidos pela área crítica de poluição. Os órgãos estaduais competentes (Secretaria de Saúde e Meio Ambiente, Fepam) e a Associação Micro-regional de Municípios (membro da Famurs) deverão atuar no sentido da criação dessa estrutura.

No caso de Charqueadas, é importante frisar que o município, há pouco tempo, está fazendo parte da Região Metropolitana de Porto Alegre; isto significa que

---

<sup>141</sup> Cf. Gilberto d'Ávila Rufino, *Legislação e Planejamento Ambiental no Estado de Santa Catarina*, in: *Anais do III. Simpósio Nacional de Direito do Meio Ambiente*, São Paulo, 1982, p. 82s.

qualquer plano de zoneamento tem de passar aos crivos do órgão administrativo da região, a Metroplan.

O Código de Minas (Decreto-Lei Federal 227 de 1967) instrumentou o órgão federal (DNPM) com os poderes necessários para a fiscalização e o controle ambiental das explorações de jazidas de *combustíveis fósseis sólido* (art. 5 classe IV Código de Minas), conceito sob qual se enquadra a extração de carvão.

O titular da licença de lavra é obrigado de - sob pena de caducidade da autorização de pesquisa ou da concessão da lavra (Art. 6, *c e e*) - garantir a segurança e a salubridade das habitações, evitar o desperdício das águas e drenar as que pudessem ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos, e proteger e conservar os mananciais e fontes (Art. 47, IX, X, XI e XII). Desde a sua promulgação, essas disposições quase ficaram inaplicadas.

Em 1990 o Conselho Nacional de Meio Ambiente editou a Resolução 009/90 que estabelece normas específicas para o Licenciamento Ambiental de Extração Mineral da classe IV (carvão), entre outras. Estabeleceu-se um fluxograma de cooperação entre o DNPM e o respectivo órgão ambiental de cada estado. Cada empreendedor ficou obrigado de apresentar um *Plano de Controle Ambiental* (PCA) para obter as licenças necessárias (Prévia-LP, de Instalação-LI e de Operação-LO).

Essas medidas já foram exigidas em 1982 pela Portaria Interministerial 917. Segundo item I desse diploma as empresas mineradoras de carvão devem apresentar ao DNPM projetos sobre o tratamento de efluentes líquidos originados da drenagem da mina e do beneficiamento do carvão, o transporte, manuseio, disposição final de (sub-) produtos ou resíduos sólidos e a recuperação da área minerada.<sup>142</sup> Os Planos de Controle Ambiental mencionados pela Res. 009/90 certamente não podem ficar aquém dessas exigências.

Um pressuposto pela concessão da LP é a apresentação de uma Certidão da Prefeitura Municipal. Também nas outras fases do licenciamento e o controle do cumprimento das suas exigências, os Municípios possuem o direito de acompanhar esse procedimento. Segundo o Art. 23, inciso XI da Constituição Federal compete aos Municípios “registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios”. O fato que os Municípios da região carbonífera não estão integrados nesse processo se deve por grande parte à sua falta de interesse e iniciativa.<sup>143</sup>

O Município não tem poder participativo no ato de concessão, que é exclusivo da União. Isso não obsta, que as concessões de recursos hídricos e minerais sejam acompanhadas e fiscalizadas pela prefeitura, promovendo junto ao poder concedente as medidas adequadas em caso de irregularidades. A exploração pode ser feita em desacordo com o estabelecido pelo órgão competente ao deferir a concessão ou contrariamente ao

<sup>142</sup> Rufino, ob. cit., pp. 78ss.; ele alega: “Não tendo o DNPM exercido a atividade fiscalizadora prevista no Art. 88 do Código de Minas, as pessoas diretamente lesadas podem eventualmente exercer o seu direito de ação não somente contra a empresa mineradora, mas também contra a própria União”.

<sup>143</sup> Entrevista com Alberto Mueller, diretor no Departamento Nacional de Produção Mineral em Porto Alegre.

que dispõe a lei. Assim, o Município passa a ter competência fiscalizadora, que ainda precisam ser definidas em lei regulamentar.<sup>144</sup>

## **OUTROS PROGRAMAS E INSTITUIÇÕES QUE CONTEMPLAM A ÁREA DE ESTUDO DO PROJETO SOB ASPECTOS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL**

O município de Charqueadas, desde 1994, faz parte da *Região Metropolitana* de Porto Alegre. Segundo o art. 5 da Lei Complementar 14/73 competem às Regiões os serviços comuns do saneamento básico, uso do solo, transporte e sistema viário, aproveitamento dos recursos hídricos e controle da poluição ambiental, entre outros.

A Metroplan, órgão administrativo da Região de Porto Alegre elaborou o Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre (PROTEGER) que inclui sub-programas pela elaboração dos Planos Diretores Municipais, o planejamento territorial de bacias hidrográficas e a gestão de áreas emergenciais como aqueles oneradas pela mineração, depósitos irregulares de lixo etc. Charqueadas deveria se valer desses programas, estabelecendo contato permanente com os técnicos da Metroplan.

O Programa *Pró-Guaíba*, cujos recursos provindos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) não foram liberados durante anos, finalmente vai começar de ser implementado. Esse programa integra o Plano de Ações para o Controle da Poluição Industrial na Bacia do Guaíba, visando a elaboração de um diagnóstico da poluição e o enquadramento das suas fontes na legislação vigente através de um plano de ação executado pela Fepam.

Está previsto também a instalação de uma Rede de Monitoramento Ambiental, visando o levantamento, acompanhamento e controle da qualidade e quantidade de água superficial e subterrânea bem como dos recursos atmosféricos e, finalmente, o monitoramento do Uso e Ocupação Territorial para chegar no conhecimento da situação real do ponto de vista biofísico e socioeconômico.

Além disso, pretende-se a criação de um Sistema de Informações Geográficas (SIGPROGB), com o objetivo de criar uma base de dados de apoio ao planejamento e gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica inteira pelos indicadores principais do sistema utilizados na sua avaliação.

Finalmente, o Programa tem por meta a elaboração do Plano Diretor de Controle e Administração Ambiental da Bacia Hidrográfica do Guaíba para identificar e priorizar os projetos que constituirão os Módulos sucessivos do Programa.

O Sistema de Manejo e Controle da Contaminação por Agrotóxicos, desenvolvido sob a coordenação da Emater, será focado nas sub-bacias do Alto e Baixo Jacuí, enquanto a região do nosso projeto é situada no *Médio* Jacuí.

---

<sup>144</sup> Cf. Diomar Ackel Filho, Município e Prática Municipal, Edit. RT, 1992, p. 61.

## **CONSTITUIÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: DISPOSITIVOS SOBRE A PROTEÇÃO AMBIENTAL QUE SE DIRIGEM AOS MUNICÍPIOS**

**Art. 13** - É competência do Município, além da prevista na Constituição Federal e ressalvada a do Estado:

I - exercer o poder de polícia administrativa nas matérias de interesse local, tais como a proteção da saúde, aí incluídas a vigilância e a fiscalização sanitárias, e proteção ao meio ambiente, ao sossego, à higiene e à funcionalidade, bem como dispor sobre as penalidades por infração às leis e regulamentos *locais*;

V - promover a proteção ambiental, preservando os mananciais e coibindo práticas que ponham em risco a função ecológica da fauna e da flora, provoquem a extinção da espécie ou submetam os animais a crueldade;

VI - disciplinar a localização, nas áreas urbanas e nas proximidades de culturas agrícolas e mananciais, de substâncias potencialmente perigosas

VII - promover a coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final dos resíduos domiciliares e de limpeza urbana;

**Art. 176** - Os Municípios definirão o planejamento e a ordenação de usos, atividades e funções de interesse local, visando a: (Incisos I, VIII, X)

**Art. 177** - Os *planos diretores*, obrigatórios para as cidades com população de mais de 20.000 habitantes e para todos os Municípios integrantes da região metropolitana e das aglomerações urbanas, além de contemplar os aspectos de interesse local e *respeitar a vocação ecológica*, serão compatibilizados com as diretrizes do planejamento do desenvolvimento regional.

§ 1 - Os demais Municípios deverão elaborar diretrizes gerais de ocupação do território que garantam, através de lei, as funções sociais da cidade e da propriedade.

§ 5 - Os Municípios assegurarão a participação das entidades comunitárias legalmente constituídas na definição do plano diretor, e das diretrizes gerais de ocupação do território, bem como a elaboração e implementação de planos, programas e projetos que lhes sejam concernentes.

**Art. 247 § 2** - É dever do Estado e dos Municípios a extensão progressiva do saneamento básico a toda a população urbana e rural, como condição básica da qualidade de vida, da proteção ambiental e do desenvolvimento social.

**Art. 248** - O Estado e os Municípios, de forma integrada ao Sistema Único de Saúde, formularão a política e o planejamento da execução das ações de saneamento básico, respeitadas as diretrizes estaduais quanto ao meio ambiente, recursos hídricos e desenvolvimento urbano.

## 22) Dispositivos a respeito da Proteção do Meio Ambiente nas Leis Orgânicas dos Municípios da Região do carvão

Arroio dos Ratos (AR), Butiá (Bu),  
Charqueadas (Ch) e São Jerônimo (SJ)

Quando aparecer a indicação de um artigo da Constituição do Rio Grande do Sul (*Art. CE*), trata-se de transcrições verbais do respectivo artigo da Carta Estadual por parte do(s) Município(s)

### COMPETÊNCIAS PRIVATIVAS E CONCORRENTES

**Art.** - Compete ao Município, no exercício da sua autonomia:

- Elaborar o *Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano*, estabelecendo normas de edificações, de loteamentos de zoneamento, bem como diretrizes urbanísticas convenientes à ordenação de seu território; (6, VII, AR; 7, XIX, Bu; 6, VI, Ch; 6, VII, SJ: “preservando-se condições naturais de iluminação e de ventilação”)

- estabelecer normas de prevenção e controle de ruído, da poluição do meio ambiente do espaço aéreo e das águas; (6, VIII, AR; 7, XXXIII, Bu; 6, VIII, SJ)

- licenciar estabelecimentos industriais, comerciais, de prestação de serviços e outros; cassar os alvarás de licença dos que se tornarem danosos à saúde, à higiene, ao bem estar público e aos bons costumes; (6, XV, AR; 7, XXIV, Bu; 6, XV, SJ; 6, XXIV, Ch)

**Art.** - Compete ao Município (...), privativamente:

- promover, estabelecendo normas, a proteção ambiental, a preservação de mananciais, coibindo práticas que ponham em risco a função ecológica da flora e da fauna e que provoquem a extinção de espécies ou submetam animais à crueldade; (6, VIII, Ch; 7, XI, Bu)

- prover a limpeza das vias e logradouros públicos, remoção e destino do lixo domiciliar e de outros resíduos (6, XIII, Bu), bem como do lixo hospitalar (6, XXVI, Ch)

- disciplinar a localização, nas áreas urbanas e nas proximidades de culturas agrícolas e mananciais, de substâncias potencialmente perigosas; (6, XII, Bu)

- exercer o poder de polícia administrativa nas matérias de interesse local, tais como proteção à saúde, aí incluídas a vigilância e a fiscalização sanitárias, e proteção ao meio ambiente, ao sossego, à higiene e à funcionalidade, bem como dispor sobre as penalidades por infração às leis e regulamentos locais; (6, IX, Bu)

**Art.** - Compete, ainda, ao Município, *concorrentemente* com a União ou o Estado, ou supletivamente a eles:

- zelar pela *saúde, higiene, segurança* e assistência públicas (8, I, AR; 9, I, Bu; 8, I, SJ)

- estimular o melhor aproveitamento da terra, bem como as defesas contra as formas de *exaustão do solo*; (8, III, AR; 9, III, Bu; 8, VII, Ch; 8, III, SJ)

- proteger os documentos, as obras e outros bens de valor histórico, artístico e cultural, os monumentos, as *paisagens naturais notáveis* e os sítios arqueológicos (8, VI, AR; 9, VI, Bu; 8, III, Ch; 8, VIII, SJ)

- tomar medidas de proteção ao meio ambiente e combater a poluição em qualquer das suas formas; (8, VI, Ch; 8, V, SJ)
- registrar, acompanhar e *fiscalizar* as concessões de direito de pesquisa e exploração de *recursos* hídricos e *minerais* em seu território (8, VI, SJ)

## **CONVÊNIOS ADMINISTRATIVOS (7 AR; 8 Bu; 7 Ch; 7 SJ)**

**Art.** - O Município pode celebrar convênios com a União, o Estado e Municípios, mediante autorização da Câmara Municipal, para a execução de suas leis, serviços e decisões, bem como para executar encargos análogos dessas esferas.

§ 1 - Os convênios podem visar à realização de obras ou à exploração de serviços públicos de interesse comum;

§ 2 - Pode, ainda, o Município, através de convênios ou consórcios com outros Municípios da mesma comunidade socioeconômica, criar entidades intermunicipais para a realização de obras, atividades ou serviços específicos de interesse comum, devendo os mesmos serem aprovados por leis dos Municípios que deles participem;

§ 3 - *É permitido delegar, entre Estado e o Município, também por convênio, os serviços de competência concorrente, assegurados os recursos necessários.*

## **PROCESSO LEGISLATIVO**

**Art.** (17, § 1, AR; 33, § 1, SJ) - Quando se tratar da votação do Plano Diretor (...) o *quorum mínimo* para deliberação será de *dois terços* dos membros da Câmara e as deliberações serão por maioria absoluta.

**Art.** (47 AR, 63 SJ) - O Plano Diretor, a Lei do Meio Ambiente (...), bem como suas alterações, somente serão aprovados pelo voto da *maioria absoluta* dos membros do Poder Legislativo.

**Art.** (51 SJ) - As leis complementares exigem, para sua aprovação, o voto favorável de *dois terços* dos membros da Câmara.

§ único: São leis complementares e concernentes às seguintes matérias:

I - Plano Diretor do Município; II - zoneamento urbano e direitos suplementares de uso e ocupação do solo; III - normas de prevenção e controle de poluição do Município;

**Arts.** (87, 88 Bu) - As leis complementares serão aprovadas por *maioria absoluta*.

São objeto de leis complementares as seguintes matérias: II - Código de Obras e Edificações; III - Código de Posturas; IV - Código de Zoneamento;

V - Código de Parcelamento do Solo; VI - Plano Diretor

## **Conselhos**

**Art.** (75 AR) - Os Conselhos Municipais são órgãos governamentais (116 Bu: são órgãos de participação direta da comunidade na Administração Municipal), que têm

por finalidade auxiliar a administração na orientação, planejamento, interpretação e julgamento de matéria de sua competência.

**Art.** (77 AR; 116, § 3, Bu) - Os Conselhos Municipais são compostos por (AR: um número ímpar de) membros, observando, quando for o caso, a representatividade da administração, das entidades públicas, classistas e da sociedade civil organizada.

**Art.** (125 Ch) - Ao Município fica assegurada, como forma de auxiliar o desenvolvimento econômico, a criação de conselhos municipais, com a participação de empresas, sindicatos, associações de bairros e outros

## **Economia**

**Art.** - Na organização da sua *economia*, em cumprimento do que estabelecem a Constituição Federal e a Constituição Estadual, o Município zelará pelos seguintes princípios:  
- proteção da natureza e ordenação territorial (87,VI, AR; 133, VI, Bu; 117, VI, Ch; 96, VI, SJ; 157, VIII, CE)

- condenação dos atos de (...) *exploração predatória da natureza*, considerando-se juridicamente indefensável qualquer ganho individual ou social auferido com base nele (87 VIII AR, 133 VII Bu, 117 VII Ch, 96 VI SJ; Art. 157 XI CE)

**Art.** (92 AR; 139 Bu; 101 SJ; Art. 166 CE) - Os planos de desenvolvimento econômico do Município terão o objetivo de promover a melhoria da qualidade de vida da população (...) e o desenvolvimento social e econômico *sustentável*.

**Art.** (149 Bu) - O Município, no que lhe couber, promoverá a pesquisa, o planejamento, o controle, o desenvolvimento da exploração racional dos *recursos naturais* renováveis e não renováveis no seu território.

## **Política Industrial**

Art. (165 Bu) - Lei Municipal normatizará a política industrial, dispondo, obrigatoriamente:

IV - impacto ao meio ambiente

§ 1 - As indústrias procederão ao tratamento e reciclagem de seus efluentes de forma coletiva, através de condomínio de tratamento de resíduos ou de forma individual; (248 § 2 CE)

## **Planejamento**

**Art.** (96 AR, 151 Bu, 105 SJ) - Na elaboração do *planejamento* e na ordenação de usos, atividades e funções de interesse social o Município visará a:

I - melhorar a qualidade de vida da população; (Art. 176, I, CE)

III - promover a ordenação territorial, integrando as diversas atividades e funções urbanas; (Art. 176, III, CE)

V - distribuir os benefícios e encargos do processo de desenvolvimento do Município, inibindo a especulação imobiliária, os vazios urbanos e a excessiva concentração urbana; (*Art. 176, VII, CE*)

VII - impedir as agressões ao meio ambiente, estimulando ações preventivas e corretivas; (*Art. 176, VIII, CE*)

VIII - preservar os sítios, as edificações e os monumentos de valor histórico, artístico e cultural; (*Art. 176, X, CE*)

**Art.** (99 AR; 153 Bu; 128, § 1, I, Ch; 108 SJ; 177, § 5, CE) - O Município assegurará a participação das entidades comunitárias e das representativas da sociedade civil organizada, legalmente constituídas, na definição do *plano diretor*, e das *diretrizes gerais de ocupação do território*, bem como a elaboração e implementação de planos, programas e projetos que lhes sejam concernentes.

**Art.** (154 Bu) - Na aprovação de qualquer projeto de loteamento, para a construção de conjuntos habitacionais, o Município exigirá, pelos incorporadores (...), áreas verdes, bem como a infra-estrutura referente à rede de iluminação, esgoto, água e sistema viário.

**Art.** (154 Bu) - O Plano Diretor, obedecerá, principalmente:

I - às normas de edificações, de loteamentos, de zoneamento, bem como diretrizes urbanísticas convenientes a ordenação de seu território;

II - ao estabelecimento de normas de prevenção e controle de ruídos, da poluição do meio ambiente, do espaço aéreo e das águas;

## Transportes

**Art.** (158, § único, III Bu; 178, § único., III, CE) - A política de transporte público municipal de passageiros deverá estar compatibilizada com os objetivos das políticas de desenvolvimento municipal e urbano, e visará a: - minimizar os níveis de interferências no meio ambiente;

## Educação

**Art.** (209, § 3, Bu) - Serão ministrados, integrados às diferentes disciplinas e componentes curriculares, nos diversos níveis de ensino, conteúdos relacionados com a preservação do meio ambiente, higiene e saúde, (...), ecologia, direitos e deveres individuais e coletivos (...).

## Agricultura

**Art.** (100 AR; 161 Bu; 124 Ch; 109 SJ; 184, § 1, I, VII, CE) - O Município, no desempenho de sua organização econômica planejará e executará políticas voltadas para a *agricultura* e o abastecimento, especialmente quanto:

- I - Ao desenvolvimento da propriedade em todas as suas potencialidades, a partir da vocação e da capacidade de uso do solo, *levada em conta a proteção do meio ambiente*,
- V - à implantação de cinturões verdes

## Ciência e Tecnologia

**Art.** - (242 Bu; 234, III, CE) O Município deverá incentivar e privilegiar a pesquisa tecnológica que busque o aperfeiçoamento do uso e do controle dos recursos naturais e regionais, com ênfase ao carvão mineral, a agricultura e pecuária.

**Art.** (244 Bu, 169, § único, Ch; 235, § único, CE) - A política e a pesquisa científica e tecnológica basear-se-ão no respeito à vida, à saúde, à dignidade humana e aos valores culturais do povo, na proteção, controle e recuperação do meio ambiente, e no aproveitamento dos recursos naturais.

## Saúde

**Art.** (175 Ch) - A saúde é direito de todos e dever do Município...

§ 2 - O direito à saúde implica seguintes direitos fundamentais:

- a) condições dignas de trabalho, moradia, saneamento básico, alimentação e lazer;
- b) controle da poluição do meio ambiente

**Art.** (177, VI, Ch; 243 VI CE) - Ao Sistema Único de Saúde (SUS), no âmbito de Município, incumbe: - estimular a formação da consciência pública voltada à preservação da saúde e do meio ambiente;

**Art.** (177, XIV, Bu) - São competências do Município, exercidas pela Secretaria da Saúde ou equivalente:

- o planejamento e execução das ações de controle do meio ambiente e de saneamento básico no âmbito do Município;

**Art.** (179, IV, Bu; 243, IV, CE) - Ao SUS, no âmbito do Município (...) incumbe, na forma da lei:

- controlar e fiscalizar qualquer atividade e serviço que comporte risco à saúde, à segurança ou bem-estar físico e psíquico do indivíduo e da coletividade, bem como ao meio ambiente

## Saneamento Básico

**Art.** (112 AR) - Cabe ao Município definir uma política de saúde e de *saneamento básico*, interligada com os programas da União e do Estado, com o objetivo de preservar a saúde individual e coletiva.

**Art.** (184 Bu; 182 Ch; 134 SJ; 247 CE) - O Saneamento básico é serviço público essencial e, como atividade preventiva das ações de saúde e meio ambiente tem abrangência regional.

§ 1 - O saneamento básico compreende a captação, o tratamento e a distribuição de água potável, a coleta, o tratamento e a disposição final de esgotos cloacais e do lixo, bem como a drenagem urbana.

§ 2 - É dever do Município e do Estado a extensão progressiva do saneamento básico a toda população urbana e rural, como condição básica da qualidade de vida, da proteção ambiental e do desenvolvimento social.

§ 3 - A Lei disporá sobre o controle, a fiscalização o processamento, a destinação do lixo, dos resíduos urbanos, industriais, hospitalares e laboratoriais de pesquisa, de análises clínicas, e assemelhados.

**Art.** (185 Bu; 183 Ch; 135 SJ; 248 CE) - O Município e o Estado de forma integrada, formularão a política e o planejamento da execução das ações de saneamento básico, respeitadas as diretrizes estaduais quanto ao meio ambiente, recursos hídricos e desenvolvimento urbano;

## **Política de Meio Ambiente**

**Art.** (113 AR, 136 SJ) - O Município através de lei, compatibilizará suas ações em defesa do meio ambiente àquelas do Estado.

**Art.** (184 Ch; *Art. 250 CE*) - O meio ambiente é bem de uso comum do povo e a manutenção do seu equilíbrio é essencial à sadia qualidade de vida

§ 1 - A tutela do meio ambiente é exercida por todos os órgãos do Município.

§ 2 - O causador de poluição ou dano ambiental será responsabilizado e deverá assumir ou ressarcir ao Município, se for o caso, todos os custos financeiros imediatos ou futuros, decorrentes do saneamento do dano.

§ 3 - Ficará a cargo do Município a fiscalização do meio ambiente, com poder de expedir auto de infração nos casos do parágrafo anterior.

**Art.** (185 Ch, 193 Bu; *Art. 251 caput CE*) - Todos tem direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, (Bu: bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida), impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo, preservá-lo e restaurá-lo para a presente e futuras gerações, (Ch: “cabendo a todos exigir do poder público a adoção de medidas nesse sentido”).

§ 1 (*Art. 251 § 1 CE*) - Para assegurar a efetividade desse direito, o Município desenvolverá ações permanentes de proteção, restauração e fiscalização do meio ambiente, incumbindo-lhe, primordialmente:

- prevenir, combater e controlar a poluição e a erosão em qualquer de suas formas (185 I Ch; *Art. 251 § 1 I CE*)

- preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais, obras e monumentos artísticos, históricos e naturais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas, definindo em lei os espaços territoriais a serem protegidos (185, II, Ch; 193, IX, Bu; *Art. 251 § 1 II CE*)

- promover a educação ambiental em sua rede de ensino e a conscientização pública para a proteção do meio ambiente (185, III, Ch; 193, IV, Bu; *251, § 1, IV, CE*)

- exigir estudo de impacto ambiental com alternativas de localização, para a

operação de obras ou atividades públicas ou privadas que possam causar degradação ou transformação do meio ambiente, dando a esse estudo a indispensável publicidade (185, IV, Ch; 251, § 1, V, CE)

- a instalação e operação de obra ou atividade pública ou privada que possa causar dano significativo à paisagem e ao meio ambiente, dependerá da realização de estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade prévia (193, VIII, Bu)

- incentivar e auxiliar tecnicamente movimentos comunitários e entidades de caráter cultural, científico e educacional com finalidades ecológicas (185, V, Ch; 193, X, Bu; 251, § 1, IX, CE)

- disciplinar o uso de recursos na região ribeirinha e conservar as praias e sua paisagem típica (185, VI, Ch; *semelhante*: 251, § 1, X, CE)

- proteger a fauna, a flora e a paisagem natural, vedadas as práticas que coloquem em risco a sua função ecológica e paisagística, provoquem a extinção de espécies ou submetam animais à crueldade (185, VII, Ch; 251, § 1, VII, CE)

- proteger os recursos naturais renováveis, buscando o seu uso racional através de práticas, métodos e processos capazes de garantir a sua perpetuação, a serem definidos em lei complementar (193, I, Bu)

- definir os espaços territoriais a serem protegidos pela criação de unidades municipais de conservação, promovendo o seu cadastramento e garantindo a sua integridade (193, II, Bu)

- fiscalizar e normatizar, no que lhe couber, a pesquisa, produção armazenamento, o uso de embalagens e o destino final de produtos e substâncias potencialmente perigosas à saúde e ao meio ambiente, disciplinando o emprego de métodos e técnicas de uso dessas substâncias (193, III, Bu; 251, § 1, III, CE)

- informar a população sobre os níveis de poluição e situações de risco e desequilíbrio ecológico, indicando as medidas preventivas e/ou corretivas possíveis de serem adotadas (193, V, Bu)

- incentivar a solução de problemas comuns, relativos ao meio ambiente, mediante a celebração de acordos, convênios e consórcios (193, VI, Bu)

- promover o controle, especialmente preventivo das cheias, da erosão urbana e rural e a orientação adequada para o uso do solo (193, VII, Bu)

- estabelecer normas com o fim de promover a reciclagem, a destinação e o tratamento dos resíduos industriais, hospitalares, dos agrotóxicos e dos rejeitos domésticos (193, XI, Bu)

- preservar e recuperar os recursos hídricos, as lagoas, os banhados e os leitos sazonais dos recursos de água, vedadas as práticas que venham a degradar as suas propriedades (193, XII, Bu)

§ 2 - As pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, que exercem atividades consideradas poluidoras, são responsáveis

(Ch) - direta ou indiretamente pelo acondicionamento, coleta e destinação final dos resíduos por elas produzidos

(Bu) - pela coleta, tratamento e disposição final dos resíduos e pela desativação de produtos que tenham o uso proibido

§ 3 (Ch, Bu) - O Município, respeitando o direito de propriedade, poderá exe-

cutar levantamentos, estudos, projetos e pesquisas necessários ao conhecimento do meio físico, assegurando ao proprietário indenização ulterior, se houver dano.

§ (4 Bu) - Reconhecida a culpa, o agente da poluição ou dano ambiental será responsabilizado, devendo ressarcir os prejuízos e/ou promover os reparos que se fizeram necessários.

**Art. (186 Ch)**- A lei criará e disporá sobre a organização do Sistema Municipal de Proteção Ambiental, que terá como atribuições a elaboração, a implementação, a execução e controle da política ambiental do Município.

**Art. (187 Ch)**- É vedada a produção, o transporte, a comercialização e o uso de medicamentos, biocidas, agrotóxicos ou produtos químicos ou biológicos cujo emprego tenha sido comprovado como nocivo em qualquer parte do território nacional, por razões toxicológicas, farmacológicas ou de degradação ambiental.

**Art. (188 Ch, 195 Bu; 257 CE)** - É vedado em todo território municipal (Ch: o transporte e) o depósito ou qualquer outra forma de disposição de resíduos que tenham sua origem na utilização de energia nuclear ou de resíduos tóxicos ou radioativos, quando provenientes de outros municípios.

**Art. (189 Ch)** - Cargas de alto risco somente poderão ser transportadas na zona urbana, após a vistoria e licença da Secretaria da Saúde e observadas as devidas medidas de segurança.

§ único - Defini-se como carga de alto risco aquela que, por sua natureza, possa causar direta ou indiretamente, danos ao meio ambiente.

**Art. (190 Ch, 196 Bu; 258 CE)** - Os órgãos de pesquisas e as instituições científicas oficiais ou de universidades somente poderão realizar, no âmbito do Município, a coleta de material, experimentação e escavação para fins científicos mediante licença do órgão fiscalizador e dispensando tratamento adequado ao solo.

**Art. (191 Ch, 197 Bu; 259 CE)** - As áreas verdes, praças, parques e jardins, unidades de conservação e reservas ecológicas municipais são patrimônio público inalienável, sendo proibida ainda sua concessão ou cedência, bem como qualquer atividade ou empreendimento público ou privado que danifique ou altere suas características naturais.

§ único (Ch)- A lei criará incentivos especiais para a preservação das áreas de interesse ecológico em propriedades privadas.

**Art. (192 Ch)** - O Município, visando a melhoria da qualidade do ambiente urbano manterá um programa de manutenção e expansão da arborização com as seguintes metas:

I - Promover ampla arborização dos logradouros públicos da área urbana, utilizando cinquenta por cento de espécies frutíferas;

II - Reposição e substituição dos espécimes doentes ou em processo de deterioração;

III - Formas de responsabilidade da população em relação à conservação da arborização das vias públicas.

**Art. (193 Ch)** - É vedado ao Município, sem autorização legislativa e anuência da comunidade local envolvida, o abate ou corte de árvores da zonas urbana.

§ único - o disposto no caput deste artigo não inclui a pode e o corte de arbustos e ervas daninhas, que deverão ser feitas normalmente.

**Art. 194 (Ch)** - O Município adotará o princípio poluidor-pagador, ou seja, os empreendimentos efetiva ou potencialmente causadores da poluição ambiental, além de realizar o tratamento de seus poluentes, arcarem integralmente com os custos de monitoramento, controle e recuperação das alterações do meio ambiente, decorrentes de suas atividades, sem prejuízo da aplicação de penalidades administrativas e de responsabilidade civil.

§ 1 - O disposto no caput deste artigo inclui a imposição de taxa pelo exercício do poder de polícia proporcional ao potencial poluidor.

§ 2 - O poder público estabelecerá política tributária que penalize de forma progressiva as atividades poluidoras em função da quantidade e toxicidade dos poluentes emitidos.

§ 3 - O estabelecido no parágrafo anterior deverá ser utilizado como forma de atentar o problema para os munícipes mais diretamente atingidos.

**Art. (198 Bu)** - Serão concedidos incentivos para a preservação de áreas de interesse ecológico em propriedades privadas, com autorização legislativa.

§ único - Os incentivos serão na forma de atividades e/ou obras nas propriedades, decididas de comum acordo entre as partes.

**Art. (194 Bu; semelhante 253 CE)** - O estabelecimento de pólos industriais e de projetos de hidrelétricas ou termoelétricas, bem como a execução de projetos que possam alterar de forma significativa ou irreversível uma região, um ou mais ecossistemas, no todo ou em parte, dependerão de autorização da Câmara Municipal de Vereadores, que decidirá ouvindo técnicos e a comunidade.

## **“A VIRTUDE DA MODERAÇÃO”: UMA ORIENTAÇÃO DE POLÍTICA NACIONAL PARA O CARVÃO NO SUL DO BRASIL**

José Ginoris Martín  
César Antônio Leal

### **INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento econômico auto-sustentado dos estados do sul do Brasil depende da disponibilidade de energia e custos razoáveis para suprir uma demanda crescente. Infelizmente, não há alternativas óbvias para atender a demanda reprimida. A região não é rica em combustíveis fósseis (relativamente) limpos e tampouco é provável que a energia nuclear possa ser usada num futuro próximo, devido à falta de disponibilidade de capital e de aceitação popular. O potencial hidroelétrico não está esgotado, mas o aumento da consciência da população sobre os reais custos sociais e danos ao meio ambiente de áreas da terra alagadas por barragens reduz as chances de novas hidroelétricas, antes de haver uma folga na demanda. Tanto a geração eólica como a geotérmica não deverão pesar no quadro energético. O uso mais eficiente de energia deve ser uma parte importante de qualquer solução racional de longo prazo e, mesmo que alguns poucos abastados privilegiados adotem uma ética conservacionista, as necessidades reprimidas dos despossuídos continuará a pressionar para cima a demanda. Isto nos deixa duas opções que muito tem em comum, além de serem ambas fontes locais: utilização de energia solar e carvão.

A utilização de energia solar é, em princípio, uma alternativa limpa e duradoura. Em qualquer portfólio racional de alocação de energia, geradores solares de eletricidade e coletores solares deveriam ter uma contribuição substancialmente maior do que tem agora na região. Reservas domésticas de carvão não são alternativas nem perenes nem limpas, mas que podem ser atraídas: o carvão é uma fonte de energia relativamente concentrada e as necessidades de capital na opção do carvão (deixando de lado os custos da limpeza e os problemas de saúde dos mineiros) são modestos.

Dada a natureza das alternativas, decisões importantes podem ser feitas com

base no equivalente a paradigmas maquinistas, baseados na doutrina dos dois princípios em contradição do bem e do mal. Tais decisões podem custar caro. Em *Ética Nicômano*, Aristóteles descreve “virtude” com “um estado relacionado com escolha (*prohairesis*), baseado em uma média (*em mesoteti*) relativa a nós, determinada por um princípio racional (*logos*) e no modo pelo qual um homem com sabedoria prática (*phronimos*) o determinaria” (Ref. [5], 1106b326-1107a2).

Há vários anos a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) estuda tanto o valor potencial como os custos ambientais e financeiros do uso do carvão regional (ver [1] e [2]). Com base na pesquisa derivada deste interesse, pode-se traçar esquematicamente uma política energética racional para a região. Mais especificamente, podem-se alinhar idéias para uma política regional para utilização do carvão. Nós defendemos que a política regional deveria ser *aquela cujo objetivo é adicionar valor ao carvão minerado de modo a tirar vantagem deste recurso mineral e, ao mesmo tempo, aliviar o impacto social e ao meio ambiente da sua utilização.*

Necessariamente estas conclusões serão de natureza geral: o próprio Aristóteles nos chama a atenção que “na área das ações, assim como na medicina ou na navegação, qualquer relato genérico deve carecer de detalhe e precisão” (Ref. [5], 1103b34-1104a10). Entretanto, esta cautela não implica em que especificidades não possam ser reveladas para ilustrar o relato geral. Aqui nós sugerimos que o valor do carvão pode ser melhorado pelo seu uso como: 1) *matéria prima para a indústria de materiais avançados baseada no uso de carbono;* 2) *matéria prima para a manufatura, com uso de energia solar, de combustíveis e outras substâncias químicas e/ou* 3) *combustível em usinas de energia elétrica com ciclo avançado e co-geração.*

Os objetivos deste trabalho foram: 1. Apresentar um breve sumário para ilustrar alguns dos custos sociais e ambientais que representam um desafio ao uso do carvão brasileiro; 2. Colocar este desafio num contexto de um quadro em mudança, onde o carvão vai certamente desempenhar um papel com conseqüências para o meio ambiente ainda previsíveis; 3. Descrever o trabalho até aqui realizado pelos autores e por outros, nas três sugestões aqui apresentadas sobre como melhorar o valor do carvão de modo a aliviar os seus impactos sociais e ao meio ambiente.

## **IMPACTOS DO CARVÃO SOBRE O HOMEM E SOBRE O MEIO AMBIENTE**

O Rio Grande do Sul, o Estado mais ao sul do Brasil, junto ao Uruguai e Argentina, concentra 90% das reservas de carvão do País, [6]. A impressionante descrição das pesadas condições de trabalho dos mineiros em minas subterrâneas de Charqueadas, em [2] não se aplicam ao trabalho dos mineiros que operam equipamentos modernos de remoção de terra em minas a céu aberto, bem administradas, como as atualmente operadas pela COPATEL, na área de Butiá. Lá, há uma preocupação com a segurança dos trabalhadores bem como com a restauração ambiental após a mineração.

O uso direto ou indireto do carvão como combustível ou matéria prima em processos industriais implica, necessariamente, em um impacto sobre o meio ambiente. Na própria mineração, o simples ato de remover o carvão da mina no caso de mineração

a céu aberto (há várias no sul do Brasil) modifica a topografia local com alteração profunda da camada superficial do solo, eliminação de vegetação, liberação de gases e introdução de substâncias potencialmente perigosas na atmosfera e nos ambientes aquáticos. O alto teor de cinzas, em geral, requer a redução de tamanho (moagem) e conseqüente geração de finos e poeira, assim como a geração de efluentes líquidos contaminados. A queima gera grande quantidade de cinza propriamente dita que precisa ou ser utilizada (fabricação de cimento por exemplo) ou adequadamente descartada.

Os principais responsáveis pelos problemas ambientais ligados aos uso de carvão são os dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{NO}_x$ ) quando o processo envolve combustão com ar, hidrocarbonetos poliaromáticos (muitos deles potencialmente carcinogênicos para o homem e animais), dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), elementos pesados (mercúrio, chumbo e cádmio) e o calor rejeitado. A introdução de algumas dessas substâncias ou de calor no meio ambiente (solo, águas e atmosfera) provoca alterações, na maior parte das vezes danosas, que variam desde modificações na flora e na fauna nas imediações do local de liberação até efeitos globais como mudanças climatológicas decorrentes do aumento de  $\text{CO}_2$  na atmosfera [7]. Apesar de os teores de enxofre dos carvões gaúchos serem, em geral, relativamente baixos, ao redor de 1,5% em base seca, o uso de grandes quantidades de carvão como combustível, sem tratamento dos efluentes gasosos para remoção do  $\text{SO}_2$ , levaria à liberação de quantidades desastrosas de material no meio ambiente. O  $\text{SO}_2$  pode ser levado a grandes distâncias do ponto de liberação, danos a plantas distantes 1000 km do ponto de liberação foram observados [8]. O impacto na atmosfera da queima de carvão é um outro grande desafio que impede a sua utilização. O mesmo deriva da química básica que implica na liberação de calor e em mais dióxido de carbono do que se verifica na combustão de combustíveis líquidos.

Apesar dos seus custos sociais e ambientais, é provável que o carvão represente uma parcela crescente do suplemento da demanda global de energia. Depois da crise de energia, as concessionárias norte-americanas passaram a usar mais carvão para atender à demanda por energia elétrica, mas a previsão para o aumento do uso de carvão não se baseia tanto na experiência e expectativas dos países ocidentais industrializados, mas sim em extrapolações realísticas da situação do resto do mundo - notadamente a Ásia. Previsões recentes indicam que mais da metade do total da nova capacidade de geração de energia elétrica a ser instalada no mundo, na próxima década, será na Ásia. Os países asiáticos mais ricos - Japão e Coréia do Sul - têm capital e infra-estrutura para instalar usinas nucleares para sustentar o desenvolvimento econômico, mas os dois gigantes asiáticos - China e Índia - vão depender do seu carvão em futuro próximo para manter a expansão econômica necessária para melhorar o padrão de vida de seu povo. Ditames da química estabelecem que alguns significativos em emissões, tais como dióxido de carbono, vão ser inevitáveis; se considerarmos o provável aumento da combustão de carbono em outros países também, é claro que o planeta está caminhando para uma situação que pode ser classificada como um teste global do meio ambiente sem precedentes em termos de magnitude. Além disto, a maior parte do carvão da China e Índia não é de alta qualidade ou limpo: alívio do impacto ambiental devido às cinzas e emissões gasosas é possível, mas pode ser muito caro para países com necessidades sociais urgentes. A qualidade do ar em cidades como Calcutá e Pequim atualmente já está abaixo dos padrões aceitáveis pela Organização Mundial da Saúde, quase todos os dias do ano.

Neste cenário, medidas tomadas no Rio Grande do Sul para racionalizar o uso das reservas domésticas de carvão parecem irrelevantes. O Brasil é um caso único entre os grandes países em processo de industrialização, pois produz a maior parte da sua eletricidade com hidroelétricas que são fonte cara, mas relativamente limpa. Por que, então, uma política racional e preocupada com o meio ambiente deveria ser uma prioridade na região sul do Brasil? Acontece que o País não pode simplesmente descartar o teste com o meio ambiente, não planejado e de proporções globais, em andamento atualmente. Os que não fazem parte da solução são parte do problema. Uma vez que a atmosfera é comum a todos queimar carvão é na realidade compartilhar um privilégio - e o mesmo constitui uma riqueza que corretamente faz parte de um portfólio racional de consumo de energia. Para evitar o equivalente a uma “tragédia comum a todos”, nós temos que economizar esta riqueza.

Para um dado esquema de geração, variáveis, tais como requisitos para mineração, gases poluentes e cinzas, variam quase que proporcionalmente à energia térmica  $E_t$  que deve ser liberada para gerar uma dada quantia de energia útil  $E_u$  com uma eficiência  $n$ . Da relação  $E_t/E_u = 1/n$ , segue-se que, para uma produção fixa, qualquer melhoria na eficiência implicará na redução de  $E_t$  ( $dn/n^2$ ) na energia térmica requerida para gerar a energia útil. Isto, por sua vez, implica em um decréscimo proporcional nos requisitos para mineração, gases poluentes e cinzas.

A redução dos impactos sociais e sobre o ambiente decorrentes da utilização do carvão aumenta o seu custo. Ainda que este custo deva ser comparado com as alternativas, o enfoque racional não deve ser o de questionar se uma certa medida de segurança para proteger a vida de um mineiro vale a pena ser tomada, ou se um ar respirável pode ser sacrificado. O enfoque racional é exigir ar puro e proteção para os mineiros - e somente então explorar modelos de desenvolvimento de energia que fazem sentido desde o ponto de vista econômico e que satisfazem estes critérios.

Nós defendemos que aumentando a eficiência energética e intensificando a geração de energia através da incorporação de energia solar haverá uma diminuição da importância do custo do combustível e, portanto, uma redução no impacto dos custos associados com preocupações ambientais. Em outras palavras, tratando o carvão como um bem valioso, ou seja, usando-o eficientemente, será possível tomar as medidas de segurança e ambientais necessárias para que se possa usá-lo proveitosamente. A partir daí, poderemos ajudar outros a fazer o mesmo.

## **MELHORANDO O VALOR DO CARVÃO**

### **O carvão como matéria prima para uma sociedade industrial energeticamente mais eficiente**

A eficiência de conversão de energia térmica em trabalho (ou eletricidade) depende das temperaturas da fonte quente ( $T_q$ ) e fria ( $T_f$ ) (em geral a temperatura ambiente), sendo maior quanto mais alta for  $T_q$ . Em geral, limitações nas propriedades dos

materiais o quão alto o  $Tq$  pode chegar. Atualmente, as limitações dos materiais determinam limites para eficiência de conversão de energia, independentemente de se tratar de uma usina de produção de energia elétrica ou motor de um automóvel. É claro que a solução óbvia é procurar por materiais cujas propriedades mecânicas sejam superiores as dos metais - materiais tais como grafite e carvão de silício ou cerâmicas reforçadas com fibras daqueles materiais.

Existem muitas propriedades que tornam especiais os materiais com base de carbono. O grafite, por exemplo, tem um alto modo de elasticidade, pode servir como isolante ou condutor direcional, tem baixa densidade e alta resistência, comparativamente aos metais, e por último, tem alta estabilidade térmica e baixa relatividade. Stiller *et al.* [9] descreve um processo de extração com solvente, desenvolvido na Universidade de West Virgínia, o qual permite converter o carvão em uma completa linha de insumos para produtos baseados em carvão: coques, piches aglomerantes e piche para impregnação. Os autores relataram que grafite para uso nuclear foi preparado a partir de coque obtido por extração com propriedades superiores aos do grafite nuclear padrão. Piche mesofásico para produção de fibras de alta condutividade e alta resistência foi produzido a partir de carvão usando o processo. Fibras de grafite representam um potencial para novos materiais e uma revolução industrial.

É possível utilizar o carvão das minas da região sul do Brasil como matéria prima para a manufatura de grafite, compostos reforçados com fibras e materiais para alta temperatura em geral. Esta atividade manufatureira é do tipo que intrinsecamente envolve alto valor adicionado e também tem o potencial de servir de base para atividades mais especializadas ou em aplicações na indústria aeroespacial, produtos de consumo - e conversão eficiente de energia. Por fim, mas não menos importante, a ênfase em uma indústria baseada em carvão pode despertar interesses em processos industriais biomiméticos - isto é, processos que imitam o modo pelo qual a natureza processa as substâncias com carbono para criar estruturas e materiais altamente diferenciados e valiosos.

Atividades que adicionam valor como as que geram novos materiais com base no carbono, definem cenários onde a sociedade pode arcar com custos adicionais relativamente pequenos associados à indústria da mineração com recuperação do solo e preservação do meio ambiente. O desenvolvimento de tais atividades deveria ser parte integral de qualquer política de longo prazo para o carvão.

### **Carvão como matéria prima para fabricação com contribuição de energia solar de combustíveis e outros produtos químicos**

Da literatura, sabe-se que é possível o uso de pelotas refratárias ou areia como fluido de trabalho em receptores solares de alta temperatura[3]. A energia radiante pode ser diretamente absorvida por este fluido que serve então como meio de armazenagem e transferência. O aquecimento alternativo em fornalhas a combustível fóssil significa a ibridização; de fato, a experiência comercial em aquecedores de pelotas ou areia a combustível fóssil parece indicar a viabilidade da idéia.

## CORTINAS DE PARTÍCULAS SÓLIDAS

Pesquisas e testes com sólidos granulares como fluido de trabalho para aplicações solares estão descritas por Royere [10], o qual também considerou a possibilidade de usar a aglomeração de sólidos granulares para fabricação de materiais especiais. Os primeiros estudos de absorção direta de radiação por areia em queda livre fora realizados nos Laboratórios Nacionais de Sandia (EUA). Para alguns processos a matéria prima pode ser aquecida na forma sólida e este aquecimento pode ser parcial ou totalmente realizado por aquecimento solar direto em calcinação de calcário na fabricação de cimento [11]. Sólidos não reativos também podem ser usados como fluido de trabalho.

Martin [4] discute de maneira abrangente muitas considerações importantes para projeto e produção associados aos equipamentos baseados em transferência de calor por contato direto com partículas, bem como possíveis aplicações. A produção de produtos químicos e combustíveis pode ser viabilizada com o uso destas cortinas de partículas sólidas. A concepção foi apresentada pela primeira vez no relatório “ASCUAS: A Solar Receiver Using a Solid Carrier”; “ascuas” nos idiomas ibéricos quer dizer brasas quentes do fogo.

Na concepção do ASCUAS para traqueamento de etano com vistas a produção de etileno, areia fria é transportada para o topo da torre, e a mesma então desce em queda livre passando por uma abertura no lado da cavidade do receptor onde a mesma é aquecida até cerca de 1000 °C por absorção da radiação solar incidente diretamente. A areia continua e cai em um reservatório, passa por uma cortina de vapor e entra no reator. Após a reação, a areia aquecida pode ser usada para produção de vapor. A mesma passa, então, para uma correia transportadora de areia fria e processo todo é repetido.

Com sólidos, não há necessidade de tubos receptores e a parte inferior que recebe o material pode ser um simples silo refratário. Armazenagem e aquecimento suplementar via combustível fóssil pode ser feito no silo refratário. O condutor sólido ideal deve ser inerte, permanecer sólido em altas temperaturas, ter baixo coeficiente de expansão térmica, alta capacidade calorífica e alto coeficiente de absorção para energia solar. O mesmo deve ser muito resistente a choques térmicos e a abrasão além de baixo custo. Alumina, carbetos de silício, sílica e nitreto de silício são materiais passíveis de uso. Alumina e sílica cristalina já foram usadas como carregador sólido.

Uma série de testes realizados (ver[12]) há algum tempo atrás nas instalações para calor radiante (“Radiant Heat Facilities”) do Laboratório Nacional de Sandia, demonstrou exequibilidade do aquecimento de partículas em queda livre para receptores solares centrais, como meio para recepção e armazenamento de calor em altas temperaturas. O conceito de cortina de partículas sólidas pode ser integrado em um gaseificador solar onde o carvão aquecido e vapor reagem para produzir CO, H<sub>2</sub> e outros produtos. O mesmo também pode ser utilizado no beneficiamento de xisto. Outras aplicações para a cortina de partículas sólidas estão na pirólise do etano para fabricação de etileno e na pirólise de biomassa.

## **GASEIFICAÇÃO DE CARVÃO**

Através da pirólise e gaseificação de carvão é possível obter um gás de poder calorífico médio constituído primeiramente de gás carbônico e hidrogênio. Carling [13] coloca a gaseificação de carvão em terceiro lugar entre as aplicações solares de alta temperatura apesar do seu enorme potencial em termos de mercado, parte devido a razões econômicas e parte devido a considerações relativas ao amadurecimento do processo e sua facilidade de integração com solar.

Em gaseificadores não solares, o calor para as reações é suprido em parte pela combustão do carvão com oxigênio ou ar. Oxigênio aumenta os custos, mas se for usado, o nitrogênio aparecerá no produto diminuindo o seu valor comercial. Em um gaseificador solar hipotético, energia solar seria usada para suprir a energia para as reações mencionadas. Num dos processos propostos a radiação solar seria focalizada diretamente na superfície do combustível através de uma janela do reator, o carvão reagiria diretamente na zona focal da radiação. Conforme mencionado anteriormente, a maturidade de tal conceito, onde um material heterogêneo de morfologia e composição química variável reage atrás de uma janela, não teve uma avaliação muito boa. Além disto, em se tratando de receptores solares centrais, o desafio colocado pelo uso de janelas transparentes, os requisitos impostos pelo projeto dos tubos de síntese de gás, os baixos fatores de capacidade e a necessidade de elevar grandes quantidades de carvão podem prejudicar a viabilidade econômica do sistema.

Para gaseificadores não solares, o problema da contaminação do gás com nitrogênio pode ser avaliada. No processo TOSCOAL, o calor é transferido para o carvão por meio de carregadores sólidos na forma de pelotas cerâmica (alumina) previamente aquecidas. O carvão é secado e pré-aquecido por técnica de leito fluidizado para então ser transportado para um tambor onde entra em contato com as pelotas de alumina. O resíduo e as pelotas deixam o tambor a cerca de 480°C e passam por uma peneira, onde são separadas e retornam para o aquecedor de pelotas. O resíduo é posteriormente processado. Claramente, a queima de parte do combustível gerado para aquecer as pelotas, baixa o rendimento do processo e aumenta a quantidade de poluentes gerados para uma dada quantidade de produto final.

Aparentemente um enfoque do tipo do ASCUAS, no qual pelotas cerâmicas (ou outro material inerte) são aquecidas por radiação solar no receptor, deveria manter as vantagens do processo TOSCOAL com aumento de quantidade produzida e alívio do problema da poluição.

## **RETORTA DE XISTO**

Xisto betuminoso é uma rocha carbonácea que contém quetogenio, um material orgânico de alto peso molecular. Este material quando aquecido no intervalo 427-538 °C, decompõe-se produzindo óleo, gás e matéria carbonizada. Há grandes reservas de xisto betuminoso no sul do Brasil. Revisões abrangentes sobre os aspectos científicos e tecnológicos do

xisto betuminoso podem ser encontrados em [14], [15], [16] e [17]. A retorta do xisto pode ser feita usando combustão direta ou indireta para fornecimento do calor necessário. A combustão indireta pode ajudar no controle do problema de contaminação do produto com nitrogênio. O nitrogênio é um veneno para catálise nas refinarias atuais, portanto as mesmas não poderiam trabalhar com um produto contendo alto teor de nitrogênio.

Dois processos - TOSCO-II, usando pelotas cerâmicas como carregadores térmicos e Lurgi-Ruhrigas que usa areia fina aquecida, coque e xisto processado de combustão indireta - receberam amplo financiamento e estão bastante desenvolvidos. É claro que parte do combustível que poderia ser produzido é gasto para aquecer os carregadores de calor no processo Lurgi-Ruhrigas e todo o gás no processo TOSCO-II. Cabe, portanto, sugerir que um processo baseado em receptor solar central, tal como o ASCUAS, poderia efetivamente aumentar a produção de combustível.

O aumento da produção por tonelada de matéria prima é uma consideração importante. A mineração é cara e ecologicamente passível de objeção. Até cerca de 25% do conteúdo energético do xisto pode ser fornecido por energia solar. Isto traduz-se em enormes reduções em termos de mineração. Por último, mas não menos importante, é o fato de que a aplicação da concepção ASCUAS pode afetar fortemente o problema de efluentes gasosos e este não é um problema insignificante. Caso a gaseificação massiva de carvão e retorta de xisto venham a promover as enormes quantidades de combustível líquido e gases que serão necessárias, é pelo menos reconfortante saber que o sol, e não a combustão, estará suprindo o calor externo.

Na concepção com partículas sólidas com aquecimento solar, a energia adicional necessária para produzir um combustível superior (gás ou líquido) a partir de um combustível de qualidade relativamente baixa (tal como xisto ou carvão) vem do sol. Portanto, em termos de quantidade de combustível de alta qualidade produzido a partir de minério, eficiências altas são possíveis. Além disto, pouco material necessita ser queimado - (ou seja, pouco CO<sub>2</sub> ou outros materiais inúteis precisam ser gerados) para a fabricação de combustível ou produto químico de alta qualidade.

O que se está propondo aqui, é a possibilidade da transformação do carvão minerado no sul do Brasil em combustível fluído ou gases de alta qualidade para uso em transportes domésticos e industriais, através de um processo tal como o ASCUAS.

## **CARVÃO COMO COMBUSTÍVEL EM USINAS DE CICLO AVANÇADO COMBINADO, COM CO-GERAÇÃO E PARTICIPAÇÃO SOLAR**

Turbinas a gás são largamente utilizadas em co-geração, companhias de energia elétrica, distribuição de gás, aviões e outras aplicações mecânicas. A turbina a gás ou o ciclo de Brayton pode ser usada em combinação com outros ciclos, inclusive ciclo de Rankie com caldeira. Entre estas combinações estão ciclos utilizados em larga escala em usinas de gaseificação/liquefação de carvão, as quais tem recebido menos atenção recentemente devido a queda nos preços do petróleo. Em todas estas combinações a

capacidade das turbinas modernas em operar de maneira confiável com temperaturas de entrada de até 1080 °C (2000 °F), com técnicas bem desenvolvidas de resfriamento de gás, é utilizada para se conseguir eficiências combinadas de ciclo muito maiores do que as dos melhores ciclos com turbina a vapor.

Em uma publicação recente, [18], foi proposto o uso de coletor solar central para suplementar o aporte de calor para o evaporador no ciclo combinado. Este é o conceito chamado SOL-GAS, em desenvolvimento com apoio da Comunidade Européia, para uma usina com co-geração a ser construída em Huelva, na Espanha. O sistema SOL-GAS diminui as exigências de projeto do receptor solar e permite uma grande flexibilidade operacional ao mesmo tempo que possibilita que se obtenha uma economia significativa de combustível.

Em geral, somente gás natural e óleo combustível são usualmente considerados para uso no ciclo combinado. Entretanto, é possível integrar gaseificação de carvão com limpeza do produto na planta de modo a permitir o uso de carvão também. As turbinas a gás usadas em ciclo fechado são essencialmente turbinas a gás que permitem de várias combinações de combustível derivado do carvão e já vem sendo usadas a muito na Europa. O uso em ciclo fechado requer que os gases de exaustão da turbina sejam resfriados antes de retornarem ao compressor de entrada da turbina. Se o calor removido no resfriamento destes gases for usado para geração de vapor, tem-se um casamento perfeito entre os conceitos de ciclo fechado e co-geração.

Um número especial de "Deutschland" publicado pelo governo alemão por ocasião da 1ª Conferência dos Países Signatários do Acordo Mundial sobre o Clima, no início de 1995, contém uma lista de exemplos de inovações tecnológicas de eletricidade em um ciclo combinado, onde a gaseificação de carvão é parte integral do ciclo. Duas firmas alemãs participam da construção de uma instalação modelo de uma usina elétrica de carvão deste tipo. A usina de 320MW em Puertollano, na região de Castilla La Mancha, é a maior usina do mundo do tipo combinado, com entrada em operação prevista para 1996. A eficiência da conversão da planta pode chegar a 60%.

Uma usina de turbina a gás e a vapor com gaseificação integrada do carvão tem por natureza um baixo grau de eficiência decorrente das perdas de transformação na produção do gás. Ainda assim, ela também alcança um nível entre 45 e 50 por cento. Isto é muito mais do que é possível conseguir em usinas tradicionais a carvão. Através da gaseificação pode-se transformar tipo de carvão num gás combinado inócuo ao meio ambiente. Nas usinas convencionais dá-se preferência aos carvões de alto ponto de fusão por razões ecológicas, mas nas usinas com turbinas a gás e a vapor com gaseificação integrada do carvão, pode-se empregar todo tipo de carvão. Assim amplia-se claramente o espectro dos carvões apropriados para a produção de eletricidade.

Em analogia com a concepção SOL-GÁS para utilização de gás, pode-se argumentar que vantagens consideráveis podem resultar da incorporação de um receptor central do tipo ASCUAS nos projetos básicos TOSCO Dyna ou PRENFLO. É claro que estas vantagens teriam de ser comparadas com os custos extras mas, conforme anteriormente discutido, haveria uma série de ganhos tais como melhoria da eficiência do ciclo, menos emissão de poluentes, menos controle de efluentes, redução das necessidades de mineração e flexibilidade na otimização do ciclo.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram propostas três alternativas específicas, economicamente viáveis, visando a utilização de carvão doméstico com teor de cinzas relativamente alto, para um programa de desenvolvimento energético com ênfase na redução do impacto sobre o meio ambiente associado aos processos de geração de energia.

Duas destas alternativas envolvem o uso do carvão como matéria prima para fabricação de materiais, combustíveis e produtos químicos de forma consistente com um desenvolvimento industrial energeticamente consciente. No caso de fabricação de materiais, a ênfase é colocada no grafite e outros materiais cerâmicos e compostos baseados no carbono, os quais oferecem um grande potencial de uso em muitas áreas.

No caso da indústria química, baseada no carvão(e/ou xisto), a ênfase é posta nas tecnologias onde sólidos granulares são usados como carregadores de calor em aplicações envolvendo altas temperaturas. Em especial, destaque foi dado para o conceito ASCUAS ou cortina sólida de partículas para utilização de energia solar. Nestas, o sólido granular é usado para coletar energia solar concentrada a altas temperaturas para uso em reações endotérmicas de modo a melhorar o conteúdo energético de combustíveis e outros produtos químicos. Desta forma também consegue-se reduzir tanto as necessidades de mineração como a emissão de poluentes.

Finalmente, sustenta-se que o aumento de custos de combustíveis associados a estas atividades para aliviar os impactos sobre o meio ambiente da mineração e queima pode tornar-se economicamente aceitável através de tecnologias eficientes de geração de energia, tais como os ciclos combinados de Rankine e Brayton (ou gás-vapor) em co-geração. Além disso um ciclo combinado gás-potência com suprimento de energia solar foi revisto para deixar a sugestão de que um ciclo de co-geração com gaseificação de carvão integrada e suprimento de energia solar é tecnologicamente viável. Tal ciclo permitiria queimar carvão com eficiência extremamente alta. O sistema utilizaria energia solar em substituição a uma parte da queima de carvão, aliviando os impactos da mineração e emissão de poluentes, sobre o meio ambiente. Dado o volume das reservas conhecidas de carvão e xisto e a natureza do suprimento de energia solar, tais ciclos poderiam ser a base de uma economia que, praticamente, pode ser considerada como sustentável.

Por fim sugere-se que as alternativas aqui propostas para o sul do Brasil possam também ser de interesse para outras regiões e países como reservas não negligíveis de carvão e alta incidência de energia solar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, J. (Ed.) *The complete works of Aristotle*. Princeton University Press, 1984. The revised Oxford translation, v.2.
- BLANCO, M; MARTIN, J; HERNÁNDEZ, V. The SOL-GAS concept: a paradigm shift for the chemical industry. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOLAR THERMAL CONCENTRATING TECHNOLOGIES, 7. Moscou, 1994.

- CARLING, R. W.; FISH, J. D.; RODOSEVICH, L. G.; VITKO JR., J. *Solar central receiver fuels and chemicals*, Project Status Report, out. 1980 - jun. 1981. SAND81-8232. Livermore, Califórnia: Sandia Nacional Laboratories, ago. 1981.
- DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. *Informativo Anual da Indústria Carbonífera*, Ministério de Minas e Energia, 1994.
- ECKERT, C. Os homens das minas. *Ciência Hoje*, v.7, p.41, abr. 1988.
- FALCONE, P. K.; NORING, J. E.; HACKETT, C. E. Evaluation and application of solid thermal energy carriers in a high temperature solar central receiver system. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLAR THERMAL HEAT PRODUCTION AND SOLAR FUELS AND CHEMICALS. W. Hoyer (Editor). Stuttgart, Alemanha: German Aerospace Research Establishment, 13-14 out. 1983.
- KESSLERLING, P. Solar calcining of limestone in cement production. INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLAR HEAT THERMAL PRODUCTION AND SOLAR FUELS AND CHEMICALS, 1983.
- LEAL, C. A.; ELBERN, A. W. Técnicas nucleares na indústria química e do carvão. CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 21. Porto Alegre, 26-31 out. 1980.
- MARTIN, J.; VITKO JR., J. *ASCUAS: a solar central receiver utilizing a solid thermal carrier*. Sandia Report, SAND82-8203, jan. 1982.
- MARTIN, J. Solid thermal carriers for high temperature solar applications. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON SOLAR THERMAL HEAT PRODUCTION AND SOLAR FUELS AND CHEMICALS. W. Hoyer (Editor). Stuttgart, Alemanha: German Aerospace Research Establishment, 13-14 out. 1983.
- ROYERE, C. Solar chemical engineering research and test activities using the 1MWITH solar furnace at CNRS, STTFUA. *Workshop proceedings*. Albuquerque, Novo México, USA, 3-4 Maio, 1979.
- SCHORA, F. C.; TARMON, P. B.; FELKIRCHNER. Oil shale - present technology and the IGT/A.G.A. Process. In: SYNTHETIC PIPELINE GAS SYMPOSIUM. 8. *Proceedings...*, 18-20 out. 1976.
- SCHORA, F. C.; TARMON, P. B.; FELKIRCHNER. State of the art - above ground shale reprocessing. *Hydrocarbon Processing*, v.56, n.2, 1977.
- SHIK, C. C.; COTTER, I. E.; PRIEN, C. H.; NEVERS, T. D. Technological overview reports for eight shale oil-recovery processes. *EPA Report*, EPA-600/7-79-07, 1979.
- STILLER, A. H.; ZONDLO, J. W.; IRWIN, C. New coal-based technologies for nuclear graphite and strategic carbon materials. In: GLOBAL CONFERENCE ON ENERGY IN TRANSITION. *Proceedings...*, Plenum (in Press).
- WHITCOMBE, J. A. The TOSCO-II oil shale process. Trabalho apresentado no 79th National Meeting of the American Institute of Chemical Engineers, 16-20 mar. 1975.

Parte II  
Interações regionais

# INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM (SOCIO)ECONÔMICO-AMBIENTAL

Edison Dausacker Bidone  
Zuleica Carmem Castilhos  
Teresinha Guerra

## INTRODUÇÃO

### Dos Objetivos

A finalidade deste trabalho foi a de desenvolver metodologia para integrar os estudos realizados, no âmbito do Projeto “ENERGIA E MEIO AMBIENTE: a questão do carvão no Rio Grande do Sul”, a partir de uma abordagem (socio)econômico-ambiental dos Objetivos Gerais propostos:

“a) Desenvolver a base científica para a inserção da componente ambiental no processo de desenvolvimento, embasado numa abordagem transdisciplinar do programa termo-carbonífero do Rio Grande do Sul, que contemple o paradigma holístico.

b) Compatibilizar teorias e técnicas desenvolvidas em diferentes disciplinas, visando instrumentalizar ações integradas no uso sustentado do espaço e fundamentar alternativas de decisão política de gerência ambiental.

c) Formar recursos humanos, através da implementação de um Curso de Pós-Graduação (“*strictu sensu*”) em Ciências Ambientais, formando profissionais com treinamento em métodos, técnicas e abordagens interdisciplinares.”

A inclusão, em nossos título e texto, do termo (SOCIO) é para salientar que, como veremos, no método de integração proposto, a avaliação social - em conjunção com as avaliações ecológica e econômica - forma a base da análise do mérito e da sustentabilidade de diagnósticos, planos, programas, projetos, etc., voltados ao desenvolvimento.

Uma abordagem (socio)econômico-ambiental para a integração dos estudos, justifica-se porque atende, operacionalmente - é o que queremos demonstrar e, na seqüência, testar -, aos cinco níveis dos “desejos” expressos pelos Objetivos Gerais do

Projeto, os quais requerem uma introdução que, na medida de sua complexidade, seja a mais objetiva possível.

a) Desenvolver a base científica para a <sup>(2)</sup> **inserção da componente ambiental** no <sup>(1)</sup> **processo de desenvolvimento**, embasado numa <sup>(4)</sup> *abordagem transdisciplinar* do programa termo-carbonífero do Rio Grande do Sul, que contemple o <sup>(6)</sup> *paradigma holístico*.

b) Compatibilizar teorias e técnicas desenvolvidas em diferentes disciplinas, visando <sup>(3)</sup> **instrumentalizar ações** integradas no <sup>(1)</sup> **uso sustentado** do espaço e <sup>(3)</sup> **fundamentar alternativas de decisão política de gerência ambiental**.

c) <sup>(5)</sup> Formar recursos humanos, através da implementação de um Curso de Pós-Graduação (*“strictu sensu”*) em Ciências Ambientais, formando profissionais com treinamento em métodos, técnicas e abordagens interdisciplinares.

<sup>(1)</sup> O primeiro nível corresponde aos termos “carros-chefe” (i.e., Marco Conceitual) dos Objetivos Gerais do Projeto, **“processo de desenvolvimento”** e **“uso sustentado”**, os quais serão definidos e discutidos a seguir neste Capítulo. A sua abordagem operacional (teórica e prática) se dá, conforme veremos, essencialmente no âmbito do que se convencionou chamar Economia Ambiental ou Ecológica (Costanza, 1991).

<sup>(2)</sup> O segundo nível - **“inserção da componente ambiental no processo de desenvolvimento”** - requer uma (re)visita às relações entre Economia & Meio Ambiente, a fim de que possamos estabelecer às bases teóricas da estrutura metodológica (i.e., justificativas das práticas a serem utilizadas na estrutura metodológica), a ser aqui proposta e testada, para a operacionalização do conceito de “desenvolvimento sustentável” na abordagem de integração dos estudos.

<sup>(3)</sup> O terceiro nível - **“instrumentalizar ações integradas no uso sustentado do espaço e fundamentar alternativas de decisão política de gerência ambiental”** - é essencialmente prático (i.e., operacional), e seus termos requerem uma (re)visita ao conceito de “Gerência (ou, melhor, Gestão) Ambiental” para, então, apresentarmos a estrutura metodológica aqui desenvolvida e utilizada (testada) na abordagem de integração dos estudos.

Os níveis <sup>(4)</sup> - *“abordagem transdisciplinar* que contemple o *paradigma holístico* - e <sup>(5)</sup> - “formar recursos humanos” - certamente encontrarão, na estrutura metodológica aqui desenvolvida e utilizada, elementos interessantes à serem considerados.

## **Sobre o Significado de “Desenvolvimento Sustentável”**

Bellia (1996), abordando o “desenvolvimento sustentável”, nos oferece, além de discutir o problema do significado, algumas interessantes variantes sobre estes temas (i.e., “desenvolvimento” e (ou, com) “sustentabilidade”).

As vezes nos referimos a “desenvolvimento”, outras vezes a “desenvolvimento sustentável”, ainda outras à “sustentabilidade”, algumas vezes à “capacidade de suporte”, e assim sucessivamente. Mas... o que quer dizer, de fato, “desenvolvimento sustentável”, quando uma atividade é “sustentável” (e quando não o é)?

O problema é próprio da junção de um substantivo (“desenvolvimento”) com um adjetivo (“sustentável”), este sempre representando um juízo de valor próprio de cada indivíduo e, portanto, não quantificável. É por isso que tanto Pezzey (1989), como Pearce *et al.* (1989), incluem em seus trabalhos apêndices com uma galeria composta por

dezenas de conceitos e de definições de “desenvolvimento sustentável”: como não é quantificável, cada um tem o direito de emitir o “seu próprio conceito”, e/ou adaptá-lo conforme suas necessidades, até mesmo para casos estritamente particulares.

Os significados das palavras “desenvolvimento” e “sustentável”, segundo o “Novo Dicionário da Língua Portuguesa” de Aurélio Buarque de Holanda Ferreira (1ª edição, 15ª reimpressão, 1987), são os seguintes (os números são os mesmos utilizados pelo dicionarista para separar os significados):

“*desenvolvimento* - ... 2. Adiantamento, crescimento, aumento, progresso. 3. Estágio econômico, social e político de uma comunidade, caracterizado por altos índices de *rendimento* dos fatores de produção, i. é., os recursos naturais, o capital e o trabalho. ...”. Segundo o mesmo dicionário, “*rendimento*” tem um duplo significado, para os fins que nos interessam: “...3. O total das importâncias recebidas, por pessoa física ou jurídica, durante certo período, como remuneração ... 4. Lucro, produto, juro. 5. Eficiência relativa no desempenho de determinada função ou tarefa; produtividade; ... 6. Aproveitamento relativo de força ou energia: ...”

Observe-se que, usando os conceitos de rendimento expressos nos significados 3 e 4 o “desenvolvimento” pode significar altas rendas monetárias, sem qualquer compromisso com a eficiência no uso dos fatores de produção (o que é fácil nas empresas monopolistas, por exemplo). Tal eficiência, contudo, estaria perfeitamente contida no conceito de “desenvolvimento” se, para ele, existissem apenas os conceitos 5 e 6.

“*sustentável* - Que se pode sustentar”. Este único significado exige que nos reportemos a “*sustentar*”, palavra que, segundo o mesmo dicionarista, tem, entre muitos outros, os seguintes: “...1. ..., impedir que caia, suportar, apoiar, ... . 5. Conservar, manter: ... . 10. Proteger, favorecer, auxiliar. ... 13. Estimular, iniciar, instigar, ... “. Neste caso, deve-se observar que “sustentável” tanto pode significar uma posição estática (significados 1; 5 e parte do 10), como uma posição dinâmica e positiva (parte dos significados n°s 10 e 13).

Na medida em que a expressão “desenvolvimento sustentável” já está consolidada como referida preferencialmente aos problemas ambientais, o melhor significado econômico, aparentemente, seria aquele que reunisse a eficácia do *uso do fator de produção recursos naturais* (como “desenvolvimento”), com sua *estimulação* (da eficácia) como meta, mas, no mínimo, com a conservação do fator recursos naturais (como “sustentável”).

A nós, abstraindo o significado da palavra “eficaz” (que será discutida na sequência), parece que uma das definições que mais se ajusta a tais condições é a emitida por Goodland (1989) que, praticamente, dispensa o adjetivo “sustentável” ao atribuir ao substantivo “desenvolvimento” a necessidade de eficácia no uso do meio ambiente:

“Crescimento: se refere à expansão das escalas das dimensões físicas do sistema econômico, ou seja, o incremento da produção econômica;

“Desenvolvimento: é o padrão das transformações econômicas, sociais e estruturais, através da melhoria qualitativa do equilíbrio relativo ao meio ambiente”.

Aparentemente, usando as galerias de definições apresentadas por Pezzey (1989) e Pearce *et al.* (1989), o primeiro a usar a expressão “desenvolvimento sustentável” foi Robert Allen (1980) *apud* Bellia (1996), no artigo “How to Save the World”, quando resumizava o livro “The World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development”, da International Union for the Conservation of Nature

and Natural Resources (IUCN), United Nations Environmental Program (UNEP), e World Wide Fund (WWF, antes denominada World Wildlife Foundation). Neste artigo, Allen definiu:

“*desenvolvimento sustentável* - é o desenvolvimento requerido para obter a satisfação duradoura das necessidades humanas e o crescimento (melhoria) da qualidade da vida” (pág. 23).

Mais famosos, entretanto, são os conceitos usados por Brundtland (1988), no Relatório da ONU intitulado “Nosso Futuro Comum”, principalmente pelas características de ampla divulgação que o Relatório recebeu. Diz o Relatório:

(a)... tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso humano não apenas em alguns lugares e por alguns anos, mas em todo o planeta e até um futuro longínquo. Assim, o “desenvolvimento sustentável” é um objetivo a ser alcançado não só pelas nações em desenvolvimento”, mas também pelas industrializadas (pág. 4).

(b) O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades. Ele contém dois conceitos-chave:

- o conceito de “necessidades”, sobretudo as necessidades essenciais dos pobres do mundo, que devem receber a máxima prioridade;

- a noção das limitações que o estágio da tecnologia e da organização social impõem ao meio ambiente, impedindo-o de atender às necessidades presentes e futuras (pág. 46).

(c) Obviamente, o crescimento e o desenvolvimento econômicos produzem mudanças no ecossistema físico (pág. 48).

(d) No mínimo, o desenvolvimento sustentável não deve pôr em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos (pág. 48).

(e) ... a terra não deve ser deteriorada além de um limite razoável de recuperação. No caso dos minerais e dos combustíveis fósseis, é preciso dosar o índice de esgotamento e a ênfase na reciclagem e no uso econômico, para garantir que o recurso não se esgote antes de haver bons substitutos para ele (pág. 49).

Um conceito emitido por Barbier (1987) se preocupa com os pobres da nossa geração:

- “... o conceito de desenvolvimento econômico sustentável aplicável ao Terceiro Mundo ... se refere diretamente ao incremento do padrão de vida material dos pobres que estão ao “nível do chão”, onde pode ser medido quantitativamente em termos do incremento da oferta de alimentos, rendas reais, serviços educacionais, cuidados com a saúde, saneamento e abastecimento de água, estoques de emergência de alimentos e de recursos financeiros, etc., e também indiretamente no que concerne ao crescimento econômico do produto agregado, geralmente nacional (PIB). Em termos genéricos, o objetivo primário é reduzir a pobreza absoluta dos pobres do mundo, provendo duradouros e seguros bens vitais para que se minimize o depauperamento dos recursos, a degradação ambiental, as rupturas culturais e a instabilidade social (pág. 103)”.

Já o Centro Nacional para o Desenvolvimento Sustentado das Populações Tra-

dicionais (CNPT) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), resolveu emitir sua definição, a partir do conceito de Goodland (cf. visto anteriormente), apropriada ao caso dos povos que vivem nas “Reservas Extrativistas”. Preocupado em não permitir que as atividades de apoio a estas populações venham a contribuir com a destruição de suas culturas e conhecimentos, diz o CNPT:

“Conceitua-se desenvolvimento sustentável para as populações tradicionais o processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam, reforçando o potencial presente e futuro do meio ambiente suporte das atividades econômicas destas populações, a fim de melhor atender as suas necessidades e aspirações, respeitando a livre determinação sobre a evolução de seus perfis culturais”.

O Banco Mundial (World Bank, 1992, pág. 8, box 2), mais preocupado com uma definição de “desenvolvimento sustentável” que incluísse os benefícios e os custos, explica-o do seguinte modo:

“... No passado, os benefícios da atividade humana foram freqüentemente exagerados, enquanto os custos das perdas ambientais foram ignorados. ... Às vezes argumenta-se que os benefícios dos investimentos humanos são temporários, enquanto os benefícios de um meio ambiente imperturbado resta para sempre. Isto tem levado a que se advoque o uso de taxas de desconto baixas nas análises de projeto. Mas isto pode levar a mais danos (dirigindo os investimentos) ao invés de menos. A resposta não está ligada a uma baixa artificial das taxas de desconto, mas em assegurar que os benefícios de uma economia em expansão sejam reinvestidos. ... Baseando as políticas de desenvolvimento ambiental na comparação dos benefícios e dos custos, e numa cuidadosa análise macroeconômica, fortalecer-se-á a proteção ambiental e conduzir-se-á o bem estar ao crescimento e ao nível sustentável”.

## **DEFINIÇÃO ECONÔMICA DE “DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL” E CONDIÇÕES ÉTICAS**

### **O conceito econômico e sua dependência**

Sendo a Economia um ramo das Ciências Sociais, ela não prescinde, em qualquer de suas análises, da obediência a parâmetros éticos bem estabelecidos. Pearce *et al.* (1988), analisando o problema, partem do princípio que “desenvolvimento é um vetor de objetivos sociais desejáveis, que podem incluir:

- acréscimos da renda real per capita;
- melhoria das condições de saúde e nutrição;
- melhoria educacional;
- acesso a recursos;

- distribuição mais justa da renda;
- acréscimos nas liberdades básicas”.

Observa-se que os objetivos sociais listados por estes autores coincidem com a definição emitida por Barbier (1987), transcrita anteriormente. De todo modo, para que os objetivos persistam ao longo de um lapso de tempo indeterminado (o que caracterizaria a “sustentabilidade” dos objetivos), será necessário que o “*desenvolvimento sustentável seja, portanto, uma situação na qual o vetor de desenvolvimento, D, cresça, monotonicamente, ao longo do tempo, t, isto é:  $dD/dt > 0$ .*

O uso do termo “sustentável”, entretanto, tende a nos induzir à adoção de um horizonte de tempo infinito, enquanto as tomadas de decisão, na prática, requerem um horizonte finito. Ao mesmo tempo, advertem Pearce *et al.* (1988), a definição dada não estabelece se o valor de  $dD/dt$  deve ser sempre positivo, para qualquer período de tempo considerado (o que eles chamam de *forte sustentabilidade*), ou, ao contrário, se apenas a tendência de  $dD/dt$  deve ser positiva (*fraca sustentabilidade*), ou seja, o valor presente dos benefícios deveria ser apenas positivo, pois a maximização deste valor presente, pela experiência, é consistente com a *não sustentabilidade*. É importante, aqui, lembrar que outros autores (World Bank, 1992; Summers, 1992) consideram, apenas, que os benefícios dos investimentos ambientais é que têm sido extremamente subestimados (os custos ambientais dos investimentos em produtos tangíveis também), o que tem deformado as análises econômicas (por mal feitas). Assim, concluem que a maximização do valor presente, se bem feita (incorporando os custos e benefícios ambientais), será consistente com a sustentabilidade.

De todo o modo, a sugestão de Pearce *et al.* (1988) é a de que a sustentabilidade seja definida como requerimento geral de um vetor que defina as características do desenvolvimento, crescente monotonicamente ao longo do tempo, onde os elementos a serem incluídos no vetor (e seus pesos relativos) estejam abertos ao debate ético, e o horizonte de tempo a ser considerado para a tomada de decisões seja similarmente determinado, à parte de acordos intergeracionais. Um debate ético desta natureza pode ser iluminado pela discussão de visões alternativas em ambas as questões (componentes que medirão o desenvolvimento e horizonte de tempo), mas não poderá ser resolvido de outra forma que não por um consenso, ele próprio essencialmente ético.

## **O estoque de capital**

Conforme nos ensinam os conceitos básicos da economia, uma sociedade somente será progressiva (como sinônimo de desenvolvimento) se ela poupar parte de suas rendas para reposição do capital desgastado na produção e, ainda, fazê-lo crescer com o investimento da parte da parcela poupada. A sociedade estacionária é aquela que poupa exclusivamente o suficiente para repor o capital desgastado (cobertura da depreciação) e, a regressiva, é aquela cuja poupança é insuficiente até mesmo para repor o que se desgastou com a produção. Os conceitos somente são válidos se, ao mesmo tempo, contabilizarmos os dois tipos de capital: o capital feito pelo homem (KM) e o capital natural (KN).

Conservar o estoque de capital natural (EKN) é uma condição de sustentabilidade muito comumente expressa por autores ambientalistas, apesar das advertências da atual impossibilidade de fazê-lo com alguns dos recursos, tais como com os bens geológicos/minerais (não renováveis), em vista da tecnologia disponível (Daly, 1989). Com tal impossibilidade física, a tendência dos economistas (El Serafy, 1989 & 1991) tem sido imaginar que a exaustão de um recurso, por exemplo o carvão, deve ser compensada por outros investimentos que, quando da exaustão, gerem a mesma renda líquida. Isto permitiria que o conceito de sustentabilidade fôsse ampliado, estabelecendo-se o requisito de que o estoque de capital total ( $EK = EKM + EKN$ ) seja crescente ou, no mínimo, constante ao longo do tempo.

O requisito sobre a exaustão dos recursos do modo preconizado por El Serafy, deve ser entendido de modo limitado (a um país, ou a uma região, p. ex.), pois numa visão planetária a exaustão pode estar muito longe ou muito perto de acontecer. À esta afirmativa, devem ser acrescentadas as possibilidades de substituição (tecnologias de fundo), o que já ocorre com a eliminação do chumbo na gasolina (paradoxalmente visando melhorar a qualidade do ar), sua substituição nos encanamentos por plástico flexíveis, etc.

Entretanto, pelo exposto até aqui, vê-se que a valoração do EKN não é uma tarefa muito fácil. Problemas como a multifuncionalidade dos recursos naturais precisam ser reconhecidos nas análises, especialmente para os bens de suporte à vida, cuja perda torna irrelevante o valor atual do uso. Neste caso, conservar o que temos (por pior que nos pareça), pode ser uma estratégia sensata para evitar tal risco (Pearce *et al.*, 1988).

## **Condições éticas**

Segundo Pearce *et al.* (1988 & 1989), a conservação do EKN serve a metas que tem ampla aprovação, embora reconheçam que ela não é universal. O desenvolvimento sustentável é consistente com:

- a) justiça com os socialmente despojados (Equidade Intrageracional);
- b) justiça entre gerações (Equidade Intergeracional);
- c) aversão ao risco; e
- d) eficiência econômica.

### **a) Equidade Intrageracional.**

A conservação do EKN, ou o seu crescimento, provavelmente serve ao propósito de justiça para com os mais pobres, tanto dentro das fronteiras de um país, como entre países num dado momento. Nos países em desenvolvimento, principalmente nos mais atrasados, a suprema dependência dos recursos naturais para a sobrevivência (biomassa como combustível; resíduos orgânicos não tratados, água em condições sanitárias deficientes, garimpos, etc.) conduzem à degradação e ao depauperamento ambiental, reduzindo as expectativas futuras de sobrevivência. Nos países ricos, a função de equidade da conservação do EKN é menos óbvia, pois, por exemplo, a incidência física da poluição (exposição a poluentes atmosféricos e da água, rejeitos sólidos e tóxicos, ruídos, etc) sempre aparece inversamente correlacionada com a renda, fazendo com que a

demanda por ativos ambientais esteja sempre visada em favor dos mais ricos (Pearce *et al.*, 1988). O próprio método de valorização monetária de ativos ambientais embasado na disposição a pagar evidencia este fato: é claro que alguém de alta renda poderá se dispor a pagar algum preço por um bem ambiental, que será muitas vezes superior ao preço que pode ser pago por alguém que esteja próximo do limite de sobrevivência. Assim, o valor de uma mesma cachoeira poderá variar muito, bastando que os pesquisadores sejam, por exemplo, suecos, de um lado, e haitianos, do outro.

### **b) Equidade Intergeracional.**

Normalmente, desejamos que nossos filhos iniciem suas vidas no mínimo nas mesmas condições que nos foram oferecidas ou, se possível, ainda melhores. Provavelmente, tal desejo está ligado aos instintos de auto-preservação e de preservação da espécie, pois, se damos melhores condições aos nossos filhos, também provavelmente gostaríamos de “estar no lugar deles”. Dentro deste raciocínio simples, cabem tanto a conservação do capital natural, como o capital feito pelo homem. Contudo, existem pelo menos duas razões para considerar o capital natural mais importante. A primeira delas se refere ao fato de que o KN é composto por bens primários, ou seja, que têm a característica de que qualquer ser racional preferiria sempre mais do que menos. A segunda, se refere à irreversibilidade, pois, ao contrário do KM, que normalmente pode ser aumentado ou diminuído (simetria), o KN apresenta alto grau de irreversibilidade, ou seja, ele pode sempre ser diminuído, frequentemente não pode ser aumentado e, simplesmente, pode ser inutilizado se decréscimos anteriores o levaram à extinção (Pearce *et al.*, 1988; World Bank, 1992).

Page (1991) adverte quanto ao fato de inexistirem referências para a determinação de “quanto de sustentabilidade”, e de “qual forma”, devemos legar aos nossos descendentes, pois não conhecemos as preferências daqueles que comporão a próxima geração (nem das subsequentes). Todavia, suas preferências específicas, identidades e, mesmo, existência são formadas e dependentes de nossas ações: elas são endógenas às nossas decisões.

### **c) Aversão ao Risco.**

A aversão ao risco decorre da nossa ignorância sobre as conseqüências das interações entre ambiente, economia e a sociedade, e dos prejuízos econômicos e sociais originados nas baixas margens de resiliência a “choques externos” (p. ex.: secas ou pragas), ou a “stress” (p. ex.: erosão do solo, resíduos tóxicos). As margens de flexibilidade nos países desenvolvidos, quanto a “racionalidade” da conservação do KN, são maiores do que nos países pobres, onde o crescimento da população e o baixo rendimento econômico frequentemente produzem margens de risco muito estreitas, face a perturbações externas. Mas a resiliência comparativa do mundo desenvolvido a tais “choques” e “stress” pode estar sendo subestimada, à medida que suas tecnologias usam bens de propriedade comum globais para descarga de seus detritos, e usam em profusão recursos naturais extraídos de forma não sustentável de territórios e países bem mais pobres (Pearce *et al.*, 1988).

#### **d) Eficiência Econômica.**

A política de desenvolvimento sempre foi distorcida em favor do KM, porque este normalmente é um produto de mercado, enquanto o KN tende a prover os serviços ambientais, para os quais não há mercado e, portanto, nenhuma renda recebida. Como o preço de KN aparenta ser igual a zero, mais de KN será usado em relação a KM. Como consequência, não há incentivo em investir em KN, visto resultarem em produtos e serviços geralmente fora de mercado, ou seja, sem preço. Os investimentos, assim, estão sempre concentrados em KM, pois subestimam, em muito, a taxa de retorno de investimentos em KN. Por exemplo, investir na reabilitação de pântanos pode resultar em fluxos de caixa positivos na exploração de atividades como a pesca e a recreação, mas também resulta em produtos fora de mercado (que não contribuem com o fluxo de caixa direto do empreendimento), como a proteção contra cheias, purificação da água, etc. O esforço para dar valores econômicos a estes produtos ambientais, extra-mercado, demonstram que a taxa de retorno de investimentos em KN é significativamente maior do que a parcela comercializável. A tese da eficiência econômica, portanto, não favorece KM em relação a KN, se os dois competirem por um mesmo fundo de investimentos, com o critério de Benefício-Custo exigindo maior compreensão da valorização das funções econômicas totais exercidas por KN.

## **INSERÇÃO DA COMPONENTE AMBIENTAL NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO**

### **Bases Teóricas para a Inserção da Componente Ambiental no Processo de Desenvolvimento.**

Conforme visto anteriormente, o segundo nível envolvido nos Objetivos Gerais do Projeto - “**inserção da componente ambiental** no processo de desenvolvimento” - requer uma (re)visita às relações entre Economia & Meio Ambiente, a fim de estabelecer-se as bases teóricas da estrutura metodológica (i.e., justificativas das práticas a serem utilizadas na estrutura metodológica), a ser aqui proposta e testada, para a operacionalização do conceito de “desenvolvimento sustentável” na abordagem de integração dos estudos.

### **Capital e Natureza**

El Serafy (1991), nos fornece subsídios importantes para as relações entre Economia & Meio Ambiente: “*Visto que o Meio Ambiente contribui para o processo produtivo, mesmo quando ele não é apropriável (e.g. o ar que respiramos), deveria ser considerado como um fator de produção*”.

O capital de uma economia é seu estoque de bens reais, com o poder de produzir mais bens (ou utilidades) no futuro. Esta definição de capital seria, provavelmente,

aceita pela maioria dos economistas (Hicks, 1974). Visto como tal, o capital incluiria os Recursos Naturais (RN), considerados pelo pensamento econômico clássico como um fator de produção em separado (os outros seriam o capital e o trabalho); isto é, os RN seriam qualificados como uma parte do estoque de bens reais, capaz de promover a produção de mais bens. Isto seria apenas o passo inicial para estender tal qualificação à natureza, tanto como fonte de materiais brutos, quanto como um receptor dos efluentes, dejetos, etc., gerados no curso das atividades econômicas. O que Daly (1991) considera, respectivamente, tanto como fonte de insumos de “low-entropy matter-energy”, quanto como um depositário para “outputs” de “high-entropy matter-energy”. Alfred Marshall, considerado muito apropriadamente como o “pai” da economia neoclássica, viu a distinção entre capital e RN, em suas capacidades como fatores de produção, como artificial (Marshall, 1974). Ele estava consciente da contribuição da natureza para a produção: *“Tudo o que existe na superfície da terra tem nela um grande elemento de capital, o produto do trabalho do homem no passado. Aqueles “presentes e dádivas” da natureza, classificados na economia clássica como as “inerentes” e “indestrutíveis” propriedades da terra, foram grandemente modificados; parcialmente empobrecidos e parcialmente enriquecidos pelo trabalho de muitas gerações de homens”*.

Na passagem citada, pode-se pensar o empobrecimento dos RN como um desinvestimento e que, portanto, a degradação do Meio Ambiente (MA) deveria ser descontada da produção como depreciação do capital. Logo, não é nada “revolucionário” pensar a natureza como um fator de produção. Hicks (1983) diz que o que caracteriza um fator de produção *“é que ele deve fazer uma contribuição à produção, no sentido de que se uma parte dele fosse removida, a produção diminuiria. É a mesma coisa que dizer que um fator de produção precisa ter um produto marginal”*. Mesmo quando a natureza é um bem comum (e.g. águas internacionais, a camada de ozônio), ela pode, ainda, ser vista como um fator de produção. Mesmo que ela não seja comerciável e não tenha um valor de mercado. Hicks (1983): *“Para que uma coisa tenha um preço, ela precisa ser apropriável; mas, não é necessário que uma coisa seja apropriável para ela ser um fator de produção”*.

Sob que fator de produção deve ser colocada a natureza para que ela seja incluída nos cálculos econômicos? A resposta é: por razões teóricas isto não vem ao caso para nossa finalidade. Mas, por razões práticas, como vimos, existem fortes motivos para que ela seja tratada como capital. Após tudo, a mais fecunda forma da função produção foi dada pelo modelo de Cobb-Douglas (in Daly and Cobb, 1989), o qual reduz os fatores de produção a dois: capital e trabalho. Sob capital estariam incluídas uma grande gama de elementos, incluindo os RN e a tecnologia.

## **O poder da tecnologia**

El Serafy (1991): *“Uma questão relevante no debate entre os ambientalistas e os economistas tradicionais: relativamente um ao outro, capital e RN são substitutos ou complementos?”*

Esta questão parece não ser importante teoricamente, mas o é empiricamente; tanto que os ambientalistas insistem que a capacidade de nosso planeta - em receber nossos resíduos e dejetos e em prover matéria bruta e energia - é limitada, e que esta limitação não pode ser desconsiderada pela crença em que os avanços em tecnologia são verdadeiros saltos que eliminam nossos problemas.

A tecnologia, sem dúvidas, tem realizado economias tanto em materiais como em trabalho. Mas, por exemplo, as visões otimistas do poder da tecnologia falham quando o assunto trata do crescimento populacional - uma grande fonte de pressões sobre o meio ambiente - que se dá por saltos. Ainda, por exemplo, a tecnologia foi capaz de substituir o uso do cobre pelo uso do plástico, e a fabricação de plásticos é altamente eficiente em termos de utilização de matérias-primas, e os resíduos do processo de fabricação são mínimos; os plásticos, em contrapartida, são virtualmente indestrutíveis pelos processos de degradação natural. A agricultura americana é considerada de alta eficiência, porque nos EUA produz-se safras muito maiores por unidade de área do que nos demais países. Entretanto, ao se tomar a demanda energética, verifica-se que nos EUA são utilizados dez vezes mais insumos energéticos por unidade de área do que no México por exemplo (Thiezzi et. al., 1991).

Huetting (1991): *“Proteger o meio ambiente sem xocar o crescimento da produção, somente é possível se uma tecnologia, que for inventada, seja suficientemente “limpa”, reduza o uso do espaço suficientemente, deixe o solo intacto, não exauria a energia e os recursos (i.e., o uso de energias solar e reciclada), e seja mais barata (ou, no mínimo, não mais cara) do que a tecnologia corrente. Isto é extremamente difícil de imaginar quando se considera o espectro total de nossas atividades correntes.”*

Estas e outras críticas, já bastante conhecidas nos meios acadêmicos e científicos, estabelecem as bases para uma resposta alternativa à questão da tecnologia apropriada e formam o contexto dentro do qual tal conceito deve ser entendido. A questão das energias apropriadas será discutida mais adiante neste documento.

El Serafy (1991): *“a questão, em meu julgamento, é se, em termos práticos, a tecnologia está se desenvolvendo de forma suficientemente rápida para resolver nossa degradação ambiental; e, a resposta é, claramente, não! É dever do economista desempenhar o papel do pessimista. Se se permitir que as coisas sigam no caminho em que elas estão indo, reparar os danos, certamente, custará muito mais caro do que trabalhar-se preventivamente, i.e. antes que elas ocorram. Como pode ser visto, danos demais já foram feitos para que a complacência continue a prevalecer.”*

## **Política econômica e crescimento da produção**

Geralmente, em política econômica, o aumento ou **crescimento da produção** medido pelo **Produto Nacional Bruto-PNB** (e outros agregados, e.g. PIB, etc. É importante salientar que estes agregados podem, e devem, ser usados em outras escalas de observação: regional, estadual, municipal, etc.) é chamado **crescimento econômico**. Este crescimento é identificado com um **crescimento em bem-estar** e é visto como um **indicador de desenvolvimento** (e sucesso) econômico.

Definir crescimento da produção como crescimento econômico significa definir a economia como produção. Tal definição exclui da economia, entre outros elementos, os escassos recursos ambientais. Mas, apesar disso, o crescimento econômico definido desta maneira, obtem a maior prioridade na política econômica de todos os países do mundo. Ao mesmo tempo, nós vemos através do mundo, o crescimento das rendas nacionais sendo acompanhado pela destruição dos mais fundamentais, escassos e economicamente benéficos recursos de que o homem dispõe, i.e., MA.

A partir desta simples observação, três conclusões podem ser traçadas: (i) a

sociedade está galopando em um compasso errado, i.e., às expensas do MA; (ii) este erro é mascarado pelo uso incorreto de termos; e, (iii) a crença no crescimento contínuo e exponencial da produção, é o cerne do problema ambiental, Hueting (1991).

Considerando que a Economia reduz-se ao estudo dos problemas de escolha entalhados pelo uso de bens escassos para satisfazer as necessidades expressas pelo homem, e que o Bem-Estar é definido como a satisfação de necessidades evocada pela transação com meios escassos, pela terminologia corrente, “**crescimento e bem-estar**” é uma expressão da forte crença de que as coisas vão indo bem, economicamente falando, somente quando a produção, como medida pelo PNB, aumenta. A noção de que a produção deveria aumentar, a fim de criar o suporte financeiro necessário à conservação do MA, reflete esta crença. Esta noção é amplamente disseminada, e altamente popular, nas políticas econômica e ambiental oficiais. Esta proposição é discutível, porque a deterioração ambiental é, em grande extensão, precisamente uma consequência do crescimento da produção (o próprio crescimento da população está, com um tempo de retardo, também refletido no PNB).

Hueting (1991) nos informa que o PNB resulta de dois fatores: aumento em produtividade e aumento no volume de trabalho. Examinando um período de 15 anos, o PNB da Holanda teve um crescimento de 72%, dos quais 5% foi causado por aumento do volume de trabalho. Em princípio a alocação destes 5% configura um problema de alocação insolúvel. Mas, alocando-se este aumento do volume de trabalho para os vários setores, proporcionalmente ao seu valor adicionado: em primeiro lugar, dificilmente mudaria a sua contribuição relativa (individual) para o crescimento do PNB; e, secundariamente, teria uma influência negligenciável sobre sua contribuição em termos absolutos. Logo, como o autor detectou o mesmo fato em outros países do hemisfério norte, nos chamados países desenvolvidos, o crescimento da produção atingido é, essencialmente, devido ao crescimento em produtividade mas, mesmo assim, tem exigido a perda de escassos bens ambientais e, esta perda, não tem sido levada em conta (isto sem considerar-se a exportação e a produção de poluição, pelas empresas transnacionais, para e nos países em desenvolvimento). Prevenir a poluição, a degradação e a exaustão dos RN, *via* taxações e regulações, significa que, tendo em vista as limitações das tecnologias existentes, mais trabalho é requerido para a produção de uma dada quantidade de bens. Isto reduz o labor da produtividade e, conseqüentemente, coloca em xeque o crescimento da produção. Poucas pessoas parecem estar conscientes do seguinte: de um quarto a um terço das atividades responsáveis pela renda nacional (mais notadamente aquelas relacionadas ao consumo estatal, ou seja, aos serviços governamentais), não contribuem para o seu crescimento porque, por definição, a partir delas não resulta aumento em produtividade. Outras atividades resultam em pequenos melhoramentos em produtividade. Portanto, para que uma mínima taxa de crescimento de 3% (que resultaria em dobrar-se a produção em 23 anos), promovida através das políticas oficiais em todo mundo, e advogada pelo Relatório Brundtland, possa ser alcançada, é necessário um crescimento muito maior nas atividades remanescentes. Infelizmente, estas atividades, seja devido ao seu uso de espaço, solo e recursos, ou seja devido à poluição que elas geram (pela produção ou pelo consumo), prejudicam muito o meio ambiente.

Em tese, uma mudança nas atividades humanas para reduzir a carga sobre o MA e os RN, pode ser alcançada de duas maneiras: (i) impondo medidas de proteção

ambiental para a produção e o consumo; e, (ii) mudando, diretamente, os padrões de produção e de consumo.

(i) A primeira maneira (e.g. considerando provisões para a recuperação do meio ambiente após uma atividade cessar ou alterando processos de produção), na maioria das vezes, resulta em aumentos reais dos preços dos produtos e, então, em um decréscimo no crescimento da renda nacional. Mas, obviamente, aumentos de preço devido à implantação de medidas de proteção ambiental, causam uma mudança em direção a atividades menos agressivas ao MA.

(ii) A segunda medida, parte da consideração pela qual medidas técnicas, frequentemente, não resolvem realmente problemas ambientais, porque o crescimento de uma atividade supera o efeito destas medidas; ou, porque, devido às persistência e cumulatividade da pressão sobre o MA, estas medidas somente reduzem a velocidade de deterioração. Nestes casos, além das medidas técnicas de controle ambiental, uma direta mudança nos padrões de comportamento precisa seguir-se, forçada pelo que pode ser feito, ou não, e taxações (e.g. a redução forçada de veículos circulando em grandes metrópoles). Isto, também, coloca em xeque o crescimento da renda nacional (e.g. transporte coletivo, bicicletas, etc., contribuem menos para o crescimento do PNB do que os carros particulares, apesar de melhorar a saúde individual e o bem estar nas grandes cidades).

Duas conclusões podem ser tiradas do exposto.

(i) O crescimento da renda (a todos os níveis: nacional, regional, estadual, municipal, etc.) e a proteção do MA e dos RN são dois fins conflitantes. O uso sustentável dos recursos de nosso planeta, requer uma mudança nas prioridades deste crescimento. **Isto não quer dizer “parar o crescimento da produção”**, mas requer uma mudança nas atividades de produção e consumo em uma direção ambientalmente aceitável, a fim de que se possa alcançar um **“desenvolvimento econômico sustentável”**. Hueting (1991): *“Aqueles que advogam ambos os fins (i.e., o crescimento da renda e a proteção do MA e dos RN), ou estão cegos diante da realidade atual, ou estão especulando sobre tecnologias ainda não inventadas, colocando em risco as bases de nossa existência. Tal postura prejudica ainda mais o MA, porque ela fortalece os defensores do crescimento de renda a todo custo, os quais já são muito mais fortes do que aqueles que advogam um crescimento com sustentabilidade ambiental”*.

(ii) É improvável que estimulando o crescimento do PNB dos países desenvolvidos serão resolvidos os problemas dos países em desenvolvimento. Tais crescimentos serão provavelmente possíveis, somente acelerando-se, ainda mais, as pressões (prejuízos) sobre os limitados estoques de energia e sobre a limitada capacidade de suporte do MA, os quais se fariam às expensas dos países em desenvolvimento. Se nós quisermos tentar evitar estas pressões, nós precisamos avaliar melhor o “crescimento”.

A mudança recomendável para as prioridades das políticas econômicas, deveria impedir tanto os riscos atuais, quanto as perdas financeiras futuras. Por exemplo, o custo para reabilitar áreas degradadas foi estimado como sendo de 10 a 50 vezes maior do que o custo das medidas de prevenção da degradação (World Bank, 1992).

## **Uma contabilidade para (que inclua) a natureza.**

○ que pode, e deve, ser feito imediatamente? El Serafy (1991): *“há muito na*

*moderna economia que está em acordo com o pensamento ambiental... (é necessário) refletir, nas medidas da contabilidade nacional (e regional, municipal, etc.), as variações causadas nos estoques de recursos naturais pela atividade econômica.*" Isto é, uma correção da renda a todos os níveis (nacional, estadual, etc.) para as perdas ambientais é altamente recomendável, desde que fique claro na apresentação dos resultados, que isto não constitui-se num completo indicador do bem-estar da sociedade ao longo do tempo.

Muito claramente: se o que é convencionalmente medido como renda ignora a deterioração do MA - seja como fonte de materiais, ou seja como receptor ou repositório de dejetos da atividade humana - então, esta renda, está sendo superestimada. As medidas da contabilidade nacional (e regional, municipal, etc.), deveriam refletir esta deterioração do MA. Mas existem, ainda, muitas controvérsias de como fazer os ajustes necessários. Estas controvérsias serão tratadas logo a seguir mas, antes, é necessário salientar que a contabilidade tem, no seu todo, uma função limitada; ela meramente avalia as implicações do comportamento passado de lucros ou rendas. Sendo assim, ela fornece uma medida de desempenho indicando valor líquido, com os contabilistas produzindo folhas de balanço de ativos e passivos para a entidade concernida, seja um indivíduo, uma empresa ou uma nação. Com base na contabilidade os empresários podem (considerando, também, muitos outros fatores, inclusive suas próprias expectativas) tomar decisões para o futuro. Aonde as contabilidades erram, é no sentido que a contabilidade da renda contém elementos de capital tais - representando o esgotamento de estoques de RN ou poluição da água ou do ar, etc. - que esta "renda" medida exagera a renda verdadeira ou real e, se consumida, poderia levar à uma ruína inevitável. Em outras palavras, a contabilidade encorajaria comportamentos que não podem ser sustentados. Conseqüentemente, como as políticas macroeconômicas fazem uso da renda como uma "pedra-de-toque" contra a qual vários agregados econômicos são testados (oferta de dinheiro, economias e investimentos, déficits fiscais e correntes, etc.), falsas medidas de renda - por impedirem a medida do verdadeiro ou real desempenho econômico - levam à políticas econômicas falhas. Então, um país, estado, região ou município, que se presume ter atingido uma alta taxa de crescimento econômico, em realidade pode ter um crescimento lento ou inexistente ou, mesmo, negativo, se as contabilidades forem suficientemente adequadas para refletir a diminuição dos estoques de RN e a deterioração e degradação do MA.

Como dito anteriormente, existem, ainda, muitas controvérsias de como fazer os ajustes necessários quando se visa uma contabilidade para a natureza. No geral, tenta-se fazer isso sob dois fatores limitantes.

(i) O primeiro fator limitante, é o desejo de se obter um sistema totalmente integrado, começando com um inventário completo dos bens ambientais para, na seqüência, imputar-lhes valores monetários, a fim de construir-se uma folha de balanço de todos os bens, naturais e antrópicos. Variações de um ano para outro nesta folha de balanço, como um resultado da degradação, da renovação, da locação de novos estoques de RN, etc., assim como da exploração econômica, se refletiriam no final do período da folha de balanço. Portanto, o impacto sobre o fluxo de rendas, simplesmente derivaria das variações em prosperidade observadas de uma folha para a próxima folha de balanço.

El Serafy (1991): “*Isto tudo é auto-imposto e desnecessário. É tão constrito que comumente impede o progresso no ajustamento das contas nacionais (municipal, etc.). Deveria ser óbvio que folhas de balanço não podem ser construídas quando se considera que, além da necessidade de incluir-se a totalidade dos bens naturais em qualidade e quantidade, é necessário imputar-lhes um valor monetário... esta “abordagem holística” não deveria ser tentada, nem mesmo como um objetivo eventual, porque ela é impossível de atingir e sua adoção é um salto para impedir o progresso no ajuste da contabilidade nacional.*” Além disso, tentar refletir as variações ano-a-ano no valor de bens ambientais nos fluxos contábeis, introduziria grandes ajustamentos que poderiam “encurtar” as atividades econômicas anuais, as quais deveriam ser a base legítima para os cálculos de rendas. O mesmo pode ser dito com relação às re-estimativas de depósitos minerais, devido à novas descobertas ou à reavaliações de reservas (relembrando, também, que reservas são muitas vezes maiores que a extração anual).

Ao invés de uma abordagem holística, propõe-se o uso de Contas-Satélite a serem incluídas nas contabilidades desenvolvidas pelo Sistema de Contas Nacionais das Nações Unidas (United Nations System of National Accounts - SNA), a fim de que ajustes parciais das rendas possam ser realizados. Estas Contas-Satélite visam incluir elementos “desejáveis” que o SNA omite e excluir os “indesejáveis” que ele inclui. Em uma perspectiva de inclusão ou exclusão de elementos do meio ambiente no SNA, nem os recursos exauríveis, como os depósitos de minério, nem os recursos permanentes, tais como a água e o solo, deveriam ser tratados como “presentes ou dádivas” da natureza, Harrison (1989). Para tanto, o ajuste na contabilidade das rendas deve ser feito *gradualmente*, um RN de cada vez (e.g. exaustão de depósitos de minério, qualidade das águas, pesca, florestas, etc.), e *adicionalmente* a medida que nossas metodologias vão se firmando e as bases físicas de nossos cálculos melhorarem, deixando a avaliação econômica de áreas espinhosas, porque de abordagem técnico-científica extremamente nebulosa, tais como a biodiversidade, para mais tarde. Nós não precisamos ser tão ambiciosos e ficar objetivando incompreensões que permanecerão para sempre num plano evasivo. Neste último aspecto, é preciso ter em mente o fato de que a contabilidade tem uma função limitada, e que ela deveria ser complementada por sólidas políticas ambientais (e.g. o estabelecimento de áreas de preservação para ecossistemas de rica biodiversidade).

(ii) O segundo fator limitante, para o ajuste parcial da contabilidade para a natureza, é a questão da Depreciação do Capital Natural (i.e., mudanças negativas nas suas qualidade e/ou quantidade, ou seja, na sua disponibilidade). Considerando a necessidade do capital natural permanecer intacto, para o cálculo mais apropriado das contas nacionais (aplicável também às contas regionais, municipais e de projetos individuais), é preciso que seja feita uma distinção entre RN renováveis e RN não-renováveis.

Para que o capital natural, representado pelos RN renováveis, permaneça intacto, provisões deveriam ser feitas para (cobrir) a sua depreciação. Para RN renováveis, tais como florestas e pesca, produções sustentáveis podem ser calculadas, e exploração acima destas (e.g. a sobrepesca), devem ser consideradas como depreciação (e descontada do PNB). “Depreciação positiva” pode ser possível com, por exemplo, reflorestamento ou estocagem dos excedentes da produção mas, tal tipo de “depreciação” deveria ser tratada como formação de capital ou investimento (e descontada do PNB).

Para o caso do capital natural representado pelos RN não-renováveis - tais

como os combustíveis fósseis que não podem ser reciclados ou reusados uma vez que eles tenham sido carburados -, o conceito de depreciação não é aplicável. El Serafy (1989), sugere que, neste caso, está errado contar as receitas auferidas com a venda de RN não-renováveis como valor adicionado no PNB e, após, descontá-las do PNB como depreciação do capital natural. Isto excluiria do cálculo da renda líquida o efeito da renda obtida com a exploração mineral. Portanto, é necessário corrigir-se (ajustar-se) o próprio PNB e não a renda líquida (ou, seja, no cas, o Produto Nacional Líquido - PNL).

O detalhamento e a operação prática destes elementos serão feitos no Capítulo 3. No momento, é entender que nós precisamos tentar aplicar a contabilidade para o capital natural, sem mais esperar, enfatizando os fluxos de rendas e deixando de lado a avaliação do ambiente total. Nossa abordagem deve ser gradual, tentando trazer elementos mensuráveis para o processo, a medida em que nosso conhecimento melhore.

### **Justificativas das Práticas a Serem Utilizadas na Estrutura Metodológica para a Integração dos Estudos**

Conforme anunciado, o terceiro nível envolvido nos Objetivos Gerais do Projeto - “instrumentalizar ações integradas no uso sustentado do espaço e fundamentar alternativas de decisão política de gerência ambiental” - é essencialmente prático (i.e., operacional), e seus termos requerem uma (re)visita ao conceito de “gerência (ou, melhor, Gestão) ambiental” para, na seqüência, apresentarmos a estrutura metodológica aqui desenvolvida e utilizada (testada) na abordagem de integração dos estudos.

Hueting (1991), discutindo o problema posto pela necessidade de “inserção da componente ambiental” no cálculo das contas nacionais (e, como veremos, aplicável também às contas regionais, municipais e de projetos individuais), nos diz que, para isso:

(i) o MA precisa ser definido de uma maneira gerenciável, e a conexão entre ambiente e economia precisa ser feita;

(ii) é necessário solucionar-se o problema da construção de “preços-sombra” para o MA (no geral o seu valor é intangível) e, assim, podermos comparar com os valores de mercado.

### **Definindo o MA de uma maneira gerenciável**

Este problema pode ser resolvido com a ajuda do conceito de Função Ambiental (Hueting, 1980). Muito brevemente, a razão para isso é que, para uma abordagem econômica, o MA pode ser melhor interpretado como “o entorno físico dos seres humanos, do qual eles são completamente dependentes para todas as suas atividades”. Meio Ambiente (MA) e Recurso Natural (RN) são conceitos diferentes. Uma parte qualquer do MA passa a ser um RN (bem ou serviço ambiental) quando o homem a ela dá (arbitra) um valor (Pearce, 1989; Serôa da Motta, 1990).

No MA, um número de possíveis usos pode ser distinguido. Estes são chamados Função Ambiental (FA) ou, simplesmente, Função. Quando o uso de uma FA conflita com o uso de uma outra, ou com a mesma, ou no presente ou no futuro, ocorre uma perda de função. Isto chama-se competição entre FA, que pode ser qualitativa (e.g.

quando uma atividade introduz ou retira um agente - i.e., um constituinte ou quantidade de energia - no ou do MA, ele muda sua qualidade. Isto pode fazer com que outros usos sejam mais difíceis ou, mesmo, impossíveis), espacial e quantitativa. Em competições espacial e quantitativa, a quantidade de espaço, ou de matéria, é insuficiente para satisfazer a demanda. É preciso notar que o uso de uma FA inclui, também, o uso passivo da função “ambiente natural” (e.g. paisagem, área de preservação. Esta conserva as utilidades conhecidas e potenciais de ecossistemas, no presente e no futuro, e mantém a diversidade de espécies de nosso planeta).

A competição entre funções pode assumir as mais diversas formas. Mas, na sua esmagadora maioria, ela envolve a questão do uso do MA para a realização de atividades de produção e de consumo às expensas de outros usos, ou de possíveis usos futuros, incluindo produção e consumo (e.g. perda da camada orgânica superficial de um solo devido a desmatamentos, mineração, etc.).

Portanto, quando ocorre a competição entre FA, o MA assume um aspecto econômico. A Economia envolve o estudo dos problemas de escolha derivados pelo uso de meios escassos para a satisfação das necessidades humanas (mesmo daquelas que, na opinião de um indivíduo ou de um grupo de indivíduos, possam ser consideradas “pés-simos hábitos de consumo”. Neste sentido ética e consumo também devem ser tratados na análise da “sustentabilidade” de um projeto, plano, etc.). Um bem é escasso se a demanda por êle exceder a sua disponibilidade, ou quando uma coisa a mais que nós queiramos ter (uma alternativa) tem de ser sacrificada para obtê-lo. FA que competem entre si são bens escassos. Perdas de função são custos, não interessando se eles podem, ou não, ser diretamente expressos em termos monetários.

O problema de se tratar com bens escassos gerando conflitos de uso, competições entre FA, etc., nos conduz diretamente ao conceito de Gestão.

O objetivo básico, *latu sensu*, da Gestão (ou administração) é a obtenção dos maiores benefícios através da aplicação dos menores esforços. Para tanto, cada homem (isoladamente ou em grupos organizados) busca otimizar o uso dos recursos que tem à disposição, sejam eles de ordem financeira, material ou humana. A partir da falência do conceito de que os RN's seriam infinitos, eles passaram a ser objeto de gestão (Gestão Ambiental), considerada a principal ferramenta para que os seres humanos possam atingir o “Desenvolvimento Sustentável”, Bellia (1996).

Portanto, a Gestão Ambiental, *grosso modo*, consiste em se alocar, o mais eficientemente possível, os escassos recursos (humanos, materiais e financeiros) para a solução de problemas (i.e., prevenir, mitigar ou remediar impactos ou externalidades ambientais) advindos dos conflitos entre FA.

Como consequência imediata desta definição - “poucos recursos para resolver muitos (e múltiplos) problemas...” - transparecem algumas atividades-meio, a serem desenvolvidas em um sistema que requer uma abordagem integrada, fundamentais para o exercício da Gestão Ambiental, entre outras: a) identificar FA; b) caracterizar os efeitos da competição/conflito entre FA sobre os RN envolvidos; e, c) hierarquizar e priorizar estes efeitos. Constituindo, assim, as bases práticas do estabelecimento de alternativas (Cenários), a serem propostas para a alocação de recursos (humanos, materiais e financeiros) - visando a solução de problemas (prevenir, mitigar ou remediar impactos ou

externalidades ambientais) - como suporte para “a tomada de Decisões e a implementação de Ações (e Políticas)”.

No dizer de Edward W. Deming, um dos “papas” da administração em todo o mundo: “*não se gerencia o que não se mede; não se mede o que não se define; não se define o que não se mede; não há sucesso no que não se gerencia*” (Bellia, 1996).

## **Construção de “preços-sombra” para o MA.**

O segundo problema diz respeito à construção de “preços-sombra” para o MA. Tendo em vista que a renda é registrada em termos de valores de mercado (monetários), estabelecer valores monetários para a contabilidade física das variações patrimoniais havidas sobre os RN (sobretudo, àquelas relacionadas à depreciação em suas qualidade e/ou quantidade), é o único modo de ligar tais variações aos sistemas de contabilidade de renda nacional, estadual, municipal, etc. Na realidade, à medida que inexistem mercado para um sem-número de bens-ambientais - e.g quanto custa um Kg de solo perdido devido à erosão? -, a adoção de “preços-sombra” é uma solução para atribuir valores monetários àqueles bens, a partir do estabelecimento de padrões, ao invés de uma demanda desconhecida. A título de exemplo, nós não sabemos quanto custa um Kg de solo perdido devido à erosão, mas nós sabemos quanto custam as medidas necessárias (e.g plantio em curva de nível) a fim de que somente uma determinada quantidade máxima aceitável de solo (i.e., quantidade padrão estabelecida) seja perdida.

Primeiramente, é necessário um (re)visita ao conceito de “preços-sombra” para, na seqüência, propormos um método para sua elaboração (construção) em uma contabilidade para (que inclua) o MA.

### **a) Conceituação de “preços-sombra”.**

Buarque (1989), nos dá boas informações sobre os “preços-sombra”. O primeiro passo na medição de um bem consiste em determinar o padrão de medida a ser utilizado. O padrão de medida das atividades econômicas é chamado numerário. Nas atividades privadas esse numerário consiste no padrão monetário utilizado normalmente como indicador dos gastos e dos ganhos de cada atividade. O consumidor, ao decidir comprar determinado bem, compara o desembolso que fará, medido em seu numerário, com a utilidade (ou o prazer) que obterá graças a tal gasto. O empresário, ao analisar seu projeto, transforma todos os seus custos e benefícios em quantidades de dinheiro gastas ou ganhas, medidas em termos do mesmo numerário, e compara para ver quanto obtém, em termos líquidos, mais uma vez, no mesmo numerário.

Para a avaliação privada, os preços de mercado de cada bem e de cada insumo são suficientes como indicadores de custos e benefícios. Para medir o custo ou o benefício de uma atividade econômica, do ponto de vista da coletividade em geral, necessita-se de um padrão de medida diferente daquele utilizado para medir os custos de oportunidade privados. Trata-se, portanto, de definir um novo numerário com o qual sejam medidos os custos de oportunidade de cada transação econômica, quando vistas com o enfoque de toda a coletividade.

O uso de um numerário para a medição do mérito econômico (e.g. do ponto de vista ambiental, com o enfoque de toda a coletividade) de um projeto, implica para isto o uso de preços diferentes daqueles de mercado. Esses preços são chamados “preços-sombra”, e indicam o valor de cada bem ou serviço (ambientais, no caso presente), medido com base no (novo) numerário definido para indicar o custo de oportunidade econômico do bem ou do serviço (ambientais) considerados.

Se o numerário utilizado para as atividades privadas é aceito sem discussões, o mesmo não ocorre com um numerário que meça o custo de oportunidade econômico (i.e., da coletividade/sociedade). Isso porque os objetivos individuais são facilmente traduzíveis aos valores monetários (de mercado) obtidos ou gastos em cada atividade. Já na representação da economia em todo o seu conjunto, a definição dos valores depende de objetivos econômicos previamente definidos para toda a economia e que, portanto, dependem de metas sociais e de objetivos globais definidos politicamente.

## **b) Elaboração (construção) dos “preços-sombra” em uma contabilidade para o meio ambiente.**

Bidone (1997) nos fornece algumas informações sobre a construção de “preços-sombra” para bens ambientais.

A necessidade de inserção da “variável ambiental” nos estudos de viabilidade de empreendimentos, que são realizados, via de regra, sob uma ótica essencialmente privada (i.e., financeira), constitui-se num dos principais desafios envolvidos em procedimentos de gestão ambiental. A transição entre o “desejável” (situado em um plano teórico) e a realidade dos fatos não é uma tarefa fácil. Para isso, a estratégia mais razoável é a baseada na inclusão da “variável ambiental” nas análises econômicas do tipo Benefício-Custo (B&C) de planos, programas, projetos e obras voltados ao necessário desenvolvimento econômico e social. Isto não é feito nas análises tradicionais, que são realizadas sob uma ótica essencialmente privada (financeira), aonde a produção é exclusivamente o padrão de *performance* econômica utilizado. Buarque (1989): *“Através da avaliação financeira ou de rentabilidade privada (e.g., considerando a taxa interna de retorno), o empresário procura conhecer o retorno que o projeto gerará sobre o capital que ele vai investir. A avaliação econômica, ou análise Benefício-Custo (B&C), apresenta os mesmos princípios básicos da avaliação privada, com a única e importante diferença de que, no caso da avaliação econômica, os benefícios e os custos do projeto são apresentados de acordo com seus valores econômicos e não privados (ou somente de mercado), i.e., implica também em incluir certos benefícios e custos (em termos monetários, mas não necessariamente de mercado, i.e., através da construção de “preços-sombra”) que não participam do orçamento do empresário, mas que participam do orçamento da coletividade em geral (e.g., o custo de controle ambiental do corpo aquoso receptor dos efluentes do projeto considerado).*

Em termos da Economia do Meio Ambiente, esta estratégia poderia ser descrita como a necessidade, nas análises econômicas, de internalizar-se, em termos monetários, os benefícios e os custos dos impactos positivos e negativos (**externalidades**) resultantes das ações de um empreendimento sobre o meio ambiente.

Algumas questões básicas precisam ser resolvidas com vistas a uma solução prática para este dilema teórico.

(i) A primeira questão a ser considerada corresponde “ao valor que a sociedade atribui aos insumos e aos produtos do projeto”. Além da necessária monetarização das externalidades ambientais relacionadas ao projeto, que veremos a seguir, esta primeira questão envolve uma percepção teórica diretamente relacionada à dicotomia entre as preferências individuais e coletivas (i.e., da sociedade), *vis-a-vis* a modificação das qualidade e quantidade dos recursos naturais devido ao empreendimento em análise. Hueting (1991), propõe como resposta a questão “que padrões de qualidade e quantidade ambientais devemos implantar?” a noção de desenvolvimento sustentável: “*Políticos, organizações* (e países. Mais de 100 países entre os quais o Brasil, que inseriu o conceito em sua nova constituição de 1988, aderiram a tese do desenvolvimento sustentável durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992) *através do mundo tem-se declarado em favor do desenvolvimento sustentável. O qual pode ser concebido como uma preferência expressa pela sociedade, o que abre a possibilidade de cálculo de padrões para o uso sustentável das funções ambientais* (i.e., usos possíveis do meio ambiente), *ao invés de se considerar padrões baseados em* (desconhecidas) *preferências individuais*”.

(ii) A segunda questão a ser considerada corresponde à necessidade de estabelecer-se valores monetários para as externalidades ambientais (i.e., “preços-sombra”), a fim de que possam ser incorporados à análise de B&C do empreendimento, em conjunção com os preços (que são, também, valores monetários) de mercado utilizados para determinar-se a rentabilidade privada do empreendimento. Esta tarefa não é evidente, por causa da intangibilidade, ao nível de valores monetários, de grande parte dos bens e serviços ambientais (paisagem, qualidade do ar, etc.). Hueting (op. cit.), trabalhando em sistemas agrícolas de países do Pacífico, propôs o seguinte procedimento: “*a) definir padrões físicos para as funções ambientais, baseados no seu uso sustentável; b) formular as medidas necessárias para implantar estes padrões; c) e, finalmente, estimar as quantidades de recursos financeiros envolvidos na implantação prática destas medidas*”. Em termos técnicos, isto significa que no familiar diagrama das curvas de Oferta (aqui a curva de oferta de qualidade ou de função ambiental, cuja construção depende exclusivamente dos custos financeiros envolvidos na implantação das medidas necessárias à manutenção do padrão de qualidade desejado) e de Demanda (aqui a curva da demanda por qualidade ou por função ambiental, a qual é desconhecida e praticamente impossível de construir, isso porque ela, em teoria, baseia-se nas preferências de cada um dos indivíduos de uma sociedade, cuja expressão prática é tecnicamente impossível de se reproduzir) para funções ambientais, nós temos de determinar um ponto sobre a abscissa que represente o padrão de sustentabilidade (i.e., um padrão físico expresso indiretamente pela sociedade quando da adoção coletiva, através de lei constitucional como no caso brasileiro, do desenvolvimento sustentável como forma de crescimento econômico). Uma perpendicular neste ponto interceptará a curva de Oferta; esta perpendicular substitui a (desconhecida) curva da Demanda. O ponto de intersecção indica o volume de atividades, medido em termos financeiros, envolvido para atingir-se o uso sustentável de uma determinada função ambiental.

O detalhamento operacional do método proposto será visto, a seguir, no item Estrutura Metodológica para a Integração dos Estudos.

## **Limites de Crescimento: o Conceito de Macroeconomia Ambiental**

Daly (1991) introduz o conceito de Macroeconomia Ambiental para discutir a questão da “ótima escala” de crescimento relativamente à capacidade de suporte do ecossistema total.

### **A macroeconomia ambiental de ótima escala**

Assim como a unidade da microeconomia (firma ou propriedade) opera como uma parte de um sistema maior (a economia agregada ou macroeconomia), a economia agregada é da mesma maneira uma parte de um sistema maior, o ecossistema natural. A macroeconomia é um subsistema aberto do ecossistema e é totalmente dependente dele, tanto como uma fonte de insumos, para o processo produtivo, de materiais brutos de baixa entropia que são extraídos; quanto como um depositário para os resíduos e rejeitos de alta entropia, resultantes do processo produtivo, que são inseridos. As trocas físicas através do limite entre o sistema ecológico total e o subsistema econômico constituem o objetivo de estudo da macroeconomia ambiental. Estes fluxos são considerados em termos de sua escala ou volume relativo ao ecossistema, não em termos do preço de um componente do fluxo total relativamente a um outro. Assim como a macroeconomia focaliza o volume de transações e não os preços relativos de diferentes itens negociados/comercializados, a macroeconomia ambiental focaliza o volume de trocas através do limite entre sistema e subsistema e não os preços e alocações de cada uma das partes do fluxo total dentro da economia humana.

O termo “escala” é uma abreviatura para a escala física ou tamanho da presença humana no ecossistema, conforme medida, por exemplo, pela população multiplicada ao uso de recursos per capita. A “alocação ótima” de uma dada escala de recursos disponíveis na economia é uma coisa (um problema microeconômico). A “ótima escala” de toda a economia relativamente ao ecossistema é um problema completamente diferente (um macro problema). Algo análogo à chamada “linha d’água” de um barco. Mesmo quando a “alocação” de peso dentro de um barco é a melhor possível, quando a água atinge a “linha d’água” diz-se que o barco alcançou sua “capacidade de suporte” segura (ou seja sua “ótima escala”).

O mercado funciona somente dentro do subsistema econômico, aonde ele faz somente uma coisa: ele resolve o problema da “alocação” provendo a informação e o incentivo necessários. O que ele não faz é resolver o problema de “ótima escala” e de “ótima distribuição”. A inabilidade do mercado para resolver o problema da “justa distribuição” é amplamente conhecido, mas sua similar inabilidade para resolver o problema da “ótima ou, mesmo, sustentável escala” não está ainda amplamente apreciado.

Um exemplo da confusão que pode resultar do reconhecimento da independência da “escala” relativamente à “alocação” é dado pelo seguinte dilema: quem exerce mais pressão sobre o meio ambiente, uma alta ou uma baixa taxa de desconto? A resposta usual é que uma alta taxa de desconto é pior para o ambiente porque ela acelera a taxa de depauperamento de recursos não-renováveis e diminui o volume e o período de reposição dos recursos renováveis. Ela transfere a alocação de capital e trabalho na direção de projetos

que exploram recursos naturais mais intensivamente mas ela restringe o número total de projetos empreendidos. Uma baixa taxa de desconto permitirá que mais projetos sejam empreendidos encorajando o uso menos intensivo de recursos para cada um dos projetos. O efeito da alocação de uma alta taxa de desconto é aumentar os fluxos, mas o efeito da escala é de menores fluxos. Qual efeito é mais forte é difícil de dizer, embora suspeita-se que a longo prazo o efeito da escala predominará. A resolução do dilema é reconhecer que dois diferentes objetivos (político e econômico) requerem dois diferentes instrumentos (político e econômico). Nós não podemos servir a ambas - a “ótima escala” e a “ótima alocação” - com o único instrumento da taxa de desconto (Tinbergen, 1952).

Os economistas têm reconhecido a independência dos objetivos de “alocação eficiente” e “distribuição justa” e, em geral, concordam que é melhor deixar os preços servir à eficiência e deixar que políticas de redistribuição de renda sirvam à equidade. Escala adequada é um terceiro, e independente, objetivo político-econômico e requer um terceiro instrumento. Apesar de ainda não ter sido aceito pelos economistas, sua lógica é paralela àquela da separação entre “alocação” e “distribuição”. Dando preços aos fatores de produção e distribuindo lucros o mercado exerce influência sobre a distribuição de rendas. No entanto, o critério do mercado para a distribuição de renda é o de prover um incentivo para a alocação eficiente, e não para atingir justiça. De qualquer maneira, as condições históricas da posse de propriedade são determinantes maiores da distribuição de renda e têm pouco a ver com eficiência e justiça. Estes dois valores podem conflitar, e o mercado não resolve automaticamente este conflito. Na realidade, são três e não dois os valores em conflito: **alocação (eficiência), distribuição (justiça) e escala (sustentabilidade)**.

A microeconomia, em sua demanda sobre a biosfera, ainda não descobriu no sistema de preços qualquer tendência embutida para crescer somente até a “ótima escala” de uso agregado de recursos (ou, mesmo, meramente sustentável).

A “ótima escala”, assim como a justiça distributiva, o pleno emprego ou a estabilidade nos níveis de preços, é um objetivo macroeconômico. E este é um objetivo que comumente conflita com os outros objetivos macroeconômicos. A tradicional solução para o desemprego é crescer em produção, o que significa uma maior escala. Frequentemente a solução para a inflação é pensada ser o crescimento em produção real e uma maior escala; e, ainda, para a justiça distributiva é sutilmente reivindicado que o crescimento agregado fará mais pelos pobres do que medidas redistributivas.

Os objetivos macroeconômicos convencionais tendem a conflitar e, certamente, a “ótima escala”, uma vez atingida, conflitará com qualquer objetivo que requeira mais crescimento.

## **Quão grande é a economia?**

No passado não era costume considerar a macroeconomia como um subsistema de um ecossistema maior. Como a economia humana era infinitesimal relativamente ao mundo natural, os recursos poderiam ser considerados infinitos e, portanto, não escassos. E, se eles não são escassos, eles são abstraídos da economia. Não havia necessidade de considerar o (eco)sistema maior já que ele não impunha escassez. Este ponto de vista era

razoável na sua época, mas não foi muito longe. Como Boulding (1966) disse, quando alguma coisa cresce ela fica maior! A economia tem ficado cada vez maior, mas o ecossistema não. Quão grande a economia tornou-se maior relativamente ao ecossistema?

Provavelmente, o melhor índice da escala da economia humana como uma parte da biosfera é a percentagem da apropriação humana da produção global gerada pela fotossíntese.

A produção primária líquida (“NPP = net primary production”) é a quantidade de energia solar absorvida na fotossíntese de produtores primários, menos a energia usada para seu próprio crescimento e reprodução. A NPP é um recurso alimentar básico para todos os seres que não são capazes de realizar fotossíntese. Vitousek, *et al.* (1986), considerando o uso direto pelo homem (alimento, combustível, fibras, madeira) mais a redução do potencial devido à degradação dos ecossistemas pelo homem (desmatamento, desertificação, pavimentação, e a conversão à sistemas menos produtivos, e.g. agrícolas), estima que 25% da NPP potencial global (terrestre e aquática) está sendo atualmente apropriada pelo homem. Considerando apenas a NPP terrestre, esta fração cresce para 40%. Tomando por base a estimativa global de 25%, fica aparente que duas dobras na população mundial podem fazer com que a escala humana atinja 100%. Este fato significa que zero energia restaria para todas as demais espécies de seres vivos e, como o homem não pode sobreviver sem os insumos dos ecossistemas (os quais são gerados por outras espécies), fica claro que duas ou mais dobras na escala humana é uma impossibilidade ecológica, embora aritmeticamente possível. A estimativa de 40% (NPP terrestre) é provavelmente mais relevante. Neste caso a apropriação da NPP pelo homem pode ocorrer um pouco mais que uma dobra na “escala” humana. Talvez seja teoricamente possível aumentar a capacidade fotossintética total, mas o rumo atual do crescimento econômico é, decididamente, em direção oposta. Assumindo um nível per capita constante para o consumo de recursos, o dobro da escala humana corresponderia ao dobro da população atual, o que ocorre, aproximadamente, em 40 anos. O crescimento econômico correntemente objetiva aumentar o consumo médio per capita dos recursos e reduzir as expectativas negativas de uma redução no tempo para a escala humana dobrar (expectativas implícitas nas taxas de crescimento da população). Efeito estufa, camada de ozônio, chuva ácida, e outros impactos, ainda passíveis, ou não, de comprovação, constituem um sinal (ou evidência para muitos) de que nós já alcançamos uma “linha d’água” prudente para a escala da macroeconomia.

## **A economia do “cowboy” e a economia do astronauta**

Se nós partirmos da visão do processo econômico como um subsistema aberto de um sistema total, fechado e finito, então é difícil de evitar a questão de quão grande o subsistema deveria ser relativamente ao sistema total. Como nós temos agido para evitar esta questão? De duas maneiras: primeiro, vendo o subsistema econômico como infinitesimalmente pequeno relativamente ao sistema total, de tal modo que “escala” torna-se irrelevante porque ela é negligenciável; segundo, vendo a economia como coextensiva com o sistema total. Se a economia inclui todas as coisas, então a questão de “escala” relativa ao sistema total não se impõe. Estes dois extremos constituem o que Boulding

chamou de “economia do cowboy” e “economia do astronauta”. O “cowboy” das planícies infundas vive de um fluxo linear da fonte ao uso, sem nenhuma necessidade de reciclar nada. O astronauta em sua pequena cápsula vive de escassos ciclos materiais e de retroalimentações imediatas, tudo sob o total controle subserviente para suas necessidades. Para o “cowboy”, “escala” é negligenciável; para o astronauta, a “escala” é total, i.e., não existe ambiente material para o qual a “escala” precise ser determinada, não há ecossistema, somente economia. Para cada um dessas duas maneiras extremas o único problema é a “alocação”. A “escala” é irrelevante. É somente entre estes dois extremos que a questão de “escala” não se mistura com “alocação”. E é aonde nós estamos. Entre a economia do “cowboy” e a economia do astronauta existe uma cadeia completa de maiores e menores “bull-in-the-China-shop economies” aonde “escala” é uma preocupação maior. Nós não somos “cowboys” porque a atual escala da economia está longe de ser negligenciável relativamente ao ambiente. Mas, também não somos astronautas, porque a maioria das transformações de matéria e energia do ecossistema não estão sujeitas ao controle humano, seja por preços ou por planejamento central. Em um sistema finito sujeito à conservação de massa, quanto mais é colocado sob nosso controle econômico, menos permanece sob o controle espontâneo da natureza. Quando nossas retiradas e inserções de matéria e energia no ecossistema aumentam em escala, a mudança qualitativa induzida no ecossistema também precisa aumentar, por duas razões. A primeira é a primeira lei da termodinâmica (conservação de matéria e energia). A retirada ou a inserção de matéria e energia do ou no ecossistema desfaz o funcionamento deste sistema. Sua mera ausência tem um efeito. A segunda razão é a segunda lei da termodinâmica a qual garante que a matéria e energia extraída é qualitativamente diferente daquela inserida. Materiais brutos de baixa entropia são extraídos, e rejeitos de alta entropia são inseridos. Esta degradação qualitativa dos fluxos de matéria e energia, acompanhada do deslocamento quantitativo dos mesmos, induz mudanças no ecossistema as quais são novas e surpreendentes para nós, porque nosso sistema de informação e controle (preços) assume que não há escassez (interrupção) das fontes e funções ambientais. Cálculos econômicos estão próximos de serem atropelados pelas novas, incertas e surpreendentes respostas de um ecossistema que está excessivamente estressado por ter de suportar o enorme subsistema econômico (Perrings, 1987).

Que tamanho deveria ter o subsistema econômico relativamente ao ecossistema total? Certamente isso, a questão da “ótima escala”, é a questão maior para a macroeconomia ambiental. Mas, tendo em vista que ela é uma questão difícil, e que nós não podemos voltar à “economia do cowboy”, nós adquirimos a tendência de querer catapultar todo o caminho em direção à “economia do astronauta” e tomar o controle total da astronave terra.

“Gerenciamento planetário” implica em que o planeta é que está errado, e não excessos populacionais, avarice, arrogância, ignorância, estupidez e maldade. Nós precisamos manejar a nós mesmos mais do que ao planeta. Nossa manifesta inabilidade para planos centralizados de economia deveria inspirar mais humildade entre os “gerenciadores planetários” que desejam planos centralizados para o ecossistema total. Humildade minimizaria a necessidade de “gerenciamento planetário” ao considerar uma escala humana suficientemente baixa para não desfazer o funcionamento automático de nossos

sistemas de suporte. A “mão invisível” do mercado, apesar de eficiente para “alocação”, é inábil para estabelecer limites para a “escala” da macroeconomia. Nossa limitada capacidade de manejo deveria ser devotada para institucionalizar uma “linha d’água” econômica que limite a macroeconomia à uma “escala” tal que se possa agir em ambos os domínios extensivamente. É irônico que muitos defensores do livre mercado, que não colocam qualquer limite para a escala da economia de mercado (e, portanto, para o crescimento das externalidades), estão tornando mais e mais inevitável o planejamento centralizado que eles opõem. Pior mesmo é a sua celebração do aumento do PIB que acontece quando, formalmente, bens livres tornam-se escassos e recebem um preço. Para “alocação” é necessário que bens novamente escassos não continuem a ter um preço “zero” porque, em caso contrário, não haveria disputa por eles. O aumento da renda nacional e da riqueza, que acontece quando bens livres tornam-se escassos, é mais um indicador de custo do que de benefício, conforme reconhecido por Lauderdale (1819) *apud* Bellia (1996).

### **Uma anomalia gritante**

“Ótima escala” de uma única atividade (microeconomia) não é um conceito estranho aos economistas. Uma atividade é identificada, seja ela produzindo sapatos ou consumindo sorvetes, e uma função de custos e outra de benefícios para a atividade em questão são definidas. Boas razões existem para estabelecer-se que, quando a escala da atividade cresce, os custos marginais aumentam e os benefícios marginais diminuem. O conselho dos microeconomistas é para expandir-se a escala da atividade em questão até o ponto aonde os custos marginais tornam-se iguais aos benefícios marginais. Esta condição define a ótima escala em microeconomia. Toda a microeconomia é uma variação sobre este tema.

No entanto, quando nos deslocamos para a macroeconomia, nós nunca pensamos em “ótima escala”. Aparentemente, não existe uma “ótima escala” para a macroeconomia. Não existem funções de custos e benefícios definidas para o crescimento em escala da economia como um todo. Não interessa quantas pessoas existem, ou quanto cada uma consome, ou quanto as proporções e preços relativos estão certos. Mas, se toda atividade microeconômica possui uma “ótima escala”, então por quê a agregação de todas as micro atividades não tem uma ótima escala? A razão é que a constrição sobre uma atividade qualquer é a fixação de todas as outras e que, quando todas as atividades econômicas crescem, as restrições são canceladas. Então, nós poderíamos convidar os economistas a aumentar a “escala” do ciclo do carbono e do ciclo hidrológico, proporcionalmente ao crescimento da indústria e da agricultura. Nós admitimos que, se o ecossistema pode crescer indefinidamente, então a economia agregada também pode. Mas, até que a superfície da terra cresça a taxas iguais às taxas de juros, nós não devemos considerar seriamente esta pergunta.

A total ausência, na macroeconomia, dos mais básicos conceitos de microeconomia é uma anomalia gritante. O que é válido para uma parte não é necessariamente válido para o todo, mas pode ser, e usualmente é, desde que haja uma identidade agregada ou um auto cancelamento do retorno do trabalho. Como nos exemplos clássicos dos

espectadores de pé na arquibancada para obter uma melhor visão do jogo, cada um cancelando a melhor visão do outro; ou, na observação de que enquanto as exportações de um único país podem ser maiores do que suas importações, a agregação de todas as exportações do mundo não pode ser maior do que a agregação de todas as importações. Mas, que analogias são estas que aceitam que toda atividade econômica tenha uma “ótima escala” enquanto a economia agregada permanece indiferente à “escala”? A indiferença da macroeconomia com a “escala” é devida à visão préanalítica da economia como um sistema isolado.

Quando uma economia cresce, ela aumenta em escala. A escala tem um limite máximo definido ou pela capacidade regenerativa ou pela capacidade de absorção do ecossistema, de preferência a menor. No entanto, a “máxima escala” não costuma ser a “ótima escala”. Dois conceitos de “ótima escala” podem ser distinguidos.

(i) O ótimo antropocêntrico. A regra é para expandir a “escala”, i.e., o crescimento, até o ponto no qual o benefício marginal, para os seres humanos, do capital físico gerado pelo próprio homem, seja igual ao custo marginal, para os seres humanos, do capital natural sacrificado. Todas as espécies não humanas, e seus habitats, são valoradas somente instrumentalmente de acordo com a sua capacidade em satisfazer as vontades humanas. Seu valor intrínseco é assumido ser “zero”.

(ii) O ótimo biocêntrico. Outras espécies, e seus habitats, são preservados além do ponto necessário para evitar o colapso ecológico ou o declínio cumulativo, e além do ponto de máxima conveniência instrumental, i.e., reconhecendo que outras espécies tem um valor intrínseco independente de seu valor instrumental para os seres humanos. A ótima escala biocêntrica do homem poderia, portanto, ser menor do que o ótimo antropocêntrico.

A definição de desenvolvimento sustentável não especifica qual conceito de “ótima escala” usar. Ela é consistente com qualquer “escala” que não esteja acima do máximo. A sustentabilidade é, provavelmente, a característica de “ótima escala” em relação a qual há maior consenso. Ela é uma condição necessária, mas não suficiente, para “ótima escala”.

## **Capacidade de suporte como uma ferramenta da macroeconomia ambiental**

Muitos resistem à aplicação do conceito de capacidade de suporte aos seres humanos. Certamente o conceito é mais fácil de aplicar aos animais do que aos homens. Para os animais, a capacidade de suporte pode ser considerada quase inteiramente em termos de população. Isto acontece porque o consumo per capita de recursos pelos animais é constante, tanto no tempo (animais não experimentam desenvolvimento econômico), quanto para todos os indivíduos de uma mesma espécie (animais não têm classes sociais ricas e pobres). Este último ponto não quer dizer que os animais sejam igualitários. Claramente existem dominâncias hierárquicas e territoriais. Mas, estas iniquidades são principalmente relacionadas à reprodução, e não à grandes diferenças no consumo per capita. Também para os animais, a tecnologia é, para todos os fins práticos,

uma constante genética, enquanto para o homem é uma variável cultural. Para os seres humanos, nós não podemos falar em capacidade de suporte somente em termos de população, mas precisamos especificar algum nível médio de consumo per capita (“padrão de vida”), algum grau de iniquidade na distribuição dos níveis individuais de consumo em torno deste nível médio, e algum nível ou faixa tecnológica. Especulações otimistas a respeito de inimagináveis tecnologias para daqui um século podem vir a se tornar verdadeiras, mas isso não muda o impasse colocado para o próximo dobramento da população humana. Por exemplo, conflitos pela posse da terra tornam-se violentos. Em muitos países o estágio atual de apropriação dos recursos aponta para grandes e caros programas de assentamento do tipo testemunhado por Rondônia. A probabilidade de falhas devido à razões ecológicas é muito alta. Politicamente, as vantagens destes programas consistem, entre outras, em minimizar sérios conflitos existentes em outras regiões, em adiar o problema do controle da população (ou num primeiro instante, em países de grandes áreas, a sua distribuição espacial), em manter temporariamente a miragem de progresso e otimismo, e em oferecer um grande projeto nacional para galvanizar o apoio popular. Contra tais vantagens políticas, estimativas realistas da capacidade de suporte, no tempo necessário para atingir-se a próxima geração, podem não ser muito persuasivas. Mas, tal estudo, é uma pré-condição para qualquer plano realista. Nada é mais deseconômico do que desperdiçar recursos na perseguição de um objetivo impossível.

## **Implicações políticas da macroeconomia ambiental**

A “ótima escala” não é bem conhecida atualmente mas, no mínimo, uma característica sua é conhecida: a “ótima escala” precisa ser sustentável. Então, nossa atenção naturalmente é focalizada em como limitar a escala a um nível sustentável? Provavelmente dando à discussão de “desenvolvimento sustentável” um pouco mais de um fundamento teórico do que ele tem tido até o presente. A partir disso, nós podemos começar a investigar princípios operacionais de sustentabilidade e de macroeconomia ambiental, tais como os que seguem.

(i) O princípio fundamental é limitar a escala humana (fluxos de materiais, energia, etc.) a um nível tal que, se não ótimo, esteja no mínimo dentro da capacidade de suporte e, portanto, seja sustentável. Uma vez que a capacidade de suporte tenha sido definida, torna-se necessário referenciar-se um “padrão de vida” (nível de consumo de recursos per capita). Desenvolvimento sustentável precisa tratar com suficiência assim como com eficiência, e não pode evitar um limite de escala. Uma “ótima escala” (no sentido antropocêntrico) deveria ser uma na qual os custos marginais de expansão a longo prazo sejam iguais aos benefícios marginais de expansão a longo prazo. Até que nós consigamos desenvolver medidas operacionais de custo e benefício de expansão de “escala”, a idéia de “ótima escala” permanecerá um formalismo teórico, mas muito importante. Os princípios a seguir objetivam traduzir esta limitação geral de nível macro em regras de nível micro.

(ii) O progresso tecnológico para atingir o desenvolvimento sustentável deveria dar preferência ao aumento da eficiência (e.g. produtividade) ao invés do aumento nos fluxos. Limitando a escala de fluxos de recursos (aumentando o preço dos recursos)

poder-se-ia induzir este incremento tecnológico. Ambos os grupos, dos otimistas e dos pessimistas, deveriam concordar com uma política de alto preço dos recursos: os pessimistas no sentido de limitar o crescimento dos fluxos e, conseqüentemente, do estresse ambiental; os otimistas no sentido de prover incentivos para o desenvolvimento de tecnologias de alta eficiência, nas quais eles têm muita fé.

(iii) Recursos renováveis, tanto como fontes quanto como repositórios, deveriam ser explorados em bases de máximo aproveitamento para produção sustentada, não direcionada para o esgotamento (i.e., desconsiderando a “ditadura” da maximização do valor presente), ainda que eles se tornem mais importantes como não-renováveis. Especificamente estes aspectos estabelecem que: as velocidades de apropriação de recursos não deveriam exceder às velocidades de sua regeneração; e, as emissões de dejetos, efluentes, etc., não deveriam exceder a capacidade assimilativa renovável do ambiente.

(iv) Recursos não-renováveis deveriam ser explorados à uma taxa igual à criação de substitutos renováveis. Conforme dito na Introdução deste capítulo, conservar o estoque de capital natural (EKN) é uma condição de sustentabilidade muito comumente expressa por autores ambientalistas, apesar das advertências da atual impossibilidade de fazê-lo com alguns dos recursos, tais como com os bens geológicos (não renováveis), em função da tecnologia disponível (Daly, 1989). Receitas oriundas da exploração de recursos não-renováveis deveriam ser divididas em uma componente de rendas e uma componente de capital. Esta divisão seria feita de tal modo que, quando do esgotamento do recurso não-renovável, um novo ativo renovável teria sido implementado pelos investimentos anuais da componente capital. Isto é, a exaustão de um recurso não-renovável, e.g. o carvão, deve ser compensada por outros investimentos que, quando da exaustão, gerem a mesma receita líquida (El Serafy, 1989 & 1991). Isto permitiria que o conceito de sustentabilidade fosse ampliado, estabelecendo-se o requisito de que o estoque de capital total - EK (estoque de capital total) = EKM (estoque de capital feito pelo homem) + EKN (estoque de capital natural)- seja crescente ou, no mínimo, constante ao longo do tempo.

Uma sociedade somente será progressiva (como sinônimo de desenvolvimento) se ela poupar parte de suas rendas para a reposição do capital desgastado na produção e, ainda, fazê-lo crescer com o investimento da parte da parcela poupada. A sociedade estacionária é aquela que poupa exclusivamente o suficiente para repor o capital desgastado (cobertura da depreciação), e a regressiva é aquela cuja poupança é insuficiente até mesmo para repor o que se desgastou com a produção.

Talvez existam outros princípios para o “desenvolvimento sustentável” (tais como aqueles “éticos” citados e discutidos anteriormente) e, certamente, aqueles listados acima necessitam ser refinados, clarificados, e tornados mais consistentes entre os níveis macro e micro. Mas estes quatro são um bom ponto de partida operacional e um desafio político suficiente para a atualidade. As sociedades que aspiram ao “desenvolvimento sustentável” (e.g. a brasileira que expressa esse desejo em sua constituição) serão capazes de operacionalizar este conceito, que envolve tais princípios “radicais” e que se seguem tão logicamente? Ou elas, ao invés de enfrentar o problema de limite de escala (e.g. limites do consumo *per capita* de recursos naturais) requerido para se viver de “renda real” (e.g. renda medida menos os custos da degradação ambiental), se voltarão ao mito

cornucopiano do “crescimento ilimitado”, recristianizado de “crescimento sustentável”. É mais fácil inventar péssimos jogos de palavras do que desenvolver uma macroeconomia ambiental da sustentabilidade.

## **Passos já dados em macroeconomia ambiental: a questão de uma contabilidade para a natureza**

A contabilidade das rendas nacionais (PIB, PNB, etc...) é uma parte da macroeconomia, e tem havido um esforço no sentido de corrigir a contabilidade de rendas incluindo nela o consumo de capital natural. Também, os custos de controle ambiental que nas contabilidades tradicionais são tratados como consumo final, têm recebido um tratamento de custos intermediários de produção de um determinado produto ou “commodity”, (Huetting, 1980; Leipert, 1986; Repetto, 1987; Ahmad *et al.*, 1989).

Os “contabilistas” tradicionais das rendas nacionais não têm exatamente estado na linha de frente do esforço para corrigir estas questões, e pode-se mesmo dizer que estão afundando seus pés nelas. Entretanto, a tentativa, conservadoramente motivada e impecavelmente ortodoxa, de realizar uma estreita aproximação da verdadeira “renda Hicksiana” (máximo disponível para consumo sem consumir o estoque de capital), certamente fará deste esforço uma fundação importante para a macroeconomia ambiental. Hicks (1946): “*a finalidade dos cálculos de renda em trabalhos práticos é fornecer à população uma indicação do montante que ela pode consumir sem empobrecer-se... é servir de guia para uma conduta prudente...*”.

A análise inter-indústria (“input-output”) é também uma ferramenta útil que pode ser creditada à macroeconomia devido à sua relação com as contas nacionais. Certamente, esta análise é extremamente importante para elucidar as necessidades (diretas e indiretas) de materiais, e especialmente energia, que precisam ser extraídas do ambiente para aumentar a produção de qualquer componente da economia.

## **ESTRUTURA METODOLÓGICA PARA A INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS**

### **Introdução**

Vimos que o “desenvolvimento sustentado” tem a sua abordagem operacional (teórica e prática) essencialmente no âmbito do que se convencionou chamar Economia Ambiental ou Ecológica (Costanza, 1991); e que, portanto, uma abordagem (socio)econômico-ambiental para a integração dos estudos, justifica-se porque atende, operacionalmente aos cinco níveis dos “desejos” expressos pelos Objetivos Gerais do Projeto. Ainda, a inclusão, em nossos título e texto, do termo (SOCIO) é para salientar que, como veremos, no método de integração proposto, a avaliação social - em conjunção com as avaliações ecológica e econômica - forma a base da análise do mérito e da sustentabilidade de diagnósticos, planos, programas, projetos, etc., voltados ao desenvolvimento.

Em seguida, no item Inserção da Componente Ambiental no Processo de Desenvolvimento nós discutimos as bases teóricas da estrutura metodológica, i.e., nós justificamos as práticas a serem utilizadas na estrutura metodológica, a ser aqui proposta e testada (na abordagem de integração dos estudos), para a operacionalização do conceito de “desenvolvimento sustentável”, através de uma estratégia visando a “inserção da componente ambiental no processo de desenvolvimento”. Esperamos ter ficado claro que há muito na moderna economia que está em acordo com o pensamento ambiental, e que é necessário refletir, nas medidas da contabilidade nacional (e regional, municipal, etc.), as variações causadas nos estoques de recursos naturais pela atividade econômica. Isto é, uma correção da renda a todos os níveis (nacional, estadual, etc.) para as perdas ambientais é altamente recomendável, desde que fique claro na apresentação dos resultados, que isto não constitui-se num completo indicador do bem-estar da sociedade ao longo do tempo.

Neste item, tendo em vista que o “desejo” de “instrumentalizar ações integradas no uso sustentado do espaço e fundamentar alternativas de decisão política de gerência ambiental”, expresso nos Objetivos Gerais do presente projeto, é essencialmente prático (i.e., operacional), a estrutura metodológica aqui desenvolvida e utilizada (testada) para a integração dos estudos, baseia-se na idéia da realização de uma contabilidade que considere as perdas (custos) e ganhos (benefícios) ambientais, devidos à **MINERAÇÃO DO CARVÃO**, na área do estudo.

É difícil colocar em prática o conceito de desenvolvimento integrado sem uma ferramenta para facilitar a distribuição de investimentos entre as várias áreas do ambiente ou identificar previamente os pagadores e beneficiários das políticas consideradas. A contabilidade dos recursos naturais pode atuar como um catalisador para estruturar políticas ambientais. Ela pode ter o mesmo papel de iniciador ou indutor que os estudos de impactos tem em um projeto individual.

Os **objetivos da estrutura metodológica aqui desenvolvida**, além de testá-la como uma abordagem para a integração de estudos multidisciplinares visando a noção de “desenvolvimento sustentável”, são os seguintes:

- sugerir informações (sócio-econômico-ambientais, no caso presente) as quais deveriam ser consideradas quando contabilidades, a todos os níveis (nacional, regional, estadual, municipal e, mesmo, com as devidas adaptações, projetos individuais), são publicadas, a fim de evitar interpretações errôneas das variações no nível da renda (i.e., na avaliação do crescimento econômico) por políticos, técnicos, empresários e o público em geral;

- examinar se é possível corrigir estas rendas para as perdas ambientais, tanto para os RN não-renováveis (no caso a mineração de carvão), quanto RN renováveis (afetados pela mineração do carvão, no caso presente). Propondo, para tanto, uma maneira prática e defensável para o problema da construção de “preços-sombra” para as funções (usos) ambientais, que sejam diretamente comparáveis aos preços de mercado dos bens e serviços produzidos pelo homem;

- estimar o conteúdo de “renda verdadeira” dos lucros auferidos com a venda de recursos minerais (carvão, no caso presente), considerando a exaustão de um bem natural que não é renovável;

- fornecer subsídios para a análise do mérito e da sustentabilidade da utilização do carvão na área do estudo, através da avaliação das suas componentes ecológica, social e econômica.

## Estrutura Metodológica

Theys (1989): “*Não causa surpresa que as propostas para realização de contabilidade ambiental sejam variadas. Esta heterogeneidade simplesmente reflete variados conceitos políticos, estruturas institucionais... Ela também indica a dificuldade de achar-se um consenso sobre uma estrutura teórica que poderia apresentar claramente a complexa relação entre a economia e o meio ambiente. Portanto, é preferível usar-se uma análise baseada em uma estrutura contábil simplificada considerando caso a caso*”.

Conforme o exposto no item Uma contabilidade para (que inclua) a natureza, o ajuste na contabilidade das rendas deve ser feito *gradualmente*, um RN de cada vez (e.g. exaustão de depósitos de minério, qualidade das águas, pesca, florestas, etc.), e *adicionalmente* a medida que nossas metodologias vão se firmando e as bases físicas de nossos cálculos melhoram.

Portanto, a estrutura metodológica aqui proposta objetiva a análise da **ATIVIDADE MINERAÇÃO DO CARVÃO** e da sua inserção na contabilidade da renda para a área do estudo, integrando elementos de avaliação ecológica, social e econômica. Os demais RN (água, solo, etc.) serão aqui abordados como compartimentos ambientais substratos dos impactos (externalidades) gerados por esta mineração.

A partir do exposto, esperamos ter ficado claro que para um ajuste completo da contabilidade na área do estudo (i.e., PIB municipal no presente caso), é necessário que o método proposto seja aplicado às outras atividades específicas na área do estudo (e.g. termelétricas e agricultura). Após isso feito poderíamos integrar os resultados e realizar uma completa correção dos PIB municipais. Nosso interesse aqui é o de desenvolver e testar o método somente para a **MINERAÇÃO DO CARVÃO**.

A Figura 1 apresenta o fluxograma da estrutura metodológica aqui proposta.

A seguir passaremos a discutir os termos (elementos) considerados no fluxograma da Figura 1.

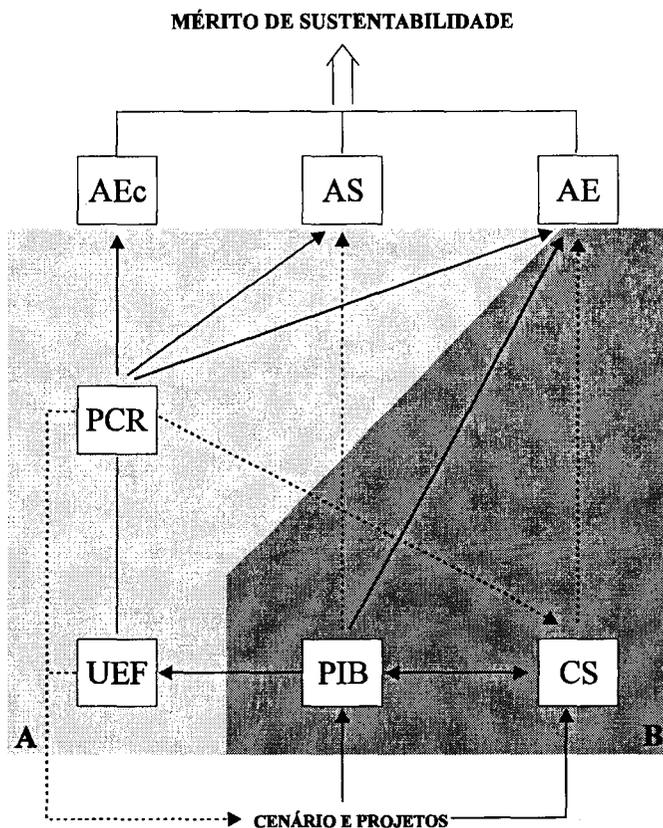
### a) Os termos-foco do fluxograma.

Primeiramente, a divisão do fluxograma em duas porções ou campos (cores) não é apenas por mero formalismo. As estratégias em que se baseia a operação dos diferentes termos incluídos em cada campo, têm naturezas distintas.

A letra “A”, associada ao campo na cor verde, identifica a esfera de influência de elementos cuja operação se dá, predominantemente, no âmbito da “microeconomia”, i.e., na esfera da análise de bens e impactos considerados individualmente.

A letra “B”, campo na cor rosa, identifica a esfera de influência de elementos cuja operação, se dá, predominantemente, no âmbito da “macroeconomia”, i.e., na esfera da análise de bens e impactos considerados de maneira agregada, reunidos em função de características uniformes.

Os termos externos aos dois campos “A” e “B”, aqui denominados de ter-



**Figura 1.** Estrutura metodológica para a integração dos estudos. CS = Contas-Satélite; PIB = Produto Interno Bruto; UEF = Usos, Estoques e Fluxos; PCR = estrutura Pressão-Condicionamento-Resposta; AEc = Avaliação Ecológica; AS = Avaliação Social; AE = Avaliação Econômica.

mos-foco, por terem sua determinação inteiramente dependente tanto dos termos do campo predominantemente microeconômico, quanto do campo macroeconômico do fluxograma, obviamente refletem as duas características em sua análise operacional.

(i) Cenários e Projetos.

A estrutura metodológica pode satisfazer a necessidade, tanto de uma análise histórica evolutiva da apropriação de um RN - no caso presente o carvão -, quanto do diagnóstico de sua situação atual ou, ainda, a análise prognóstica de sua apropriação futura, visando a análise de **Cenários e Projetos** para esta apropriação. Em geral, estas três finalidades são consideradas sequencialmente ou, mesmo, "*pari passu*". Os Cenários de apropriação de um RN, podem estar associados a projetos individuais, a planos para desenvolvimento, municipal, regional, nacional, etc.

(ii) Avaliações ecológica, social e econômica de cenários e projetos.

Os termos **AEC** (Avaliação Ecológica), **AS** (Avaliação Social) e **AE** (Avaliação Econômica), constituem a base para a avaliação do **Mérito** e da **Sustentabilidade**, do Cenário considerado. Para a sua consecução, como veremos, serão usados indicadores propostos tanto no campo “A” (“microeconômico”), quanto no campo “B” dos elementos “macroeconômicos”.

(iii) Avaliação do mérito e da sustentabilidade de cenários e projetos.

- Mérito de cenários e projetos.

Evidentemente, a avaliação do mérito de cenários e projetos é antecedida por outras atividades “tradicionais” na avaliação de projetos, planos, programas, etc., entre elas as análises de solidez (i.e., teste preliminar para determinar se o cenário ou projeto apresenta-se completo em todas as suas etapas e anexos, sem erros fundamentais e com coerência entre as conclusões de cada uma das suas etapas) e de consistência (i.e., entre outros: analisar a correção da metodologia utilizada durante a elaboração; determinar a credibilidade das fontes e dos dados utilizados; testar cuidadosamente o tratamento operacional utilizado; determinar se o cenário ou projeto é todo consistente entre as suas várias etapas). A avaliação do mérito tem por finalidade determinar se um cenário ou projeto, cuja consistência já foi comprovada, deve ser executado por seus responsáveis. O mérito é função de uma análise em que se determinam relações entre os benefícios gerados e os custos imputados, e as possibilidades alternativas de obter melhores resultados, com estes mesmos custos, em outros cenários do mesmo projeto, plano, programa, etc., ou em outros projetos, planos ou programas.

Os verdadeiros benefícios e custos do cenário ou projeto dependem do ponto de vista em que se situa o avaliador. Se o avaliador trabalha para uma empresa, o resultado do cenário ou projeto são os lucros que ele possa gerar em cada ano da sua vida útil e os gastos são os investimentos que a empresa deve realizar para gerar esses lucros. Entretanto, se o avaliador se situa do ponto de vista da coletividade, trabalhando para o governo p.ex., o conceito de resultado muda e é necessário observar também se o projeto ou cenário gera ocupação, poupança de divisas, emprego de recursos locais, se é sustentável ambientalmente, etc. Isto é, além de uma avaliação financeira (privada ou de rentabilidade privada), deve-se considerar uma avaliação econômica, ou melhor, social-econômica-ambiental ou do mérito do projeto ou cenário para a coletividade.

- Sustentabilidade de cenários e projetos.

A noção de sustentabilidade aqui requerida é aquela expressa por Daly (1991) e desenvolvida no item Limites de crescimento: o conceito de macroeconomia ambiental. Ela refere-se à análise dos limites de “escala” para o crescimento da economia.

Conforme dito, o termo “escala” é uma abreviatura para a escala física ou tamanho da presença humana no ecossistema, conforme medida, por exemplo, pela população multiplicada ao uso de recursos per capita. A “alocação ótima” de uma dada escala de recursos disponíveis na economia é uma coisa (um problema microeconomi-

co). A “ótima escala” de toda a economia relativamente ao ecossistema é um problema completamente diferente (um macro problema). Algo análogo à chamada “linha d’água” de um barco. Mesmo quando a “alocação” de peso dentro de um barco é a melhor possível, quando a água atinge a “linha d’água” diz-se que o barco alcançou sua “capacidade de suporte” segura (ou seja sua “ótima escala”).

Portanto, mesmo que todos os projetos em uma determinada região sejam “ambientalizados”, é necessário, também, atentar para a capacidade de suporte dos ecossistemas. Por exemplo, a poluição residual resulta do fato das medidas técnicas, frequentemente, não resolverem realmente problemas ambientais, porque o crescimento de uma atividade supera o efeito destas medidas; ou, porque, devido às persistência e cumulatividade da pressão (e.g. poluição) sobre o MA, estas medidas somente reduzem a velocidade de deterioração. O Relatório Brundtland (ONU - Nosso Futuro Comum, 1988) diz que *“perseguindo o objetivo do desenvolvimento, no passado, nos preocupamos com os impactos do crescimento econômico sobre o MA. Agora temos que nos preocupar com os impactos do desgaste ecológico sobre nossas perspectivas econômicas”*.

A questão do financiamento para as medidas de controle ambiental também é importante do ponto de vista da sustentabilidade. No item Política econômica e crescimento da produção, foi dito que a noção de que a produção deveria aumentar, a fim de criar o suporte financeiro necessário à conservação do MA é amplamente disseminada, e altamente popular, nas políticas econômica e ambiental oficiais. Esta proposição é discutível, porque a deterioração ambiental é, em grande extensão, precisamente uma consequência do crescimento da produção. Mesmo nos países desenvolvidos o crescimento da produção atingido é, essencialmente, devido ao crescimento em produtividade mas, mesmo assim, tem exigido a perda de escassos bens ambientais e, esta perda, não tem sido levada em conta. Ainda, prevenir a poluição, a degradação e a exaustão dos RN, *via* taxações e regulações, significa que, tendo em vista as limitações das tecnologias existentes, mais trabalho é requerido para a produção de uma dada quantidade de bens. Isto reduz o labor da produtividade e, conseqüentemente, coloca em xeque o crescimento da produção.

#### **b) Os termos microeconômicos.**

Conforme dito acima, a letra “A”, associada ao campo na cor verde, identifica a esfera de influência de elementos cuja operação se dá, predominantemente, no âmbito da “microeconomia”, i.e., na esfera da análise de bens e impactos considerados individualmente.

##### **(i) O termo UEF.**

O termo UEF refere-se à identificação dos Usos, à quantificação dos Estoques e à avaliação dos Fluxos de apropriação de um determinado RN, no caso presente o carvão. O Uso do carvão na área do estudo é essencialmente para fins energéticos (insumo para termelétricas do Rio Grande do Sul); a quantificação dos Estoques de carvão refere-se essencialmente às estimativas oficiais disponíveis das suas reservas; e, a avaliação dos Fluxos de apropriação do carvão refere-se à sua produção média anual.

(ii) O termo **PCR**.

O termo **PCR** refere-se: às identificação e caracterização das **Pressões** (impactos ou externalidades ambientais) geradas pela apropriação de um dado RN sobre ele próprio, e sobre os diferentes compartimentos ambientais (ou outros RN), considerados individualmente; às mudanças no **Condicionamento** (qualidade e/ou quantidade), geradas por esta apropriação, sobre ele próprio, e sobre os diferentes compartimentos ambientais (ou outros RN), considerados individualmente; e, às **Respostas** (i.e., ações, decisões, alocações recursos humanos, materiais e financeiros, etc.) da sociedade à estas Pressões e mudanças no Condicionamento. Por representar, como veremos, uma estrutura operacional complexa, o termo PCR será discutido em detalhe, a seguir.

**c) Elementos macroeconômicos.**

Conforme dito acima, a letra “B”, campo na cor rosa, identifica a esfera de influência de elementos cuja operação, se dá, predominantemente, no âmbito da “macroeconomia”, i.e., na esfera da análise de bens e impactos considerados de maneira agregada, reunidos em função de características uniformes.

Neste campo situam-se, basicamente, o **PIB** (Produto Interno Bruto) da área em estudo, calculado de maneira tradicional, e as **CS** (Contas-Satélite) as quais, cf. item Uma contabilidade para (que inclua) a natureza, são estruturas auxiliares que visam incluir elementos “desejáveis” que o PIB omite e excluir os “indesejáveis” que ele inclui. Estes termos serão discutidos, a seguir, neste item.

**3.3. PIB (Produto Interno Bruto).**

Um dos principais objetivos da teoria econômica é explicar a economia como um todo, identificando e, quando possível, medindo as forças que determinam a produção total e o nível de emprego das comunidades (municipais, nacionais, etc.), bem como de segmentos representativos de atividades econômicas (agricultura, indústria, etc.). Evidentemente, esta é uma tarefa complexa, pois a produção inclui centenas de milhares de produtos (bens e serviços), sobre cujos processos de produção e uso incidem decisões emanadas de centenas de milhões de pessoas. Para tornar a tarefa possível, é necessário simplificar o problema através da agregação, ou seja, reunindo as características uniformes de indivíduos e empresas, selecionando-os de modo a reduzir o número de variáveis. As análises efetuadas desta forma têm o nome genérico de macroeconomia.

A Tabela 10.1 mostra diferentes indicadores (agregados) calculados em sistemas de contas nacionais, estaduais, municipais, etc.

Tabela 10.1.

Indicadores calculados em sistemas de contas nacionais, estaduais, municipais, etc. e os itens que compõem cada indicador. PIB (Produto Interno Bruto), PIL (Produto Interno Líquido), PNB (Produto Nacional Bruto), PNL (Produto Nacional Líquido). Os sinais positivos e negativos indicam quando os itens componentes são somados e quando são subtraídos.

ITENS	PIB	PIL	PNB	PNL
Valor dos bens e serviços produzidos	+ sim	+ sim	+ sim	+ sim
Impostos	- sim	- sim	- sim	- sim
Subsídios	+ sim	+ sim	+ sim	+ sim
Depreciação	não	- sim	não	- sim
Rendas obtidas no exterior	não	não	+ sim	+ sim
Rendas pagas ao exterior	não	não	- sim	- sim

A inserção da variável ambiental (para correção dos) nos PIB's municipais calculados para a área do estudo é um dos principais produtos indicados nos objetivos da estrutura metodológica proposta. Esta correção envolve o conceito de Depreciação de certas formas de capital (e.g., plantas industriais e maquinaria), que deve ser estendida para incluir a Depreciação do Capital Natural (DCN), Peskin (1991). Como veremos a seguir, se nós corrigirmos o PIB, descontando as depreciações correntemente feitas, nós obteremos o PIL, cf. Tabela 10.1. Mas, se a esta correção nós incluímos a DCN e o Custo das Medidas de Proteção Ambiental (CMP), nós obteremos, partindo do conceito de Daly (1989), um Produto Interno Líquido Socialmente Sustentável (PILSS), o qual corresponde ao Produto Interno Líquido (PIL), menos os Custos das Medidas de Proteção (CMP), e menos a Depreciação do Capital Natural (DCN). As razões para isso são as que seguem.

Para realizarmos uma estreita aproximação da verdadeira "renda Hicksiana" (máximo disponível para consumo sem consumir o estoque de capital, nós não podemos consumir todo o PIB sem correr o risco de empobrecimento, por isso subtraímos a parcela referente à depreciação (e.g. de máquinas, equipamentos, obras de infraestrutura) para calcular o PIL (cf. Tabela 10.1), como é usual, se nos ativermos às rendas disponíveis segundo o conceito de Hicks.

Nós podemos, então, consumir todo o PIL, ano após ano, sem nos empobrecer? Não, porque a produção referente ao PIL requer atividades de suporte (i.e., vinculadas à apropriação de RN, no caso presente) que não são biofisicamente sustentáveis e,

portanto, por não considerar os custos associados à estas atividades de suporte, a mensuração do PIL superestima o produto líquido consumível. Conseqüentemente, o incremento do PIL é um indicador falso para ser um guia da condução prudente para a sociedade (Daly, 1989). Repetindo Hicks (1946), “*a finalidade dos cálculos de renda em trabalhos práticos é fornecer à população uma indicação do montante que ela pode consumir sem empobrecer-se... é servir de guia para uma conduta prudente...*”.

El Serafy (1989), neste mesmo sentido, adverte que numa comunidade que vive em grande parte da exploração de RN, quando a bonança (de preços) cessa e/ou os RN se mostram exauridos (ou substituíveis tecnologicamente por outros materiais ou fontes de energia), o padrão de vida cai e surgem pressões intoleráveis no balanço externo. A nação (e.g. Venezuela) se vê frente a uma altíssima dívida externa que foi contratada nos anos prósperos, quando superestimavam sua capacidade de pagar.

Dois ajustes seriam necessários para aproximar o PIL do conceito de Hicks.

(i) O primeiro, estender o princípio da depreciação para cobrir o consumo dos estoques de capital natural pela produção.

(ii) O segundo, seria o de subtrair os custos das medidas de proteção (ambiental, no caso presente), ou de reversão dos impactos indesejáveis da produção e do consumo agregados, pois estas medidas representam redução da renda disponível para consumo.

Daly (1989) conceitua, então, que o Produto Nacional Líquido Socialmente Sustentável (PNLSS) corresponde ao Produto Nacional Líquido (PNL), menos os Custos das Medidas de Proteção (CMP), e menos a Depreciação do Capital Natural (DCN), ou:

$$\text{PNLSS} = \text{PNL} - \text{CMP} - \text{DCN}$$

Tal definição não interfere com a estrutura corrente dos sistemas de contabilidade nacional das Nações Unidas (UN/SNA) e, portanto, não prejudica sua continuidade histórica ou possibilidades de comparação. Na realidade, introduz duas contabilidades adicionais (Contas-Satélite), i.e., os CMP e a DCN, que aproximarão mais os resultados de suas funções objetivas do conceito de Hicks.

Neste estudo, nós trabalhamos com a correção do PIB municipal, logo, na formulação acima o termo Nacional passa a ser Municipal.

### 3.4. Contas-Satélite (CS).

O item Uma contabilidade para (que inclua) a natureza nos informou que uma correção da renda (i.e., do PIB) a todos os níveis (nacional, estadual, municipal, etc.) para as perdas ambientais é altamente recomendável. Para isso, ao invés de uma abordagem holística, propõe-se o uso de Contas-Satélite a serem incluídas nas contabilidades desenvolvidas pelo Sistema de Contas Nacionais das Nações Unidas (United Nations System of National Accounts - SNA), aplicável também à escala do município, a fim de que ajustes parciais das rendas possam ser realizados. Estas Contas-Satélite visam incluir elementos “desejáveis” que o SNA omite e excluir os “indesejáveis” que ele inclui.

Conforme visto no item PIB, anterior, na metodologia proposta os elementos componentes das Contas-Satélite (CS no fluxograma da Figura 1) são: os Custos das

Medidas de Proteção (CMP) e a Depreciação do Capital Natural (DCN). Chamamos a atenção que, tendo em vista o fato do carvão ser um RN não-renovável, às CS nós iremos incluir um elemento de capital a ser estimado através da estratégia proposta por El Serafy justificada e descrita no item “c” a seguir.

#### **a) Custos das Medidas de Proteção (CMP).**

Os Custos das Medidas de Proteção (CMP), são valores monetários, relacionados à proteção/controlar ambiental (e.g, tratamento de efluentes, mudanças no processo industrial, redução na produção, etc.). Como veremos, no item Depreciação do Capital Natural, a seguir, estes custos são estabelecidos para diferentes alternativas de proteção/controlar.

Além destes custos, Leal (1986) *in* Bellia (1996), faz considerações sobre outros CMP classificando-os do seguinte modo:

OBSERVAÇÃO - evidentemente, esta divisão é elementar e tenta resolver, à medida do possível, o arco de possibilidades para definir os custos, sem a pretensão de que tais categorias venham a se constituir num modelo restritivo.

##### **(i) Custos ligados à redução ou eliminação de danos ambientais.**

- Custos de Regulamentação e Controle.

Estes custos resultam das atividades que determinam qual capacidade do meio ambiente do meio ambiente poderá ser utilizada e em que quantidade (custo de regulamentação), bem como os custos de controle da aplicação das medidas regulamentadoras.

- Custos Financeiros.

Estes são, basicamente, os custos de oportunidade dos usos alternativos dos recursos em questão. Estes custos têm caráter eminentemente financeiro e não estão relacionados com as medidas de regulamentação.

- Custos de Pesquisas e de Informação.

Provêm das atividades de pesquisa e informação, orientadas para a melhoria do conhecimento das necessidades e dos efeitos das alterações do meio ambiente.

Deve-se assinalar que estes custos são originados, basicamente, pelos níveis mais altos da estrutura organizacional da sociedade e, como consequência, dificilmente um deles será imputado diretamente a indivíduos.

##### **(ii) Custos orientados ao aumento da capacidade do MA.**

El Serafy trata estes custos como “Depreciação positiva”, a qual pode ser possível com, por exemplo, reflorestamento ou estocagem dos excedentes da produção mas, tal tipo de “depreciação” deveria ser tratada como formação de capital ou investimento (e descontada do PNB).

- Custos de Recuperação.

São os custos voltados à restauração, mesmo parcial, da qualidade de um meio natural deteriorado.

- Custos de Criação de Novas Capacidades Ambientais.

Estes custos correspondem à criação de novos bens e serviços ambientais, necessários para a execução de uma política (e.g. criação de novos parques nacionais).

- Custos de Preservação.

Estes custos se originam na necessidade de preservar determinadas áreas. Eles estão ligados aos custos anteriores, mas se referem, especificamente, às atividades de desenvolvimento e operação da área preservada.

### **b) Depreciação do Capital Natural (DCN).**

A Depreciação do Capital Natural (DCN) está relacionada às mudanças negativas nas suas qualidade e/ou quantidade, ou seja, na sua disponibilidade. Antes de tudo, é preciso que seja feita uma distinção entre RN renováveis e RN não-renováveis.

Para que o capital natural, representado pelos RN renováveis, permaneça intacto (tanto em termos da sua qualidade, quanto da sua quantidade), provisões deveriam ser feitas para (cobrir) a sua depreciação. Para RN renováveis, tais como florestas e solos, produções sustentáveis podem ser calculadas, e exploração acima destas, devem ser consideradas como depreciação, i.e., custos a serem descontados do PIB, cf. Tabela 1.

Segundo Leal (1986):

Custos Diretos - são os custos que se referem aos danos criados pela presença de agentes negativos sobre alguma função ambiental, fazendo com que perca, total ou parcialmente, seu valor de uso (e.g. a contaminação da água). Tais custos se referem a danos em funções ambientais específicas.

Custos Indiretos - tais custos são associados a prejuízos para o multiuso, ou para o uso alternativo do meio ambiente e dos recursos naturais (e.g. a contaminação da água pelas industrias pode impossibilitar o seu uso para recreação).

Para que isso possa ser feito, é necessário estabelecer-se valores monetários para essa depreciação. Como a maioria dos recursos ambientais são intangíveis do ponto de vista dos preços praticados pelo mercado, é necessário utilizar-se uma estratégia baseada na construção de Preços-Sombra, cf. item Construção de “preços-sombra” para o MA.

A partir das considerações teóricas realizadas Bidone (1997) - também em Bidone & Maddock (1997a) -, propõe uma abordagem prática para a construção destes Preços-Sombra.

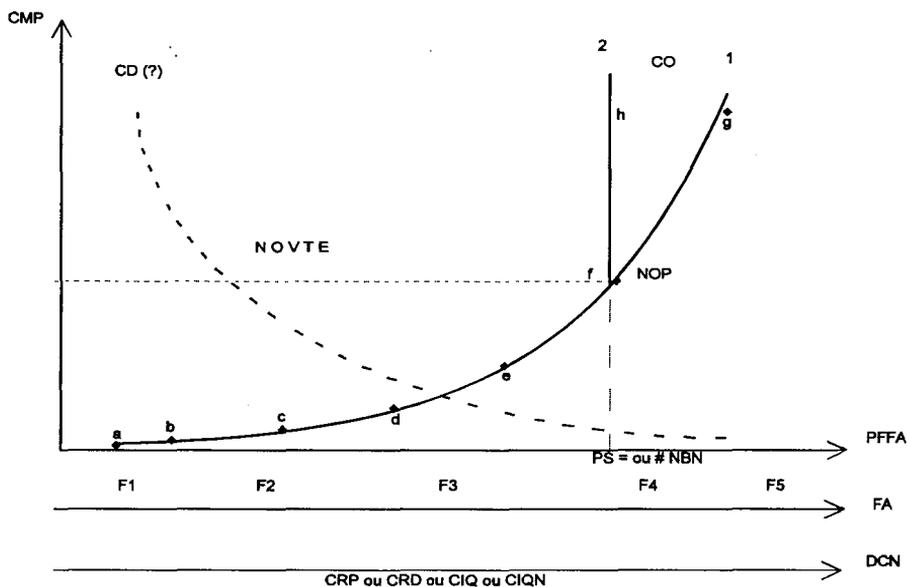
Antes, porém, é necessário lembrar que a DCN aqui considerada diz respeito aos impactos gerados pela exploração do carvão (um RN não-renovável, para o qual a noção de depreciação não é aplicável, cf. ítem Uma contabilidade para (que inclua) a natureza e Implicações políticas da macroeconomia ambiental) sobre outros compartimentos ambientais da área do estudo (água, solo, etc.), os quais são RN renováveis e, portanto, passíveis de depreciação em suas qualidades e quantidades. No caso presente,

portanto, eles serão aqui abordados como compartimentos ambientais substratos dos impactos (externalidades) gerados por esta exploração.

Em segundo lugar, é preciso informar que o cálculo estimativo da DCN, para cada um dos compartimentos ambientais afetados pela exploração do carvão, é feito a partir das análises realizadas no âmbito da estrutura PCR (cf. Figura 1), a qual será detalhada.

Considerando, a título de exemplo, a potencial contaminação de águas fluviais, pelas atividades relacionadas à exploração de carvão na área do estudo, o método proposto por Bidone (1997) pode ser assim exposto.

Uma síntese desta abordagem operacional é mostrada na Figura 2.



CMP = Custo das Medidas de Proteção; PFFA = Padrão Físico para as Funções Ambientais; a, b...n = Alternativas de Medidas de Proteção (AMP); CO = Curva de Oferta de Funções Ambientais; CD = Curva de Demanda por Funções Ambientais; PS = Padrão para Sustentabilidade; NBN = Nível de "Background" Natural; FA = Funções Ambientais (F1, F2, ..., Fn); DCN = Depreciação do Capital Natural; CRP = Custos de Responsabilidade Privada; CRD = Custos de Responsabilidade Desconhecida; CIQ = Custos de Incremento de Qualidade ou de Função; CIQN = Custos de Incremento de Qualidade Natural; NOP = Nível Ótimo de Poluição; NOVTE = Nível Ótimo de Viabilidade, Técnica & Econômica

**Figura 2.** Incorporação das externalidades (impactos) ambientais geradas pela poluição em análises econômicas do tipo Benefício-Custo (B&C).  
Estudo de caso: contaminação de águas fluviais.

(i) Os Custos das Medidas de Proteção (CMP), são valores monetários, relacionados à proteção/controlar ambiental (e.g., tratamento de efluentes, mudanças no processo industrial, redução na produção, etc.). Estes custos são estabelecidos para diferentes alternativas de proteção/controlar (AMP - Alternativas de Medidas de Proteção a, b,...n sobre a Figura 2).

(ii) O Padrão Físico para as Funções Ambientais (PFFA), corresponde a um parâmetro químico, físico ou biológico (i.e., um Indicador da Qualidade do RN - IQRN), capaz de referenciar a qualidade necessária à realização de diferentes funções ou usos possíveis (F1, F2...Fn sobre o eixo auxiliar das Funções Ambientais FA da Figura 2) de um RN, aqui no exemplo, as águas de um determinado rio.

Portanto, padrões são valores (aceitáveis/desejáveis ou ilegais/indesejáveis) de uma variável considerados na avaliação da qualidade de um RN. Eles são de uso corrente na gestão ambiental das poluições. No caso das produções (e.g., agricultura e produção florestal), os padrões da QRN podem atuar como objetivos ou limites que não podem ser transgredidos (e.g. os percentuais de área permitida para desmatamento em propriedades na Amazônia ou padrões de tolerância de perdas de solos).

Para as águas fluviais, na prática, nós temos considerado parâmetros hidrogeocímicos (e.g., sólidos suspensos, DBO, pH, etc.) definidos pela legislação vigente (Resolução nº20 de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente), como condicionantes (i.e., padrões legais) dos diferentes usos (funções) possíveis das águas fluviais (e.g., F1 = abastecimento doméstico após tratamento simplificado; F2 = abastecimento doméstico após tratamento convencional; etc.).

No caso dos estudos sobre a contaminação de águas fluviais por substâncias tóxicas (e.g., Hg e outros metais pesados) nós temos utilizado como PFFA, o cálculo do risco associado às concentrações destas substâncias nas águas fluviais (Bidone *et al.*, 1997b; Bidone *et al.*, 1997c).

O PFFA precisa ser relacionado às AMP através de modelos matemáticos ambientais, capazes de estimar (i.e., prognosticar) os valores do PFFA resultantes no meio analisado, para cada uma das AMP. Para isso, nós desenvolvemos modelagens baseadas em balanços de massa dos fluxos de materiais nas correntes (portanto, com o uso de uma abordagem dinâmica, e não descritiva como as tradicionais) ao longo dos rios, que foram capazes de diferenciar as componentes antrópica e natural destes fluxos e, ainda, fornecer os dados básicos necessários à execução da avaliação do risco associado a estes materiais à saúde humana (Travassos & Bidone, 1995; Laybauer & Bidone, 1997; Hatje *et al.*, 1997).

(iii) A Curva de Oferta de Funções Ambientais (CO), é construída considerando-se as interseções do custo (CMP) com o valor do PFFA, estimado à partir de modelagem, para cada uma das AMP.

(iv) A Curva de Demanda por Funções Ambientais (CD) é praticamente impossível de construir. Porque, para isso, seria necessário considerar-se a preferência por qualidade ambiental expressa por cada indivíduo de uma sociedade. Portanto, ela deve ser substituída por um Padrão para Sustentabilidade (PS), representado por um valor do PFFA que assegure a manutenção da qualidade das águas do rio analisado, compatibilizando o maior número de funções possíveis de serem realizadas, tanto no presente,

quanto no futuro. Idealmente, o PS deveria coincidir com o Nível de “Background” Natural (NBN) do PFFA no rio considerado.

(v) A intersecção do PS com a CO define um Nível Ótimo de Poluição (NOP) do rio analisado. A intersecção do NOP com o eixo CMP, permite referenciar um Nível Ótimo de Viabilidade Técnica & Económica (NOVTE) para as AMP consideradas para um determinado empreendimento.

(vi) O termo Depreciação do Capital Natural (DCN) está relacionado à noção de “perda de função” (i.e., perda de qualidade da água fluvial impedindo o seu uso para uma ou mais funções), envolvendo a análise de seus custos (Preços-Sombra) e responsabilidades. Três aspectos são aqui considerados.

Primeiro: para a condição  $PS \neq NBN$ , a CO é a curva (1) da Figura 10. Neste caso, a decisão por qualquer AMP que resultasse em um valor para o PFFA  $< PS$  no rio considerado, comprometeria a realização das funções F1, F2 e F3. Os custos desta “perda de função” (Preços-Sombra) são determinados pelo valor monetário da compensação e/ou reposição e/ou restauração, para fazer com que as funções perdidas retornem a sua condição anterior à implantação do empreendimento responsável (e.g., através do custo de tratamento da água para o seu retorno às condições originais). No exemplo, estes custos seriam imputáveis ao empreendimento, i.e., são Custos de Responsabilidade Privada (CRP). Para as funções factíveis somente para valores de PFFA situados entre o PS e o NBN, os custos para a sua realização seriam do tipo Custos de Incremento de Qualidade (CIQ) ou de Função, a serem arcados por quem delas quiser fazer uso, não cabendo, portanto, ao empreendimento analisado.

Segundo: para a condição ideal  $PS = NBN$ , a CO é a curva (2) da Figura 10, e são válidas as mesmas considerações feitas anteriormente sobre o DCN, seus custos e responsabilidades. Apenas, neste caso, como a curva terá a sua porção superior coincidindo com o valor do NBN, qualquer função condicionada por um valor de PFFA  $> NBN$ , incidirá em custos de realização do tipo Custos de Incremento de Qualidade Natural (CIQN).

Terceiro: em muitos casos, os impactos do empreendimento são “mascarados” por outras fontes capazes de gerar o mesmo tipo de impacto; nestes casos, os custos relacionados à DCN são do tipo Custos de Responsabilidade Desconhecida (CRD). Evidentemente, esta é uma situação indesejável, porque se não for possível imputar-se responsabilidades, estes custos serão transferidos, como Custos de Incremento de Qualidade (CIQ), para os demais usuários do meio considerado, sejam eles privados ou não.

(vii) O método proposto, além da estimativa dos Preços-Sombra de recursos ambientais intangíveis ao nível dos preços de mercado, permite o estabelecimento de bases para projetos, planos, programas, etc., voltados à gestão ambiental. Aqui uma distinção pode ser feita entre metas e objetivos (Adriaanse, 1993).

**Metas** são valores ideais ou desejáveis, identificados por cientistas e responsáveis pela elaboração das políticas, que talvez nunca sejam alcançados (e.g. uma meta da política nacional de reduzir a poluição das águas fluviais a “zero”, i.e., fazer com que elas mantenham o seu NBN).

**Objetivos** são valores, no presente contexto valores de um indicador de qualidade de um RN (IQRN, cf. item A estrutura pressão-condicionamento-resposta (PCR),

a seguir), os quais, acredita-se, possam ser implementados nos curto e médio termos (e.g. um projeto que tenha por objetivo fazer com que, em um horizonte temporal de 5 anos, 50% dos produtores de um município, ou bacia hidrográfica, usem práticas de conservação dos solos). Um indicador de desempenho pode ser o que descreve a razão entre a situação atual (“estado d’arte”) e um objetivo. No exemplo anterior, da conservação dos solos, se o projeto atingiu, até o momento, 40% de conservação, pode-se dizer que ele atingiu um desempenho de 80% de sucesso. Não há sentido em se obter IQRN mais refinados, a não ser que existam padrões e metas com os quais julgar desempenho.

Ainda, muito útil do ponto de vista da avaliação da capacidade de suporte de um RN é a noção de **Limite**. Limites são valores de uma variável (i.e., um IQRN) além dos quais mudanças negativas rápidas (frequentemente exponenciais) ocorrem (e.g. mudanças nas características físico-químicas de uma água, que são progressivas, dando lugar à produção indesejável de algas).

A noção de limite é importante porque relaciona-se com a capacidade de resiliência dos ecossistemas (Greenland & Szabolcs, 1994). Quanto mais tempo os IQRN permanecerem menores do que os seus limites, maiores são as possibilidades do ambiente se recuperar, se as pressões sobre ele forem removidas. Além dos limites, as mudanças são irreversíveis ou muito lentamente reversíveis (Barrow, 1991; Myers, 1992).

Portanto, simplificada, a partir do método proposto poder-se-ia estruturar uma estratégia de abordagem para um projeto ambiental qualquer, na seqüência abaixo.

1°) Estabelecimento do NBN de um IQRN.

2°) Verificar o incremento de poluição ou degradação havido para atingir o NBP atual.

3°) Avaliar (i.e., estimar com o uso de modelagem matemática) os incrementos futuros potenciais (análise de tendências ou prognóstico de comportamento futuro).

4°) Avaliar (i.e., estimar com o uso de modelagem matemática) o limite de capacidade de suporte do meio considerado para o IQRN utilizado. Verificando o quão “longe” o NBP atual se encontra deste limite (i.e., estimar o déficit e o superavit ambiental do meio considerado).

5°) Estabelecer Metas e/ou Objetivos, construindo Preços-Sombra para todas as alternativas a serem propostas para a sua consecução.

**c) Abordagem operacional para o problema do uso do conceito de DCN para os RN não-renováveis (caso do carvão).**

Conforme os itens Uma contabilidade para (que inclua) a natureza e Implicações políticas da macroeconomia ambiental, para o caso do capital natural representado pelos RN não-renováveis - tais como os combustíveis fósseis que não podem ser reciclados ou reusados uma vez que eles tenham sido carburados -, o conceito de depreciação não é aplicável.

El Serafy (1989), sugere que, neste caso, está errado contar as receitas totais auferidas com a venda de RN não-renováveis como valor adicionado no cálculo do PIB como tradicionalmente é feito no UN-SNA. Assim como, também está errado descontá-las do mesmo PIB como depreciação do capital natural para obter-se o PIL. Isto excluiria do cálculo da renda líquida (i.e., do PIL) o efeito da renda obtida com a exploração mineral.

Por exemplo, se uma região produz somente carvão, a abordagem *via* DCN a fim de retificar a contabilidade da renda para esta atividade (i.e., a exploração de um RN não-renovável), nos daria um PIB de, digamos, 100 e um PIL de 0. Portanto, é necessário corrigir-se (ajustar-se) o próprio PIB e não a renda líquida.

El Serafy nos diz que depósitos minerais são ativos (e não produção corrente) e que a venda de ativos não gera valor adicionado e, portanto, não deveria ser incluída no cálculo do PIB. No entanto, eles geram fundos líquidos, os quais podem ser investidos em atividades alternativas. A região produtora precisaria escolher entre gastar o lucro auferido (i.e., com a venda do RN não-renovável livre dos custos de produção), em consumo ou em investimento ou, ainda, em uma combinação dos dois. Mas, a questão não é escolher uma coisa ou outra.

Do ponto de vista da contabilidade, um conteúdo de renda das receitas líquidas (i.e., auferidas com a venda do RN não-renovável livre dos custos de produção), que deveria ser incluído no PIB, pode ser estimado.

O argumento para esse procedimento é o seguinte. Se o proprietário de um bem (ativo) não-renovável não pode consumir mais do que a renda gerada com a sua venda, ele precisa aplicar parte desta renda gerada de tal forma que os juros sobre ela compensem eventuais cessamentos de receitas (auferidas com a venda) no futuro. Esta proposição, que pode ser encontrada em Hicks (1946), sugere a **necessidade de converter o ativo mineral concernado em um “rio de receitas contínuas”**. Isto é, a série finita de ganhos auferidos com a venda do recurso, digamos uma série de extrações anuais em um período de 10 anos, levando à exaustão do recurso, tem de ser convertida em uma série infinita de *verdadeira* renda (i.e., aquela que realmente pode ser usada para consumo sem depreciar o capital), de tal modo que os valores capitalizados das duas séries sejam iguais. Ou, ainda, nos ganhos anuais advindos da venda do recurso, uma parte que pode ser gasta em consumo deveria ser identificada; a parte remanescente, a qual constitui o Elemento de Capital (EC), deveria ser aplicada, ano após ano, e investida para criar um “rio de receitas contínuas” que proviria o mesmo nível de *verdadeira* renda, tanto durante a vida útil do recurso, quanto após o seu esgotamento.

Para isso, as duas partes constituintes das receitas correntes precisam ser definidas: a parte de renda e a parte de capital. Sob certas suposições, as quais não são nem demasiadamente restritivas e nem tão irrealistas, a razão entre a *verdadeira* renda e as receitas totais é:

$$X / R = 1 - [1 / (1 + r)^n]$$

aonde, **X** é a *verdadeira* renda; **R** são as receitas totais; **r** é a taxa de desconto; e **n** é o tempo de exploração da jazida até o seu esgotamento.

**R - X** seria o “custo de uso” ou “fator de esgotamento” que deveria ser considerado como investimento de capital (Elemento de Capital - EC) e totalmente excluído do PIB, e que, ainda, deveria ser aplicado (na produção de novos bens) para criar um “rio de receitas contínuas” que proviria o mesmo nível de *verdadeira* renda e os mesmos valores capitalizados. Isto é, do ponto de vista do consumo, este “fator de esgotamento” representaria um desinvestimento que deveria ser comparado com a formação de capital em novos bens, de tal maneira que o consumo total (possível a partir desses novos bens) fosse igual à *verdadeira* renda calculada pela fórmula proposta.

Portanto, se as receitas totais forem devotadas ao consumo e se a nova formação de capital não satisfizer este “fator de esgotamento”, a contabilidade deveria mostrar um valor negativo para a formação do capital, refletindo, então, o desinvestimento que ocorreu no período.

A razão  $X / R$ , depende somente de dois valores: da razão Extração / Reservas, i.e., do tempo de vida útil da jazida (medido em anos), e da taxa de desconto.

Uma região que liquida suas reservas minerais em 50 anos necessita reinvestir uma parte menor de suas receitas totais (i.e., auferidas com a venda do RN não-renovável livre dos custos de produção), do que outra região que liquida suas reservas em 30 anos. Conseqüentemente, ela pode contar uma maior parte de suas receitas como renda (e utilizada em consumo).

Similarmente, se a parte das receitas considerada como investimento (capital) pode ser investida, na produção de novos bens, a uma taxa de juros, digamos de 10%, uma parte maior poderia ser considerada como renda do que se a taxa de juros for menor, digamos de 5%.

De acordo com a fórmula proposta, com uma taxa de desconto de 5%, uma região que liquida suas reservas em 10 anos pode considerar como renda somente 42% de suas receitas anuais (58% deveriam ser aplicados como formação de capital na produção de novos bens). Se o tempo de esgotamento das reservas for de 50 anos, por exemplo, pode-se considerar 92% das receitas como renda corrente. Se a taxa de desconto for de 10% as rendas correntes seriam, relativamente às receitas líquidas totais da venda do minério, de 65% e 99%, respectivamente para tempos de esgotamento das reservas de 10 e 50 anos. Neste último caso, 50 anos à uma taxa de 10%, nenhuma correção, praticamente, precisaria ser feita no cálculo do PIB.

A fórmula proposta demonstra que a presente prática de contabilizar os lucros auferidos com a venda de minério como rendas correntes, implica em que a fração  $1/(1+r)^{n+1}$  iguale-se a “zero”, i.e.,  $X/R=1$ . Isto pode ser obtido de duas maneiras: quando, independentemente da taxa de desconto  $r$ ,  $n = \infty$  ou, alternativamente, quando  $n$  tem um valor finito, mas considerando-se um valor de  $r$  que tenda ao infinito. Uma taxa de desconto tão alta implica em uma “preferência temporal” extremamente forte exercida pelos proprietários do recurso mineral (i.e., eles prefeririam esgotar rapidamente as reservas do recurso) e é equivalente a colocar-se um valor muito baixo sobre a utilidade do recurso para as futuras gerações.

Portanto, as práticas correntes para o cálculo do PIB de acordo com as injunções do UN-SNA (sistema de contabilidade nacional das Nações Unidas) podem, então, ser vistas como sendo construídas sobre duas premissas insustentáveis, ou como uma combinação das duas: que os recursos naturais podem ser esgotados para sempre e que o bem-estar das futuras gerações não interessa.

## **A ESTRUTURA PRESSÃO-CONDICIONAMENTO-RESPOSTA (PCR)**

### **Introdução: definições básicas**

#### **a) Qualidade dos Recursos Naturais (QRN).**

A **Qualidade dos RN (QRN)** refere-se ao condicionamento dos RN, relativamente às necessidades humanas. Ela relaciona aspectos voltados para a avaliação do condicionamento e da capacidade dos RN para propostas de produção, conservação e gestão ambiental. A avaliação da QRN inclui, em particular, a necessidade de manutenção da base de recursos naturais (capital natural) a fim de prover opções para futuros usos produtivos, o que é um critério maior de sustentabilidade. A QRN precisa ser avaliada com respeito aos diferentes (específicos) tipos de usos ou funções dos RN.

Os países signatários (Brasil incluso) da Agenda 21 durante a ECO-92 (UNCED - United Nations Conference on Environment and Development), realizada no Rio de Janeiro, concordaram em monitorar e reportar o "status" de seus RN. Desde então, esforços têm sido feitos no sentido de se conseguir uma abordagem, sistemática e integrada, para a gestão sustentável dos RN (ECOSOC, 1995; Sombroek and Sims, 1995).

As pressões sobre a QRN podem levar à várias formas de degradação dos RN, tais como erosão do solo, declínio da fertilidade, mudanças adversas nos recursos hídricos, salinização de solos irrigados, ou declínio nas condições biológicas de florestas. O custo para reabilitar áreas degradadas foi estimado como sendo de 10 a 50 vezes maior do que o custo das medidas de prevenção da degradação (World Bank, 1992). Similarmente, a manutenção da fertilidade do solo, é mais efetiva (em termos dos custos) quando se intervém previamente, antes que os sintomas de extrema degradação apareçam (Pieri, 1993). Portanto, é de suma importância o **estabelecimento de indicadores para medir mudanças na QRN** a fim de prevenir tendências adversas e identificar áreas problemáticas.

#### **b) Indicadores da Qualidade dos Recursos Naturais (IQRN).**

O Banco Mundial, a UNDP (United Nations Development Organization), a UNEP (United Nations Environmental Programme), a FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) e outras instituições nacionais e internacionais estão desenvolvendo, em muitas partes do mundo, o conceito e a aplicação de **Indicadores da Qualidade dos Recursos Naturais (IQRN)**. O objetivo central destes esforços é no sentido de medir as alterações na qualidade ou no condicionamento dos RN e, assim, promover práticas de gestão dos RN que assegurem o uso produtivo e sustentável dos RN. Os IQRN fornecem um meio de monitorar o desempenho de projetos de gestão de RN, aos níveis regional e local e, ainda, de medir o impacto das políticas nacionais para o meio ambiente (Adriaanse, 1993; Hammond *et al.*, 1995; O'Connor, 1995).

Contrariamente ao que acontece na área dos dados econômicos e sociais, poucos indicadores foram desenvolvidos para avaliar, estimar ou monitorar mudanças na QRN aos níveis nacionais ou regionais. O termo “indicador” é aqui utilizado no seu sentido usual, i.e., estabelecer um número (no geral um valor médio), ou outro elemento caracterizador, que seja representativo de um conjunto de condições, e que seja portador (sintetize) de informações sobre uma mudança ou tendências nestas condições (e.g. temperatura do corpo, sulcos de erosão, etc.). Os indicadores podem, também, representar de forma sumária o efeito total de muitas variáveis (e.g. produção agrícola como um indicador de fertilidade do solo).

Os IQRN são valores medidos ou derivados à partir de variáveis, que fornecem estimativas do condicionamento dos RN, das mudanças neste condicionamento, e das ações humanas que estejam ligadas a este condicionamento. Eles são os equivalentes, para os RN, dos indicadores do condicionamento econômico e social (e.g. o PIB per capita é um indicador da riqueza de um país e o coeficiente de Gini de sua distribuição).

Os indicadores podem ser derivados à partir de mensurações qualitativas ou quantitativas, mas eles tornam-se padronizados e comparáveis somente quando colocados em um forma numérica.

Mas, os indicadores não são simplesmente dados numéricos. Pretende-se que eles portem a informação mais significativa de forma sumária e atuem como um meio de comunicação. Portanto, os indicadores têm as seguintes propostas (Adriaanse, 1993; Hammond *et al.*, 1995):

- seleção da maioria das informações significativas;
- simplificação de fenômeno complexo;
- quantificação de informação, de tal maneira que sua significância seja aparente;
- comunicação de informação, particularmente entre coletores e usuários de dados.

Os IQRN têm, também, o potencial de fornecer um meio para realizar históricos evolutivos e diagnósticos de situação atual da QRN; e, ainda, construir (quando passíveis de modelagem matemática) cenários-prognósticos do condicionamento futuro da QRN.

**Os IQRN não são instrumentos meramente descritivos. Sua proposta é para orientar mudanças nas políticas e nas decisões de gestão.**

Sem IQRN não há fundamentos sólidos para a elaboração de políticas e tomadas de decisão sobre temas relacionados aos RN, em todas as escalas e níveis. Nas escalas nacional e internacional, os IQRN podem auxiliar na identificação de prioridades para políticas de desenvolvimento e alocações orçamentárias por governos e organizações internacionais. Nas escalas regional e local, eles podem ser aplicados para projetos de planejamento, monitoramento e gestão.

## **A Estrutura PCR**

No passado, os resultados (essencialmente cartográficos) dos levantamentos de RN, tais como os mapeamentos dos solos e os inventários florestais, freqüentemente foram insuficientes para o estabelecimento de políticas e a tomada de decisões de gestão, seja ao nível nacional ou ao nível de projetos de desenvolvimento (Dalal-Clayton and Dent,

1993). Para evitar o mesmo problema, os IQRN necessitam ser utilizados dentro de um contexto (de políticas e de gestão) relevante às necessidades da sociedade humana.

A estrutura **Pressão-Condicionamento-Resposta (PCR)** foi desenvolvida para esta proposta (Adriaanse, 1993; Winograd, 1994; Hammond *et al.*, 1995; SCOPE, 1995). Os IQRN medem as Pressões sobre os RN, as alterações (efeitos) destas pressões sobre o Condicionamento da QRN, e a Resposta da sociedade a estas alterações.

A estrutura PCR é mostrada na Figura 3.

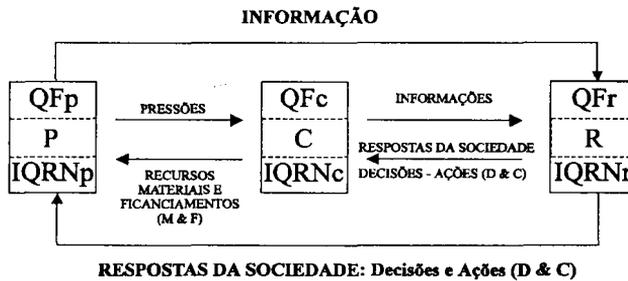


Figura 3. Estrutura/PCR: Pressões (P) - Condicionamento (C) - Resposta (R)

#### a) Indicadores de pressão (IQRNp).

Os **Indicadores de Pressão (IQRNp)** são os indicadores das pressões (impactos ou externalidades) exercidas pelas atividades humanas sobre os RN (e.g. desmatamento para agricultura).

#### b) Indicadores de condicionamento (IQRNc).

Os **Indicadores de Condicionamento (IQRNc)** são os indicadores do condicionamento (qualidade) dos RN, e especificamente das mudanças neste condicionamento (descrevem as mudanças na QRN) ao longo do tempo. Estas mudanças são frequentemente adversas mas incluem, também, melhoramentos no condicionamento dos RN como resultado de manejos bem sucedidos.

Os IQRNc podem tomar a forma de uma descrição do condicionamento atual (diagnóstico de situação atual). Muito frequentemente eles são expressos como variações do condicionamento ao longo do tempo. Estas variações podem ser expressas em termos de tipo, grau, extensão espacial e velocidade (Oldeman *et al.* 1990).

#### c) Indicadores de Resposta (IQRNr).

Os Indicadores de Resposta (IQRNr), são os indicadores da(s) resposta(s) da sociedade às pressões sobre a QRN e às variações no condicionamento da QRN.

Indicadores de resposta monitoram as reações da sociedade, estas incluem empresários, tomadores de decisão e os responsáveis pelas políticas, a todos os níveis: produtores, serviços de assistência técnica aos produtores, comunidades, gerentes de projetos, políticos, organismos governamentais, etc. Por exemplo, em resposta à erosão do solo, os produtores podem, ou não, adotar medidas de conservação dos solos, espontaneamente ou com a assistência técnica ao nível de projeto.

Elas incluem, tanto respostas desejáveis (tais como o aumento na eficiência do uso da água ou a adoção de práticas de conservação do solo), quanto respostas negativas (tais como o abandono da terra devido à sua degradação irreversível).

#### **d) Questões a serem formuladas (QF).**

São os problemas maiores - i.e., são os impactos ambientais significativos, Bellia e Bidone (1993) - e as mais importantes questões relacionadas às políticas, que precisam ser colocados com respeito à QRN. Uma abordagem das QF fornece um meio de avaliar prioridades na seleção de IQRN.

Sua importância relativa difere de acordo com as condições socioeconômicas e ambientais. As QF envolvem, portanto, a noção de "unidade geoambiental", i.e., qualquer área territorial que possua características específicas e que possa ser mapeada (FAO, 1983 & 1984a). As questões-chave podem ser identificadas desde para zonas agro-ecológicas (e.g. erosão em terrenos de declive acentuado dos trópicos húmidos e sub-húmidos; degradação de pastagens em zonas semi-áridas; etc.), até para unidades individuais de terreno (e.g. escarpamentos, fundos de vales, etc.); ou, ainda, para amplas zonas socioeconômicas. A identificação das questões-chave, em áreas específicas, serve para direcionar a atenção sobre aquelas QF críticas e, portanto, as mais relevantes a serem consideradas pelas decisões políticas.

As QF podem estar relacionadas a:

- (i) sistemas de manejo inapropriado dos RN;
- (ii) degradação dos RN;
- (iii) inadequação das políticas.

- (i) Sistemas de manejo inapropriado dos RN.

As QF relacionadas aos sistemas de manejo ou uso inapropriado podem ser vinculadas às Pressões na Estrutura PCR, correspondem às **QFp** na Figura 3.

Sistemas de manejo ou uso inapropriado podem causar pressões sobre a QRN e a sua degradação. Padrões de uso dos RN incluem a distinção entre as propostas para as quais os RN são usados (e.g. mineração, agricultura, criação de gado, exploração florestal, etc.) e os sistemas de uso ou manejo (conservação total ou preservação, criação extensiva de gado, produção de madeira à partir de florestas nativas, etc.).

A comparação das características dos recursos naturais (e.g. tipos de solos) com o seu uso ou, mais especificamente, entre os requerimentos dos sistemas de manejo

com as características das unidades territoriais nas quais são praticados, é básico na avaliação de efeitos sobre a QRN.

Sistemas de uso ou manejo inapropriados, referem-se a métodos de uso dos RN os quais, sob as condições sócioeconômicas atuais, são inadequados para as unidades territoriais nas quais são praticados (e.g. cultivo de árvores em declive acentuado é um sistema de uso apropriado, enquanto que o cultivo de culturas anuais, sem medidas de conservação dos solos, não o é).

(ii) Degradação dos RN.

As QF relacionadas à degradação dos RN podem ser vinculadas ao Condicionamento na Estrutura PCR, correspondem às **QFc** na Figura 3.

A degradação dos RN refere-se à redução da QRN, gerando reduções na sua capacidade produtiva ou no seu potencial de gestão ambiental. Refere-se a um tipo de recurso (e.g. minério) mas, devido à natureza interativa dos ecossistemas, quase sempre está associada às mudanças na QRN de outros recursos (e.g. mineração gerando a degradação de solos agrícolas). Os efeitos da degradação não estão, necessariamente, confinados à unidade territorial aonde ela ocorre, podem incluir efeitos externos, i.e., podem gerar externalidades (e.g. a erosão de solos minerados pode gerar o assoreamento de segmentos fluviais localizados a jusante da área aonde ela ocorre).

(iii) Inadequação das políticas.

As QF relacionadas à inadequação das políticas podem ser vinculadas às Respostas na Estrutura PCR, correspondem às **QFr** na Figura 3.

A inadequação das políticas refere-se à avaliação dos efeitos das políticas (inclusive as ambientais, a todos os níveis: nacional, estadual e municipal) e seus impactos sobre os usuários dos RN (empresários ou não). Uma abordagem das QF através das políticas fornece um meio de avaliar prioridades na seleção de IQRN. Por exemplo, do ponto de vista dos projetos de gestão dos RN, é mais útil monitorar aqueles indicadores que têm o potencial de responder às exigências das políticas ambientais. Para identificar-se as conseqüências das políticas sobre as atividades dos usuários dos RN, é necessário estudos participativos.

### 3.5.3. Operação da Estrutura PCR.

As mudanças na QRN necessitam ser colocadas dentro do contexto de políticas e de gestão. A estrutura Pressão-Condicionamento-Resposta (PCR) representa a conexão entre as pressões exercidas sobre a QRN pelas atividades humanas; o condicionamento da QRN resultante (incluindo as alterações neste condicionamento ao longo do tempo); e a resposta da sociedade à estas pressões e alterações.

Tendo em vista que as relações entre o homem e os RN são dinâmicas, as relações entre os IQRN são interativas. Isto permite colocar o grupo central de indicadores, i.e., os IQRNc, dentro do contexto ambiental e socioeconômico apropriado; auxiliando na interpretação e previsão de tendências, fornecendo guias para ações prévias

visando evitar conseqüências indesejáveis. Então a estrutura PCR fornece um mecanismo contínuo de retroalimentação que contribui para o monitoramento de mudanças. Portanto, os indicadores utilizados na PCR podem ser usados para assessorar os tomadores de decisão (em qualquer nível) na formulação de opções para futuras respostas.

Um cuidado é necessário na interpretação dos IQRN visando a tomada de decisões. Confiar somente em um indicador, ou em um pequeno número de indicadores, é temerário. As decisões deveriam ser tomadas considerando-se, em conjunto, os três grupos de indicadores (pressão, condicionamento e resposta). Por exemplo, considerar somente uma relação linear entre densidade populacional (ou a extensão de áreas de rejeito de mineração) e degradação do solo, sem observar as respostas dos produtores e o contexto socioeconômico, pode levar à decisões erradas.

No caso do objeto do presente estudo, a **mineração de carvão**, a utilização prática (operação) da Estrutura PCR poderia ser sintetizada na seguinte seqüência de atividades.

1º) Análise do sistema de exploração e avaliação das suas pressões sobre outros RN através do uso de IQRN<sub>p</sub> e da formulação de QF<sub>p</sub> relacionadas aos impactos ambientais significativos.

2º) Análise da QRN e avaliação das suas mudanças através do uso de IQRN<sub>c</sub> e da formulação de QF<sub>c</sub>; e estimativa dos “Preços-Sombra” relacionados às mudanças na qualidade (condicionamento) dos RN.

3º) Informação à sociedade subsidiando suas respostas para tomadas de **decisões**, e orientando suas **ações (D & A)**. Para isso, é necessário o uso de IQRN<sub>r</sub> e a formulação de QF<sub>r</sub>.

4º) Avaliação dos recursos **materiais e financeiros (M & F)** necessários à consecução das respostas da sociedade.

5º) Na metodologia proposta, conforme a Figura 1, a Estrutura PCR tem, também, por objetivo:

(i) Subsidiar as avaliações ecológica (AEc), social (AS) e econômica (AE).

(ii) Subsidiar o estabelecimento das “Contas-Satélite”, sobretudo dos seus termos Custos das Medidas de Proteção (CMP) e Depreciação do Capital Natural (DCN) e, portanto, a noção de Sustentabilidade que é um dos elementos-foco da metodologia proposta no item Estrutura metodológica para a integração dos estudos.

A DCN pode ser estimada com o uso da metodologia proposta para construção dos “Preços-Sombra” para recursos ambientais descrita no item Contas-Satélite (CS).

## ÁREA DE ESTUDO: Aspectos Gerais

### Breve Histórico e Estrutura Econômica dos Municípios da Região Carbonífera Tradicional

A área em estudo localiza-se na porção oriental da Região Carbonífera do Baixo Jacuí ocupando a parte central do Rio Grande do Sul, que tem seu território totalmente incluído na Zona Subtropical Sul, limitada paralelos 25°00' S e 35°00' S.

Neves e Chaves (1997) em seus estudos “**Notas para o estudo da Região Carbonífera Tradicional do Rio Grande do Sul**”, neste projeto, definem a área em diferentes regiões funcionais:

(i) Municípios da **Região Carbonífera Tradicional** (termo utilizado para localizar o espaço que deu origem à exploração carbonífera no Rio Grande do Sul, desde o século XIX, quando foi descoberto e teve início a sua exploração econômica) cujo **Núcleo Básico** é constituído pelos municípios de **Arroio dos Ratos** (423 km<sup>2</sup>), **Butiá** (775,7 km<sup>2</sup>), **Minas do Leão** (420 km<sup>2</sup>), **Charqueadas** (77,5 km<sup>2</sup>) e **São Jerônimo** (1079,8 km<sup>2</sup>), e tendo como municípios periféricos, **Triunfo** (830,72 km<sup>2</sup>) e **General Câmara** (828,5 km<sup>2</sup>).

(ii) Municípios do entorno: **Eldorado do Sul** (634,6 km<sup>2</sup>) e **Barão do Triunfo** (434 km<sup>2</sup>).

Todos os municípios da área, devido à sua proximidade, sofrem a influência do processo metropolitano de Porto Alegre.

O **Núcleo Básico** da Região Carbonífera Tradicional, constitui-se em uma “rede urbana” típica das áreas de mineração, onde o sítio é determinado pela localização das jazidas e sua organização empresarial que, por muito tempo, se constituiu na única e exclusiva autoridade nesses espaços “urbanos particulares”. Nestas áreas, o projeto urbanístico, a arquitetura, o uso da terra “urbana” foi determinado pelas empresas responsáveis pelo empreendimento e pelas condições técnicas e sociais da produção.

A organização urbana corresponde, na sua estruturação, a um processo específico da administração privada que se inicia - sem considerar as descobertas e as iniciativas de pesquisa e prospecção, a partir de 1866 - com a concessão Imperial de exploração e lavra de carvão de pedra em Arroio dos Ratos, dada a James Johnson e Inácio Ferreira de Moura, em 1872 e que constituíram a “Imperial Brazilian Coleries e o CLT. A empresa de James Johnson foi responsável pela primeira corrente de operários imigrantes constituída de doze famílias de mineiros ingleses. Posteriormente, outra empresa retoma a mineração em Arroio dos Ratos (comandada por Holtzweissig Cia), que obtém, também, concessão imperial à nova empresa “Cia Minas de Carvão do Arroio dos Ratos” em 1822. No mesmo ano obtém a concessão de exploração e lavra em Butiá, cuja exploração havia se iniciado um ano antes.

A mina do Leão terá sua exploração iniciada em 1916 com a empresa Cia Carbonífera do Jacuí, depois reorganizada sob a denominação de Minas do Carvão do Jacuí, em 1917 com a participação de capital do Governo Federal. Arroio dos Ratos, Butiá, Charqueadas e Minas do Leão formam os núcleo da bacia carbonífera *tradicional* tendo como centro administrativo (sede municipal) São Jerônimo que foi elevada à categoria de vila e sede de município em 1860. Apenas recentemente essas novas organizações urbanas (produto de atividade industrial especializada) se incorporaram como unidades funcionais à administração municipal, uma vez que os velhos mineiros possuíam uma vida própria, ferreamente determinada pelas empresas concessionárias do direito à exploração do carvão. A incorporação técnica se fez através da rede ferroviária e dos pontos de embarque de carvão pelo rio Jacuí em 1873, ligando a mina de Arroio dos Ratos ao porto do carvão em São Jerônimo (cidade residência de fazendeiros).

Em 1882 a via ferroviária é prolongada até Charqueadas e, em 1917, a nova mina do Leão é ligada por via férrea ao Porto do Conde e, posteriormente, à cidade de São Jerônimo.

Em 1932 a cidade de General Câmara é ligada às minas do Butiá através de um funicular - atualmente desativado - atravessando o rio Jacuí, para atender as necessidades de combustíveis pra trens da Viação Férrea do Estado do Rio Grande do Sul em decorrência dos Decretos 1828 de 21.06.1937 e 20.0889 de 09.07.1931 que obrigavam a VFERGS a utilizar 10 % e, posteriormente, 20 % de carvão nacional.

Triunfo com povoamento iniciado em 1754, mantém relações muito difusas com a área carbonífera, exceto e excepcionalmente como uma área “dormitório” restrita porém, pela proximidade física, com a instalação do Pólo Petroquímico e pelo terminal carbonífero da COPESUL está incluído no rede urbana Carbonífera Tradicional.

A partir dos dados de Souza e Bittencourt (1997) “**Aspectos globais da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul**”, neste projeto, é possível segregar os municípios da área do estudo em função de suas atividades econômicas, Tabela 2.

Dos municípios que formam o Núcleo Básico:

(i) Butiá e Minas do Leão se caracterizam pela atividade extrativa mineral com 52% e 63%, respectivamente, no contexto global de suas economias.

(ii) Os municípios de Arroio dos Ratos e Charqueadas têm como atividade principal o setor industrial com, respectivamente, 53 % e 76 %. Arroio dos Ratos se caracteriza pela indústria têxtil, enquanto que Charqueadas possui um núcleo industrial relativamente forte, formado pela Aços Finos Piratini S.A., Eletrosul, indústria de materiais elétricos e comunicação. Neste município esta instalada a usina termelétrica TERMOCHAR com 72 MW administrada pela Eletrosul e que fornece energia à indústria local.

(iii) O município de São Jerônimo tem como atividade essencial a agricultura com 45 % e comércio e serviços com 45 %. Neste município foi instalada a primeira usina termelétrica da região, Usina Termelétrica de São Jerônimo, iniciando sua operação em 1954 com 20 MW, ainda em operação.

Dos municípios periféricos, Triunfo é essencialmente industrial (91 %), nele está localizado o Pólo Petroquímico da Região Sul (COPESUL), e o município de General Câmara é essencialmente agrícola (63 %).

Dos municípios do entorno, Barão do Triunfo, é essencialmente agrícola (90%), diversamente do município de Eldorado do Sul, que é essencialmente industrial (76%) com produção de não metálicos, metalúrgica, produtos alimentares, bebidas e transportes.

Em 1982, 54% do valor adicionado da Região Carbonífera do Baixo Jacuí era formado pela indústria de transformação, 25% pela agricultura e 18% pelo comércio. Em 1987, a parte gerada na indústria de transformação subiu para 86%, reduzindo-se substancialmente a participação dos demais setores. Já em 1993, esse percentual recua um pouco (82%).

Tabela 2  
**PARTICIPAÇÃO POR SETORES NA ECONOMIA  
 DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO CARBONÍFERA DO BAIXO JACUÍ,  
 RIO GRANDE DO SUL, (EM %).**

	Municípios	Setores	Participação por Setor
<b>Núcleo Básico</b>	Arroio dos Ratos	Indústria Geral	53
		Extrativa Mineral	4
		Agricultura	22
		Comércio	7
		Serviços	14
	Butiá	Indústria Geral	10
		Extrativa Mineral	52
		Agricultura	9
		Comércio	8
		Serviços	21
	Charqueadas	Indústria Geral	76
		Extrativa Mineral	10
		Agricultura	1
		Comércio	9
		Serviços	13
	São Jerônimo	Indústria Geral	9
		Extrativa Mineral	1
		Agricultura	45
		Comércio	23
		Serviços	22
Minas do Leão	Indústria Geral	1	
	Extrativa Mineral	63	
	Agricultura	22	
	Comércio	5	
	Serviços	10	
<b>Municípios Periféricos</b>	Triunfo	Indústria Geral	91
		Extrativa Mineral	-
		Agricultura	1
		Comércio	1
		Serviços	6
	General Câmara	Indústria Geral	-
		Extrativa Mineral	7
		Agricultura	63
		Comércio	15
		Serviços	16
<b>Municípios do Entorno</b>	Eldorado do Sul	Indústria Geral	76
		Extrativa Mineral	0
		Agricultura	6
		Comércio	9
	Barão do Triunfo	Indústria Geral	-
		Extrativa Mineral	0
		Agricultura	90
		Comércio	4
		Serviços	6

A atividade extrativa, com carvão compondo a maior riqueza mineral da Região, oscilou no período, com ligeiro crescimento entre 1982 e 1987, declinando nos anos seguintes, chegando em 1993 com 3% do valor adicional regional.

A participação da economia do Núcleo Básico ou da Região Carbonífera Tradicional apresenta-se decrescente nos últimos anos. Passou de 23,4% em 1985, para 13% em 1993 e, no conjunto do Estado essa participação declinou de 0,82% para 0,62%, no mesmo período, devido à redução no setor agropecuário, de pouca expressão, e redução do dinamismo industrial de Charqueadas, que exerceu um efeito depressivo de muita significação no conjunto da Região Carbonífera. Mesmo que Arroio dos Ratos tenha elevado a participação da indústria no conjunto de sua economia, a participação do Núcleo Básico saiu substancialmente, ocasionado pela desindustrialização de Charqueadas (queda de 90% para 76% de sua indústria). A extração de carvão foi muito irregular na Região no período entre 1980 e 1994, devido à indefinição da política energética do Governo Federal em relação ao carvão. Isso apresentou reflexos significativos na produção industrial que poderia derivar do carvão, bem como sobre todo o encadeamento da renda e do emprego regional. Mesmo o Pólo Petroquímico situado em Triunfo não foi suficiente para criar empregos necessários às pessoas que chegam pela primeira vez ao mercado.

Na Região Carbonífera, entre 1982 a 1993, houve um nítido aumento da população urbana em detrimento da população rural, que vem apresentando quedas percentuais ao longo dos últimos anos. Este processo toma força a partir da década de 80, quando a economia de determinados municípios apresentou um forte crescimento. Enquanto que em 1970 a população urbana da Região Carbonífera e do conjunto do Rio Grande do Sul possuíam praticamente a mesma estrutura, em 1980 esta Região tornou-se menos urbanizada do que o conjunto do Estado; mas entre 1980 e 1991 ela conheceu uma urbanização mais acentuada do que o total do Rio Grande do Sul.

## Geomorfologia e Vegetação

A área em estudo localiza-se na porção oriental do Baixo Jacuí - microrregião carbonífera - também denominada de Depressão Central ou Periférica Gaúcha. A fisiografia da área em estudo se caracteriza por apresentar, de sul a norte, mudanças no relevo e na área de drenagem, Apêndice 2.

A unidade morfoclimática situada ao sul da Depressão Central, representando um dos núcleos de embasamento cristalino brasileiro, compõe-se de relevos suavemente ondulados com coxilhas de altitudes de 200 m ao nível do mar, nos quais divisores mais elevados da região não alcançam 500 m. O conjunto soerguido, dômico é assimétrico e fortemente dissecado. Algumas formações sedimentares, que capeiam o velho arcabouço, também foram soerguidas tectonicamente, como os trechos situados a leste da cidade de Encruzilhada do Sul. A formação dos batólitos originam drenagens do tipo radial em relevo semi-circular e as vertentes norte orientais, paralelas aos cursos afluentes do rio Jacuí, alinham-se em numerosas cristas, que como os rios, tem direção NE-SO. A maioria dos afluentes da margem direita do rio Jacuí, em seu curso médio e alto nascem neste compartimento.

A Depressão Central Gaúcha ou Depressão Periférica do rio Jacuí esta locali-

zada entre os cones aluviais e os pedimentos do Planalto, ao norte e os patamares inferiores das serras de Sudeste (escudo Sul-Riograndense), ao sul. É composta de elementos de transição entre duas unidades, pois a Depressão Central deve sua gênese a uma evolução intimamente ligada à rede hidrográfica da bacia do rio Jacuí. A morfologia de perfis suaves corresponde a um baixo platô dissecado, tendo como eixo uma extensa planície fluvial inundável, de maior amplitude a jusante da confluência do rio Vacacaí com o Jacuí. Se caracteriza por ser suavemente ondulado, entre 5 e 10 m de altitude, cujos sedimentos gondwânicos são representados por siltitos, siltitos arenosos e areno silticos, conglomerados intraformacionais e lamitos vermelhos. Entre as colinas e os relevos tabuliformes, interpenetram-se seções de planícies, onde a drenagem é anastomosada ou, mesmo, desorganizada. O relevo se caracteriza por apresentar amplas planícies e coxilhas das formações sedimentares.

Seguindo em direção norte da área em estudo, abrangendo os municípios de Triunfo e General Câmara, verifica-se a existência de formas modeladas em superfícies acidentadas localmente pelas interrupções de rochas basálticas. Estas superfícies apresentam planos inclinados em patamares amplos e tabuliformes. No contato da encosta ou borda do Planalto com o compartimento inferior da Depressão Central Gaúcha, processam-se fenômenos de desnudação onde a rede de drenagem entalhou boqueirões, com o aparecimento de morros testemunhos.

Portanto, a região pode ser dividida em três compartimentos geomorfológicos, que têm sua individualidade originada nas seqüências geológicas que as compõem:

(i) Uma planície de inundação adjacente aos rios Jacuí e Taquari e aos Arroios dos Ratos, Porteirinha e Conde, na qual se localizam as cidades de São Jerônimo e Charqueadas bem como suas periferias urbanas, no Núcleo Básico da Região Carbonífera Tradicional.

(ii) Uma planície levemente ondulada, com altitudes variando entre 20 e 50 metros, na zona das camadas geológicas finas (arenitos finos e siltitos); sobretudo, englobando os municípios de Minas do Leão, Butiá e Arroio dos Ratos, no Núcleo Básico da Região Carbonífera Tradicional.

(iii) Uma faixa mais íngreme, com altitudes que chegam aos 150 metros, nas bordas e no escudo cristalino, no extremo sul da área de estudo englobando parte dos municípios de S. Jerônimo, Minas do Leão, no Núcleo Básico e, o município do entorno Barão do Triunfo.

Ao estudar a paisagem da Região Carbonífera Oliveira e Balbuena (1997) em seu relatório "**Cobertura vegetal na região carbonífera do baixo Rio Jacuí**", constante deste projeto, verificaram que as características geomorfológicas, pedológicas e hidrológicas permitem dividir a vegetação em 3 compartimentos.

(i) 1º compartimento: porções de áreas alagadiças, de larguras variáveis, cujas altitudes quase nunca ultrapassam os cinco metros, onde ocorre uma vegetação de caráter paludoso, permanentemente alagada, a partir do rio Jacuí e logo após a mata ciliar do próprio rio (nos pontos onde essa ainda persiste). A vegetação palustre é a que mais contribui para a fisionomia dessa porção do terreno, podendo ser subdividida nas seguintes categorias: sociedades flutuantes, sociedades de beira d'água, sociedade do ba-

nhado, sociedades do prado úmido, sociedades das ilhas inundáveis e sociedades de galeria. Nos locais onde as áreas baixas apresentam uma continuidade, desde a margem do rio, penetrando na direção sul, o caráter paludoso da vegetação faz-se notar em amplas áreas internas, principalmente junto ao trecho a montante da barragem de Amarópolis, onde o ambiente lântico, criado a partir do barramento do rio Jacuí permitiu o desenvolvimento de grande áreas de vegetação alagada. Esses ambientes devem ser vistos como uma unidade ecológica funcional, uma vez que têm fluxos de material e energia próprios, numa dinâmica que é determinada em grande medida pelo movimento do água através do solo. Esse trabalho torna manifesto o fato de a vegetação das margens do rio apresentar uma conformação que é determinada, em grande medida, pela variação da morfologia das áreas adjacentes.

(ii) 2° compartimento: a partir dessa faixa alagada, encontram-se as áreas baixas, utilizadas intensivamente para o cultivo de arroz e para a pecuária. Esse trecho da área de estudo pode ser considerado o mais alterado da região. A atividade agrícola é responsável por notáveis modificações na drenagem local, através da abertura de canais de irrigação, o que, em alguns pontos, chega a alterar os cursos dos arroios que drenam para o rio Jacuí. Apesar de as altitudes também serem baixas, com variações que atingem poucos metros, aqui a presença de água não é constante ao longo do ano, ao contrário do que acontece com o primeiro compartimento descrito. É importante destacar a presença marcante de *Mimosa bimucronata* (maricá), não somente na área aqui considerada, como também em toda a região do baixo rio Jacuí, principalmente junto aos banhados e avançando sobre os campos nos locais favoráveis ao seu desenvolvimento, como são aqueles onde há disponibilidade de água ao longo de todo o ano.

(iii) 3° compartimento: ocupa as primeiras elevações da Serra do Sudeste, sobre cotas que vão de uma altitude de cerca de vinte metros até mais de cento e cinquenta metros. A pecuária, o cultivo de eucalipto e a fruticultura, principalmente de rosáceas e cítricas, são as atividades mais comuns na região da Serra do Sudeste, na qual também ocorrem capões de mata nativa, nos locais onde uma maior acumulação de água e matéria orgânica permite o desenvolvimento de vegetação de maior porte. Essas matas são de caráter bastante distinto daquelas que ocorrem nas porções mais baixas, junto às margens do rio Jacuí.

A cobertura vegetal cuja estrutura e composição é determinada principalmente por três principais agentes, quais sejam, a situação topográfica, as condições edáficas e o uso antrópico das áreas adjacentes.

## **Clima e Fluviometria**

Segundo Ferraro e Hasenack (1997) em seu estudo “**Avaliação das Variáveis Climáticas de Superfície do Baixo Jacuí - RS**”, constante deste projeto, a microrregião do Baixo Jacuí é uma região quente com temperatura média anual de 19,4°C. A temperatura média anual varia entre 19° C, em Triunfo e 20,2° C, em Taquari. A causa destas temperaturas mais elevadas é o afluxo de ar proveniente dos planaltos circundan-

tes que, por efeito de subsidência, sofre um aquecimento adiabático. Quanto às temperaturas extremas, a média das máximas oscila entre 24,3°C e 25,5°C, com valores absolutos superiores a 40°C. A média das temperaturas mínimas fica entre 14,2°C e 15,2°C, com mínimo absoluto inferior a 0°C, exceto Porto Alegre.

A área em estudo apresenta relativa homogeneidade quanto aos valores térmicos. Por ser uma área de topografia suave, a altitude não apresenta importância determinante. A latitude, que varia em torno de 17° para as estações extremas, também não chega a originar diferenças significativas na intensidade da insolação.

As normais pluviométricas anuais são superiores a 1800 mm. Em relação às outras regiões do Estado, faz parte do regime de chuvas de inverno (28%), exceto o oeste da região, que acompanha a faixa de outono. É classificada como pertencente ao tipo climático úmido a subúmido, médio.

A precipitação total anual da área varia entre 1300 e 1500 mm. Os totais próximos a 1300 mm são observados em estações que se localizam nas áreas mais baixas da planície, ao longo do talvegue do vale do Rio Jacuí. À medida que se distanciam das margens do Rio Jacuí, no sentido norte-sul, o total pluviométrico anual aumenta, acompanhando as cotas altimétricas. A topografia, que não apresentou influência marcante na temperatura, tem um papel mais significativo no caso da pluviometria. A distribuição sazonal mostra a concentração do período chuvoso nos meses do inverno, exceto nas estações de Charqueadas e Mariana Pimentel, que é na primavera. Os valores, neste período, são sempre superiores a 100 mm, chegando a um máximo de 162,4 mm em Santo Amaro, para a média dos 3 meses de inverno. Para a maioria das estações, o período menos chuvoso é o outono, com exceção de Butiá e Triunfo, que é no verão.

Fica evidente que a área não possui época seca, pois em nenhuma das estações a curva da temperatura se sobrepõe à da precipitação durante o curso anual.

A umidade relativa mantém-se alta o ano inteiro para todas as estações, variando entre 70 e 87%. Os valores mais altos concentram-se nos meses do inverno devido às temperaturas mais baixas nesta estação, já que tanto a Massa Tropical Marítima como a Massa Polar Marítima possuem um alto teor de umidade.

A velocidade média geral dos ventos varia entre 1,5 e 2,0 m.s<sup>-1</sup>, predominando acentadamente os do quadrante leste.

Quanto ao balanço hídrico, é possível observar que em todas as estações há um período de deficiência hídrica no solo. Este período é compreendido entre outubro e março, quando a precipitação diminui e a evaporação e a evapotranspiração aumentam. Deste modo, é utilizada a água armazenada no solo que, conforme a situação, pode levar a um déficit hídrico. Apesar de já ter sido comentado que a área não apresenta estação seca, a deficiência hídrica encontrada no balanço hídrico relaciona-se com o desenvolvimento do ciclo vegetativo das plantas. Desde que a evapotranspiração real seja menor que a potencial ocorre falta da água necessária para manter a vegetação verde e turgescente. A este fenômeno dá-se o nome de deficiência. O excedente hídrico representa o excesso de precipitação que não é incorporado ao solo quando sua capacidade de armazenamento está completa.

A rede hidrográfica, na Depressão Central, se caracteriza pelo vale principal do Rio Jacuí, navegável em toda a extensão, de direção leste, percorrendo 363 km até a foz,

com desnível de 3,5 m e declividade média de 9,7 cm/km. Ao norte recebe como afluente o rio Taquari e, ao sul, tem como afluentes o Arroio do Conde, Arroio da Porteira e Arroio dos Ratos, Apêndice 5.

O rio Taquari está excluído da influência do carvão, porém os afluentes da margem sul do rio Jacuí estão totalmente inseridos na área de influência direta devido a sua ocorrência natural como rocha, bem como das atividades que envolvem a extração, transporte e usos do carvão mineral.

## Uso do Solo

Oliveira e Balbuena (1997) em seu relatório “**Cobertura vegetal na região carbonífera do baixo Rio Jacuí**”, constante deste projeto, apresentam o resultado da classificação da imagem de satélite, na região de abrangência deste estudo, Apêndice 4.

No mapeamento, realizado através da classificação de imagem de satélite, foram obtidas 9 classes de uso e cobertura do solo: água, campos, pastagens introduzidas, reflorestamentos, mata nativa, banhados, áreas de mineração, solo descoberto e áreas urbanas.

Muitas das áreas agrícolas, principalmente aquelas de várzea, destinadas ao cultivo de arroz, estão incorporadas à classe de solo nu, uma vez que nesse período do ano (setembro) essas encontram-se em pleno processo de preparo para o cultivo. A grande maioria das áreas de reflorestamento correspondem a plantações de eucalipto, estando presentes alguns talhões de acácia-negra, ambas espécies utilizadas na indústria de celulose. Além disso, existem na região taquareiras que servem como quebra-vento e algumas áreas nas quais essas plantas foram cultivadas também para a indústria papelreira, prática hoje em desuso.

Variando desde as áreas inundáveis contíguas ao rio Jacuí aos campos sobre terrenos secos da Serra do Sudeste, a vegetação originalmente presente possibilitou o uso de extensas áreas para a pecuária, já no início da colonização açoriana no Estado, atividade que ainda hoje persiste na região.

A exploração do carvão mineral, a partir do século, inicialmente se dava através da mineração subterrânea, e posteriormente substituída pela atividade a céu aberto, onde tal técnica fosse possível, introduziu um novo e importante elemento de modificação de extensas áreas, Apêndice 3.

Além da atividade extrativa propriamente dita, o fato da região abrigar duas usinas termelétricas em operação e uma terceira cujas obras se encontram paralisadas, faz das atividades vinculadas à exploração e ao uso do carvão o principal agente de alteração da paisagem em escala regional.

Nas áreas urbanas correspondente ao compartimento geomorfológico de áreas de inundação se localizam os complexos termelétricos de São Jerônimo e Charqueadas. A utilização do carvão como recurso energético gera quantidades significativas de resíduos - cinzas e rejeitos - os quais constituem grande problema ambiental. Uma parcela significativa não tem aproveitamento, sendo disposta de forma indiscriminada dentro do perímetro urbano sob a forma de aterros, recapeamento de estradas secundárias e aterros nas zonas rurais.

As minas ocupando extensas áreas, nas quais as soluções de remediação se encontram em geral aquém do minimamente necessário para a manutenção de comunidades naturais estáveis, e a disposição de cinzas e rejeitos de forma descontrolada, principalmente nas áreas mais próximas ao rio Jacuí, provocam alterações cuja importância excede os limites físicos dessas áreas. Além disso, nas áreas urbanas correspondentes ao compartimento geomorfológico de inundação se localizam os complexos termoelétricos de São Jerônimo e Charqueadas. A utilização do carvão como recurso energético gera quantidades significativas de resíduos cinzas e rejeitos, os quais constituem grande problema ambiental. Uma parcela significativa não tem aproveitamento, sendo disposta de forma indiscriminada dentro do perímetro urbano e nas zonas rurais, contaminando águas, solos e ar.

A mineração de carvão a céu aberto ativa está representada pela mina do Recreio e Butiá Leste no município de Butiá, sendo que as minas de Shumaikal (município de Minas do Leão), mina de Água Boa, mina do Faxinal e mina do Calombo (município de Arroio dos Ratos) estão desativadas, Apêndice 3.

A mineração subterrânea ativa está no município de Minas do Leão (mina do Leão I) e no município de Charqueadas (mina de Charqueadas). Estão desativadas a mina de Arroio dos Ratos, mina de Butiá e a mina do Leão II, Apêndice 3.

A vegetação original (matas nativas) é representada, predominantemente, por campos naturais substituídos, em grande parte, por culturas cíclicas e por florestamento de eucalipto e acácia. As planícies aluviais são utilizadas para lavouras de arroz irrigado em rotação com pastagem natural onde se pratica pecuária extensiva. Ao longo dos arroios e dos rios ocorrem matas ciliares naturais.

Uma análise preliminar das condições de conservação dos distintos compartimentos ambientais caracterizados ao longo desse estudo permite afirmar serem os banhados e matas ciliares os ambientes mais ricos, tanto em termos de produtividade como de diversidade de espécies.

Os campos utilizados para a agricultura e as lavouras, principalmente de arroz, nas áreas de várzea, são práticas que também afetam os processos naturais de evolução dos ambientes da região. A lavoura orizícola depende da intensa utilização de insumos, fertilizantes e herbicidas (cujo carreamento para os corpos d'água pode afetar a biota de uma forma significativa), e do sistema de irrigação, no qual as drenagens naturais são substituídas pelo canais que distribuem a água para as lavouras. A pecuária se dá de forma extensiva, em geral utilizando como forrageiras basicamente as espécies nativas.

As matas nativas da região estão sujeitas à extração seletiva das essências mais nobres e à retirada de lenha, práticas que afetam em graus distintos a estabilidade dessas áreas. A presença do gado em áreas de vegetação arbórea nativa também pode ser apontada como um fator de instabilidade desse sistema, pelo forrageamento e pisoteio das fases jovens das espécies das matas, afetando o processo de regeneração natural das mesmas.

#### **4.5. Geologia do carvão na área do estudo.**

Pode-se observar a ocorrência de rochas graníticas e sieníticas, gnaisses e migmatitos, quartzo-mica-xistos, quartzitos micáceos e calcários marmorizados ao sul da área em estudo representando rochas do Pré-cambriano indiferenciado, formando a borda norte do

embasamento cristalino. Seguindo na direção norte verifica-se a ocorrência de rochas Paleozóicas do Carbo-Permiano do Grupo Itararé Indiviso (folhelhos, argilitos cinza-escuros, várlicos, ritmitos, arenitos finos e diamictitos, apresentando acamadamento gradacional, laminação convoluta, plano-paralela, cruzada, marcas de onda, “flaser” e “cone-in-cone”). No Permiano Médio e Superior, ocorreu a deposição do Grupo Guatá, em ambiente litorâneo, flúvio-deltaico e, progressivamente, marinho de águas rasas. Os depósitos correspondentes a esse ambiente são arenitos finos e grosseiros, siltitos, folhelhos carbonosos, camadas de carvão e siltitos argilosos. Representando o Permiano com ocorrência da Formação Rio Bonito (siltitos cinzas e e folhelhos escuros, carbonosos, com leitos e camadas de carvão. Associações de arenitos cinza esbranquiçados, finos a grosseiros, localmente conglomeráticos, estratificação paralela, cruzada e acanalada), Formação Palermo (siltitos arenosos cinza a amarelo-esverdeados, quando alterados. Arenitos finos na base e na parte superior. Intensa bioturbação, laminação cruzada e lenticular, ondulação, cimento calcífero e “flaser”), Formação Irati (argilitos, folhelhos cinza-escuros a pretos pirobetuminosos, intercalando lentes de margá), Formação Estrada Nova (argilitos, folhelhos siltitos cinza a cinza-escuros ou pretos com lentes arenosas calcíferas, laminação ondulada, flaser) e Formação Rio do Rastro (arenitos finos, bem selecionados, lenticulares, siltitos e argilitos, esverdeados, bordôs ou avermelhados, com laminações paralela e cruzada acanalada, ondulação “climbing”, “lisen” e “wavy”).

Na região norte da área em estudo observa-se a ocorrência de rochas representantes do Mesozóico, no período Triássico com ocorrência da Formação Rosário do Sul (arenitos avermelhados, finos a médios, quartzosos com estratificação paralela e cruzada acanalada e lentes de conglomerado intraformacional) e do Membro Santa Maria (siltitos vermelhos, maciços, arenitos médios a grosseiros, rosados com laminação plano paralela e estratificações cruzada acanalada e cruzada tabular), do período Jurássico-Cretáceo com ocorrência da Formação Serra Geral (soleira e diques de rochas básicas e intermediárias). O Cenozóico, do período do Quaternário (Qf - aluvião e/ou coluvião, inconsolidados, essencialmente constituídos por cascalho, areia e silte, eventualmente inundados em épocas de cheias) e (Qa - aluvião atual inconsolidado, constituído essencialmente por clásticos finos a grosseiros) ocorrem junto à rede hidrogáfica da região, Apêndice 5.

No Rio Grande do Sul, as jazidas de carvão ocorrem circundando o Escudo Sul-riograndense, associadas a outras rochas sedimentares da Depressão Periférica do Estado. Fazem parte das rochas gondwânicas, correlacionadas com outros conjuntos sedimentares na África do Sul, Índia, Austrália e Antártica. Apresentam um número variável de camadas de carvão e a espessura destas camadas variam, não atingindo, via de regra, mais de 2 metros, exceção feita à camada de Candiota que chega a alcançar mais de 4 metros de espessura. A ocorrência destas rochas sedimentares, ao sul da área em estudo, está condicionada a existência de rochas do embasamento cristalino e, portanto, ao efeito de borda, onde as camadas sedimentares encontram-se inclinadas, com mergulho para o norte.

As jazidas de carvão encontram-se orlando os bordos sudoeste, norte e nordeste do Escudo Sul-riograndense, parecendo situar-se dentro do embasamento deste no Permiano com a deposição da Formação Rio Bonito.

As jazidas de carvão do Rio Grande do Sul formaram-se em turfeiras predominantemente subaquáticas, de fácies orgânicas límnic e limnotelmático, sendo formadas por vegetais pteridófitos de porte arbustivo e herbáceo associados a gimnospermas

arborescentes e a elementos vegetais relacionados a algas. Tal ambiente desenvolveu-se em uma bacia intracratônica - Bacia do Paraná - de lenta subsidência, condicionando a formação de camadas pouco espessas de carvão associadas a rochas sedimentares predominantemente pelíticas.

O desenvolvimento da vegetação foi condicionado pelas variações do nível da água nas turfeiras, proporcionando a deposição simultânea de matéria orgânica e inorgânica intimamente associadas e a oxidação dos detritos vegetais transportados para o interior das turfeiras. As camadas de carvão formadas sob estas condições geológicas apresenta altos teores de minerais (calcita, quartzo, pirita e outros que após a combustão origina um resíduo chamado de cinzas), em especial argilas e de inertes, associadas a quantidades expressivas de constituintes exiníticos, derivados de algas e esporos.

A maior parte dos minerais que contaminam os carvões Sul Rio-grandenses não está compactada, mas sim disseminada na matéria carbonosa. Essa mistura de material mineral e carbonoso origina um material de densidade intermediária. O carvão fóssil fica, portanto, constituído de frações mais ricas em matéria carbonosa, com densidade menor que o carvão bruto; frações com porções aproximadamente iguais, com densidade intermediária. O carvão fóssil fica, portanto, constituído de frações mais ricas em matéria carbonosa, com densidade intermediária e, finalmente frações mais pesadas onde predominam os constituintes minerais.

Quanto à qualidade dos carvões de Leão-Butiá, observou-se em análises imediata, em base seca e poder calorífico do *run-of-mine* de Leão, com valores de 10 % de umidade total, 22,4 % de materiais voláteis, 30,5 % de carbono fixo, 47,1 % de cinzas, 1,7 % de enxofre total e poder calorífico superior a 3.740 cal/g. A jazida de Charqueadas tem, em média 44 % de cinzas e poder calorífico superior, em base seca, próximo a 4.150 cal/g e outras camadas com 3 % a menos de cinzas e 200 cal/g a mais de poder calorífico, ambos valores sendo, entretanto, contrabalançados por uma maior intercalação de estéreis nestas camadas. Caracterizado como "Betuminoso de alto volátil C, não aglomerante", os carvões do Rio Grande do Sul são, em sua quase totalidade, utilizados para alimentar usinas termoeletricas (IBGE, 1986).

## **ESTUDO EXPERIMENTAL: USOS, ESTOQUES E FLUXOS (UEF) DE CARVÃO NA ÁREA DE ESTUDO**

### **Introdução**

A partir deste item abordaremos de maneira prática (experimental) a metodologia de abordagem proposta no Capítulo 3 considerando os objetivos ali expostos.

(1) Sugerir informações (sócio-econômico-ambientais, no caso presente) as quais deveriam ser consideradas quando contabilidades, a todos os níveis (nacional, regional, estadual, municipal e, mesmo, com as devidas adaptações, projetos individuais), são publicadas, a fim de evitar interpretações errôneas das variações no nível da renda (i.e., na

avaliação do crescimento econômico) por políticos, técnicos, empresários e o público em geral. **No caso presente a abordagem envolve o ajuste da contabilidade ao nível municipal (i.e., PIB municipal) na área do estudo.**

(ii) Examinar se é possível corrigir estas rendas para as perdas ambientais, tanto para os RN não-renováveis (**no caso, a mineração de carvão**), quanto RN renováveis (**sobretudo solos e águas afetados pela mineração do carvão, no caso presente**). Propondo, para tanto, uma maneira prática e defensável para o problema da construção de “preços-sombra” para as funções (usos) ambientais, que sejam diretamente comparáveis aos preços de mercado dos bens e serviços produzidos pelo homem.

**OBSERVAÇÃO:** Conforme o exposto anteriormente, o ajuste na contabilidade das rendas deve ser feito *gradualmente*, um RN de cada vez (e.g. exaustão de depósitos de minério, qualidade das águas, pesca, florestas, etc.), e *adicionalmente* a medida que nossas metodologias vão se firmando e as bases físicas de nossos cálculos melhoram.

Portanto, a estrutura metodológica aqui proposta objetiva a análise da **ATIVIDADE MINERAÇÃO DO CARVÃO** e da sua inserção na contabilidade da renda para a área do estudo, integrando elementos de avaliação ecológica, social e econômica. Os demais RN (água, solo, etc.) serão aqui abordados como compartimentos ambientais substratos dos impactos (externalidades) gerados por esta mineração.

A partir do exposto, esperamos ter ficado claro que para um ajuste completo da contabilidade na área do estudo (i.e., PIB municipal no presente caso), é necessário que o método proposto seja aplicado às outras atividades específicas na área do estudo (e.g. termelétricas e agricultura). Após isso feito poderíamos integrar os resultados e realizar uma completa correção dos PIB municipais. Nosso interesse aqui é o de desenvolver e testar o método somente para a **MINERAÇÃO DO CARVÃO** e seus efeitos sobre outros RN.

(iii) Estimar o conteúdo de “renda verdadeira” dos lucros auferidos com a venda de recursos minerais considerando a exaustão de um bem natural que não é renovável (**carvão, no caso presente**).

(iv) Fornecer subsídios para a análise do mérito e da sustentabilidade da utilização do carvão na área do estudo, através da avaliação das suas componentes ecológica, social e econômica. **No caso presente, a experimentação do método se dará, principalmente, ao nível de diagnóstico de situação atual associado a incursões prognósticas (sobretudo dos incrementos de fluxos do recurso, estimados pelos organismos oficiais responsáveis), a fim de fornecer as bases para a correção do PIB dos municípios produtores de carvão, e de identificar elementos e parâmetros a serem aprofundados ou incorporados aos estudos para a completa consecução da metodologia proposta.**

## **Usos do Carvão**

A indústria siderúrgica nacional deve usar 20% de carvão brasileiro para confecção de aço, de acordo com legislação federal, porém, somente o carvão de Santa Catarina (camada Barro Branco) é coqueificável, com uma recuperação de 15 a 20% de carvão metalúrgico. Os carvões gaúchos não são coqueificáveis sendo, portanto, excluídos do mercado siderúrgico nacional. Praticamente toda produção de carvão no Rio Grande do Sul é consumida na termelétricidade (termelétricas de Candiota III, Termochar em Charqueadas e São Jerôni-

mo), uma pequena parte é consumido na siderurgia (Aços Finos Piratini S.A.) e como combustível substituto dos derivados de petróleo na fabricação de cimento. As cinzas resultante da queima do carvão mineral podem ser utilizadas na estabilização de solos para leito de rodovias e aterros, fabricação de tijolos, cimento e estruturas de concreto.

O carvão mineral constitui a maior parcela dos recursos energéticos não renováveis, dos quais representa cerca de dois terços, sendo prevista uma participação expressiva desse insumo no contexto econômico - energético nacional, a partir da próxima década, quando a geração termelétrica a carvão expandir-se-á de forma substancial, segundo o **Conselho de Implantação do Complexo Carboquímico do Estado do Rio Grande do Sul (CONCARBO)**. No cenário internacional, as marcantes mudanças iniciadas nos países desenvolvidos, neste final de século, têm alterado estruturas políticas, sociais e econômicas, propagando-se para o resto do mundo. Pode-se vislumbrar um cenário evidenciado pela interpenetração de mercados, suspensão de barreiras alfandegárias e distinção internacional do qual, no Brasil, o reflexo mais recente é a formação do MERCOSUL.

Segundo a CONCARBO-RS, a crescente participação do setor elétrico no equacionamento de questões ambientais, acarretadas pelo uso do carvão na geração de energia elétrica, visa permitir um aproveitamento das reservas minerais nacionais deste combustível sem comprometer o meio ambiente. A expansão dos sistemas elétricos deve buscar as mudanças no modelo tecnológico para a geração termelétrica, em função das limitações de ordem ambiental e legal dos locais onde serão implantados. A geração termelétrica, a partir do uso do carvão mineral, em termos mundiais, decorre de algumas características próprias: o seu preço em relação ao seu poder energético, a elevada disponibilidade em praticamente todos os pontos do planeta, seja sob a forma de depósito, seja pelo seu transporte simples e seguro e, ainda, pela não adaptabilidade a muitas maneiras de uso, que não a queima em fornalhas.

No Brasil, o **Plano 2010 da Eletrobrás** (no seu Relatório Final: Expansão Termelétrica a Carvão Mineral, outubro de 1989) já diagnosticava para a região sul o desenvolvimento da termelétrica a carvão mineral, tendo em vista o potencial de seus recursos. Indicava, também, a necessidade de conhecimento e domínio tecnológico estabelecendo, como estratégia a progressiva capacitação tecnológica, garantindo uma transição harmônica de um programa predominantemente hidrelétrico para um futuro sistema hidrotérmico.

Segundo a Eletrobrás (**Plano 2015: oferta de energia elétrica, tecnologias, custos e disponibilidades. Subprojeto Carvão Mineral: prospecção do seu uso na termelétrica, janeiro de 1992**), numa usina termelétrica a disponibilidade de combustível não é aleatória. No caso de estiagem, a entrada em operação das termelétricas pode ser priorizada. A utilização do carvão mineral, para a geração de energia elétrica iniciou-se na década de 20, tanto em Santa Catarina, quanto no Rio Grande do Sul. Em Santa Catarina, com o uso de uma máquina a vapor de 20 HP e, no Rio Grande do Sul com a Usina Ponta da Cadeia (Usina do Gasômetro em Porto Alegre), com potência de 24,6 MW, visando a iluminação pública da cidade de Porto Alegre. Na década de 40 foi implantada a Usina Termelétrica de Capivari (SC) com potência de 20 MW e, no RS, a Usina Termelétrica de São Jerônimo, iniciando sua operação em 1954, com 2 máquinas de 5 MW cada, sendo acrescida de mais uma máquina de 10 MW, em 1958. Em 1961 instalou-se a Usina de Candiota I com 20 MW, desativada em 1974 com a operação da

Usina Presidente Médici Fase A com 63 MW e, a partir de 1987, a Fase B, com mais duas máquinas de 160 MW, elevando a potência instalada para 446 MW.

Em 1962, em Charqueadas, entrou em operação a Usina TERMOCHAR com 54 MW, ampliada para 72 MW em 1965. Atualmente está em operação a unidade Candiota III, com 350 MW da CEEE e, em Jacuí I com 350 MW, no município de Eldorado do Sul, em fase final de construção.

Portanto, na área do estudo a potencia atualmente instalada é de 92 MW (usinas de S. Jerônimo e TERMOCHAR) à qual, em breve, se somarão os 350 MW de Jacuí I.

O Plano 2010 prevê um programa termelétrico mínimo a carvão de 4000 MW para o Rio Grande do Sul no ano de 2010, já considerando as usinas em construção.

## Estoques de Carvão

O termo Estoque aqui corresponde às Reservas de carvão na área de estudo.

A partir dos dados do DNPM 1993), *in* Neves e Chaves (1997) “**Notas para o estudo da Região Carbonífera Tradicional do Rio Grande do Sul**”, neste projeto, as reservas de carvão no Rio Grande do Sul concentram 89% da reserva de carvão do Brasil e a área carbonífera tradicional concentra 19% das reservas do Rio Grande do Sul, como pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3  
RESERVAS<sup>1</sup> DE CARVÃO MINERAL NO BRASIL  
(EM MILHÕES DE TONELADAS)

Estados	Média	Indicada <sup>2</sup>	Inferida <sup>3</sup>	Total	Marginais <sup>4</sup>	Total
São Paulo	3,5	1,0	-	4,5	4,0	8,5
Paraná	74,4	23,4	3,7	101,5	2,7	104,2
Santa Catarina	410,2	875,9	1.035,6	2.321,6	1.041,4	3.363,0
Rio Grande do Sul	2.621,6	6.079,3	5.943,2	14.644,1	14.159,3	28.803,4
Brasil	3.109,6	6.979,7	6.982,5	17.071,78	15.207,4	32.279,1

<sup>1</sup> Reserva: é a parte identificada de um recurso que obedece critérios específicos mínimos, físicos e químicos, em relação a práticas atuais de lavra e produção, tais como: teor, qualidade, largura e profundidade, a qual poderá ser explorada num tempo determinado.

<sup>2</sup> Reserva Indicada: é a reserva externa à reserva medida, num raio de 1200 metros cuja área de influência corresponde a uma coroa circular de área 4,02 km<sup>2</sup>, excluindo a reserva medida.

<sup>3</sup> Reserva Inferida: é a reserva situada além da reserva indicada até uma distância máxima de 4800 metros dos furos.

<sup>4</sup> Reserva Marginal: porção dos recursos identificados cujas condições de extração econômica estão um pouco aquém das condições de preço mínimas à época da avaliação. Pequenas variações nas condições de preço ou novas tecnologias de produção e utilização podem permitir a elevação da reserva marginal à categoria de reserva.

As reservas de carvão do Rio Grande do Sul totalizam 28.803 milhões de toneladas, enquanto o total das reservas brasileiras é de 32.279 milhões. Portanto, o Rio Grande do Sul concentra 87,5% das ocorrências de carvão mineral do país. Apesar de ter as maiores reservas, a produção de carvão no RS é oito vezes menor do que a produção catarinense, pois o carvão gaúcho contém elevada quantidade de cinzas sendo, portanto, de menor interesse econômico, sendo excluído do uso na siderurgia tradicional. Com isso, a produção gaúcha é quase que totalmente consumida na termelétricidade.

O **Plano 2010 e a expansão termelétrica a carvão (outubro de 1989)**, pela ocorrência geográfica, apresenta os recursos em carvão mineral do Rio Grande do Sul em 3 setores carboníferos diferenciados: Candiota, Médio e Baixo Jacuí e Litoral Norte e as reservas por setor carbonífero são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4  
RESERVAS DE CARVÃO MINERAL O RIO GRANDE DO SUL  
(PLANO 2010 E EXPANSÃO TERMELÉTRICA A CARVÃO, 1989)

SETOR CARBONÍFERO NO RS	RESERVA no BRASIL (%)	RESERVA no RS (%)	RESERVA POR SETOR CARBONÍFERO
Candiota <sup>1</sup>	38	44	12,3 bilhões de t
Médio e Baixo Jacuí <sup>2</sup>	26	30	8,3 bilhões de t
Litoral Norte <sup>3</sup>	23	26	7,4 bilhões de t

<sup>1</sup> A jazida de Candiota situa-se à oeste do RS, próximo do município de Bagé.

<sup>2</sup> Médio e Baixo Jacuí representa a Região Carbonífera Tradicional do RS.

<sup>3</sup> Litoral Norte, representam recursos carboníferos do RS e destaca-se por conter carvão coqueificável (o carvão metalúrgico contido perfaz mais de 80% das reservas nacionais conhecidas *in situ*, porém não existem unidades mineiras em operação).

A extração de carvão na Região Carbonífera Tradicional, atualmente, é principalmente realizada:

(i) em minas subterrâneas: na jazida de Charqueadas, no município de mesmo nome, que responde por 10% das reservas gaúchas de carvão e Leão I, no município de Minas do Leão, cujas reservas representam 9% do total do Estado. Estão desativadas a mina de Arroio dos Ratos, mina de Butiá e a mina do Leão II, Apêndice 3.

(ii) e, em minas a céu-aberto representadas pelas minas do Recreio e de Butiá Leste no município de Butiá. Estão desativadas as minas Shumaikal (município de Minas do Leão), mina de Água Boa, mina do Faxinal e mina do Calombo (município de Arroio dos Ratos), Apêndice 3.

A extração de carvão é efetuada na Região Carbonífera pelas empresas COPEL-MI Mineração Ltda e Companhia Riograndense de Mineração - CRM. A primeira empresa atua no município de Charqueadas na mina do mesmo nome, nas minas dos municípios de Arroio dos Ratos (Faxinal, Calombo e Butiá-Leste e na mina de Recreio, situada em parte no município de Butiá e, em parte em Minas do Leão). A CRM atua na extração de carvão mineral nas demais minas do município de Minas do Leão (Leão I, Leão II e Taquara).

## Fluxos de Carvão

Os Fluxos de carvão aqui correspondem à produção média anual.

A partir dos dados do DNPM, *in* Souza e Bittencourt “Aspectos globais da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul”, neste projeto, construiu-se a Tabela 5.

Tabela 5  
PRODUÇÃO DE CARVÃO RUN OF MINE\* (VALORES MÉDIOS  
EM 1000 T/ANO) POR MUNICÍPIO E POR MINA ENTRE 1980 E 1994.

Municípios- minas	1980 a 1984	1985 a 1989	1990 a 1994
<b>Arroio dos Ratos</b>			
- Faxinal**	1746	3565	970
- Calombo	56	-	-
<b>Butiá</b>			
- Butiá-Leste**	-	529	1392
	6122	9326	5573
<b>Charqueadas</b>	1557	961	-
	1997	1404	722
<b>Minas do Leão</b>			
- Leão I**	28	-	-
- Leão II	-	-	-
- Taquara	-	-	-
<b>Total Geral</b>	<b>11506</b>	<b>15785</b>	<b>2757</b>

\* carvão run of mine - como sai da mina, sem ser beneficiado.

\*\*minas em funcionamento.

A produção média anual (em 1000 t/ano) de carvão se manteve num nível elevado na Região Carbonífera Tradicional entre 1983 e 1988, tendo oscilado de 3.211 t/ano, em 1987 a 3.787 t/ano, em 1983. A mina de Recreio, a mais importante da Região Carbonífera, apresentou seu melhor desempenho em 1985 e 1986, compensando a queda da produção em Charqueadas e o encerramento das atividades da mina de Calombo e de Leão II, em 1984.

Houve uma queda de 25% da extração de carvão mineral em 1989 quando comparada com 1988. Esta redução na extração de carvão na região foi constante até 1994. A previsão das empresas que trabalham na região é de que se tenha produção para os próximos anos semelhante à extração realizada em 1994, com incremento na produção da mina de Taquara, compensado pela queda na produção da mina do Leão I, de responsabilidade da CRM. No entanto, a COPELMI prevê uma produção semelhante a de 1994 para todas as minas, com exceção da mina do Faxinal com aumento de produção. Estas previsões das duas empresas, levam a acreditar em um aumento da extração da ordem de 11% em relação a 1994, para os próximos anos.

### **Análise prognóstica das relações entre Uso-Estoque-Fluxos do carvão na área do estudo.**

A utilização do carvão na área do estudo é, essencialmente, com a finalidade de geração de energia para termelétricidade. Então, é a relação Estoque (i.e., Reservas) - Fluxos (i.e., Produção Média Anual) de carvão que merece nossa atenção.

Antes de tudo, uma ressalva se faz necessária. No Plano 2010 da Eletrobrás, a ELETROSUL tem chamado a atenção para o fato de que o programa termelétrico daquele Plano, estruturou-se sobre uma base de dados bastante diversificada e heterogênea. Dessa forma, ainda que haja plena segurança sobre a efetiva suficiência das reservas carboníferas disponíveis para o programa estabelecido no Plano 2010, considera conveniente que se promova uma revisão e consolidação de tal acervo de dados e informações e sua complementação.

Independentemente da necessária consolidação dos dados, uma primeira observação pode ser feita: considerando os dados expostos nas tabelas 4 e 5, a relação Fluxos de Carvão (ordem de grandeza  $10^6$ ) / Reservas de Carvão (ordem de grandeza  $10^9$ )  $\sim 1000$  (i.e.,  $10^3$  anos potenciais de exploração de carvão).

No entanto, esta abordagem "bruta" tem de ser considerada mais em detalhe.

Primeiramente, o aproveitamento do carvão mineral para fins de geração de energia elétrica caracteriza-se pelo seguimento de duas rotas distintas, as quais são função das características do carvão.

(i) A primeira rota é o atendimento do mercado de energia elétrica quando as características do carvão indicam ser este o seu melhor aproveitamento. Nesta rota, o fator de propulsão é o mercado de energia elétrica, aliado à competitividade das usinas termelétricas.

(ii) A segunda rota é o aproveitamento de frações intermediárias resultantes do processo de beneficiamento do carvão. A implantação das usinas termelétricas tem como ponto de partida o mercado para as frações mais nobres e seu objetivo é o da viabilização da utilização do carvão como um todo. Na área do estudo, os carvões produzidos são, em sua maioria, beneficiados.

Gaivizzo *et al.* (1997) no estudo "Recuperação de Áreas Utilizadas para Depósitos de Rejeitos de Minas de Carvão", neste projeto, ressaltam que as jazidas de carvão do Rio Grande do Sul apresentam altos teores de matéria mineral não combustível associados ao carvão, reduzindo o poder calorífico e liberando poluentes at-

mosféricos quando queimados. Durante o beneficiamento do carvão, de 30% a 60% do material minerado é refugado, resultando na produção de grandes volumes de rejeitos, constituídos basicamente por materiais carbonosos e minerais (pirita e argilominerais) sem valor comercial, que são depositados em áreas próximas ao local de mineração.

Logo, nem todo carvão, atualmente, vai para as termelétricas e, além disso, o beneficiamento do carvão pode representar um fator condicionante importante na ampliação da produção do setor, mesmo considerando-se que minas a céu-aberto (técnicas, custos, proteção ambiental, etc.). Por exemplo, segundo o Plano 2010, a mina do Leão II (que deve abastecer Jacuí I) deve ter investimentos da ordem de ~ 150 milhões de dólares.

Ainda, com relação à compatibilização entre Unidade Mineira (UM) e Usina Termelétrica (UTE):

(i) as UTE previstas no Plano 2010, a exemplo daquelas em operação no presente, terão como característica operativa a complementaridade com relação ao abastecimento de energia ao Sistema, que é suprido, prioritariamente, pelas usinas hidrelétricas;

(ii) assim, as UTE deverão ser operadas, ao longo de suas vidas úteis, com fator de capacidade médio de 50%, devendo estar em condições de, nos períodos de hidraulicidade crítica, operar com fator médio anual de até 80%;

(iii) essa peculiaridade assume caráter relevante ao se contemplar a compatibilidade entre a UM e a UTE, uma vez que a primeira é concebida para operar com fator de capacidade bastante próximo de 100%, tendo como característica, à exceção de casos particulares onde a lavra é a céu aberto, a pequena flexibilidade para incremento da capacidade produtiva.

Isto é importante quando se considera a fórmula de cálculo do potencial carbonífero para geração de energia elétrica ( $P_g$  em MW), associado às unidades mineiras em operação e projetadas:

$$P_g = P_a \times V_m / H_a \times V_u \times F_c \times C_e$$

onde:  $P_a$  = produção anual de carvão, com vocação termelétrica, por tipo, em toneladas;  $V_m$  = vida útil da UM em anos;  $H_a$  = horas/ano disponíveis para operação da UTE (8760 horas);  $V_u$  = vida útil da UTE (30 anos);  $F_c$  = fator de capacidade da UTE (0,5 ou 50%);  $C_e$  = consumo específico de carvão (em t/MWh).

O consumo específico varia conforme as características do carvão, regime de operação e rendimento da unidade. A Tabela 6 a seguir apresenta os consumos específicos considerados para os diversos tipos de carvão energético.

Tabela 6  
TIPOS DE CARVÃO ENERGÉTICO (CE) E SEU CONSUMO ESPECÍFICO NA QUEIMA EM TERMELETRICA.

Ce	CE 3100	CE 3300	CE 3700	CE 4500	CE 6000
t/MWh	1,10	1,00	0,68	0,55	0,41

Por exemplo, segundo o Plano 2010, as unidades mineiras em funcionamento na área do estudo (Tabela 5) têm capacidade nominal conjunta de produção de ~ 2 milhões de toneladas anuais de carvão (tipos CE 3100 e CE 3700, Tabela 6), aplicando-se a fórmula acima, observa-se que, neste ritmo, ter-se-ia a exaustão das minas ocorrendo a partir do oitavo ano, o que, ao se agregar a manutenção dos mercados atuais (92 MW, usinas S. Jerônimo + TERMOCHAR), não se traduz em capacidade de oferta suficiente para justificar acréscimo de potência em termelétricidade. Uma usina como a de Jacuí I, em fase final de construção na área do estudo, com sua potência (350 MW) precisaria destas (ou similares) minas funcionando, pela fórmula, ~ 25 anos.

Por isso, o Plano 2010, prevê a implantação de vários projetos de unidades mineiras (UM) na área do Médio e Baixo Jacuí que, no seu conjunto, são capazes de implementar a produção do carvão com potencial termelétrico em ~ 4 milhões de toneladas anuais, ou seja, segundo a fórmula, ~1060 MW de potencial carbonífero para geração de energia elétrica.

## **ESTRUTURA PRESSÃO-CONDICIONAMENTO-RESPOSTA (PCR)**

### **A Estrutura Pressão-Condicionamento-Resposta**

Conforme a estrutura **Pressão-Condicionamento-Resposta (PCR)**, os Indicadores da Qualidade dos RN (IQRN) medem as Pressões sobre os RN, as alterações (efeitos) destas pressões sobre o Condicionamento da QRN, e a Resposta da sociedade a estas alterações. A estrutura PCR foi mostrada na Figura 10.3.

Nesta estrutura, como vimos anteriormente, os Indicadores de Qualidade dos Recursos Naturais (IQRN) de Pressão, Condicionamento e Resposta podem, e devem, ser considerados conjuntamente, no entanto, a divisão a seguir é conveniente para atender a estrutura do método.

No mesmo sentido, coloca-se no texto uma separação entre os impactos sobre os RN, tomados isoladamente; no entanto, nós sabemos que esta separação também é um tanto que arbitrária, tendo em vista que as pressões sobre um RN podem produzir impactos sobre outros RN “consociados” (e.g os solos construídos pelos rejeitos da mineração sofrem lixiviação ácida devido à oxidação de sulfetos de ferro liberando metais que podem contaminar as águas).

### **Indicadores da Pressão (IQRNp) Exercida pela Mineração de Carvão**

Os **Indicadores de Pressão (IQRNp)** são os indicadores das pressões (impactos ou externalidades) exercidas pelas atividades humanas sobre os RN. No caso presente, um bom IQRNp pode ser considerado a influência da mineração do carvão sobre o uso do solo (inclui todos os RN “consociados”).

Andreazza, A. M. P. no documento “**Contribuição à Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio do Conde com Ênfase na Qualidade das Águas Superficiais**”, neste projeto, nos diz que a exploração das minas a céu-aberto nesta bacia da área do estudo é responsável pela influência sobre ~ 11% dos solos, isso para atender a demanda atual de potência instalada de 92 MW.

Se nós considerarmos, conforme vimos anteriormente no Usos do carvão, os prognósticos de ampliação da atividade mineração de carvão - um incremento potencial para até ~ 1060 MW, somente na área do estudo (para o RGS estima-se em ~ 4000 MW, no horizonte de estudo do Plano 2010) - os cenários ambientais extremamente adversos descritos por Marcomin (1997), F.E. para uma área-testemunho de mineração de carvão “**Zonamento Ambiental do Rio Tubarão - SC, através da Análise de Metais Pesados em Água, Sedimento, Substrato e Planta e de Componentes Estruturais da Paisagem**”, neste projeto, tornam-se extremamente verossímeis para a área do estudo.

Rhode e Rodriguez (1997) no “**Diagnóstico Ambiental das Cinzas de Carvão no Baixo Jacuí, RS**”, neste projeto, mostram que os impactos gerados pela disposição de cinzas e rejeitos provenientes da queima do carvão nas termelétricas da área do estudo ampliam esse quadro.

Portanto, os efeitos mais notáveis (i.e., IAS - impactos ambientais significativos em Bellia e Bidone, 1993) verificados nestes estudos ou, de outra maneira, as Questões a serem Formuladas vinculadas à Pressão sobre os RN (QFp, na Figura 3), estão relacionadas ao uso do solo pela atividade mineradora (incluindo as atividades de beneficiamento de carvão, e os dispositivos de controle, e.g. barragens de rejeitos) e seus efeitos sobre o próprio solo (e seus usos) e sobre as águas. A estes se associam os efeitos gerados pelas disposições de cinzas e rejeitos e emissões atmosféricas das usinas termelétricas.

A avaliação dos efeitos da mineração de carvão sobre a qualidade desses RN é o objeto do item a seguir.

### **Indicadores do Condicionamento (IQRNc) dos RN Afetados pela Mineração do Carvão.**

Os **Indicadores de Condicionamento (IQRNc)** são os indicadores da qualidade dos RN (QRN) e, especificamente, descrevem as mudanças (no geral adversas) na QRN ao longo do tempo.

A análise da QRN e a avaliação das suas mudanças através do uso de IQRNc e da formulação de QFc, fornece as bases para a estimativa dos “Preços-Sombra” relacionados às mudanças na qualidade (condicionamento) dos RN. Subsidiando o estabelecimento das “Contas-Satélite”, sobretudo dos seus termos Custos das Medidas de Proteção (CMP) e Depreciação do Capital Natural (DCN) e, portanto, a noção de Sustentabilidade que é um dos elementos-foco da metodologia proposta.

### **Indicadores do Condicionamento (IQRNc) dos solos afetados pela mineração do carvão.**

Segundo Kämpf *et al.* (1997) “**Solos Construídos em Áreas de Mineração**

da **Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul**", neste projeto, com a tendência de ampliação das áreas mineradas em futuro próximo, é possível antever alterações ambientais crescentes. A legislação ambiental (cf. Krell (1997), A.J. "**Aspectos Jurídico - Político - Atribuições, Obrigações e Possibilidades dos Municípios da Região Carbonífera Gaúcha na Proteção do Meio Ambiente**", neste projeto) recente exige que áreas de terras submetidas à mineração sejam restauradas. Este procedimento deve iniciar antes da extração mineral propriamente dita, através da remoção em separado dos solos e das camadas geológicas. Após a conclusão da extração mineral, no processo de recuperação da área, esses materiais deveriam ser repostos na sequência original. Na prática, porém, isto nem sempre é exequível, fato que, aliado à instabilidade do material utilizado na reabilitação da paisagem, pode impedir uma restauração satisfatória, mesmo a longo prazo.

Desta maneira, estudos que visem monitorar e avaliar as alterações em características de solos construídos em áreas de mineração, bem como o seu potencial de uso, são importantes para a obtenção de parâmetros que permitam estimar o impacto ambiental destas atividades e propor eventuais ajustes.

Kämpf *et al.* (1997) objetivaram: avaliar as características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas dos solos construídos na área do estudo; avaliar a evolução temporal (i.e., amadurecimento) dos solos construídos, com base nas características propostas; testar parâmetros físicos e químicos que sirvam para monitorar a reabilitação das áreas mineradas e avaliar o potencial de uso a longo prazo do solo construído; e, estabelecer critérios para a classificação de solos construídos.

As conclusões a que chegaram estes autores foram:

(i) Os solos construídos analisados correspondem ao período em que o equipamento utilizado na mineração e na recuperação das áreas era do tipo "motoscraper". A operação consistia na decapagem na frente de mineração seguida pela reposição do material decapado na área já minerada, num processo contínuo. Esta operação produziu uma inversão e mistura dos estratos geológicos, pelo qual foram trazidos para superfície materiais (folhelhos carbonosos) com alto poder de acidificação.

(ii) Os perfis dos solos construídos são constituídos por uma sucessão de camadas de espessura variável, diferenciadas entre si pela coloração, normalmente com transições abruptas e onduladas. Apresentam alta densidade aparente, muito baixa porosidade, baixa condutividade hidráulica e baixa retenção de água. Estas características são resultantes do material e do processo de construção utilizados, e contribuem para a baixa resistência destes solos aos processos erosivos hídricos.

(iii) Os solos apresentam tendência generalizada de acidificação a curto prazo, resultante da oxidação da pirita e compostos afins. O balanço entre o Potencial de Neutralização (PN) e o Potencial de Acidificação (PA) normalmente é negativo, indicando que a acidificação tenderá a persistir a longo prazo.

(iv) Como consequência da acidificação ocorre a alteração de silicatos esmectíticos, com a liberação de Alumínio, cujo potencial em solução parece ser controlado por sulfatos de Al e por hidróxi-Al-silicatos. Assim, em função da insuficiência de carbonatos, os silicatos passam a atuar no tamponamento da acidez, originando neoformações de minerais, cujo impacto deve ser melhor investigado.

(v) O conjunto das propriedades de solo analisadas mostrou ser o melhor critério para o monitoramento da evolução e do potencial do subsistema “solo construído”. A qualidade do solo construído e seu potencial de uso dependem diretamente do material usado na sua construção. É, portanto, imprescindível a seleção na fase pré-mineração dos materiais adequados à comporem os solos na fase pós-mineração.

(vi) Os solos construídos em áreas de mineração de carvão constituem obras antrópicas, sujeitas à evolução pedogênica sob processo de sulfurização, pelo qual é sugerida sua classificação como Antrossolos Tiomórficos e Pré-tiomórficos.

Na seqüência, conforme visto no item Usos, estoques e fluxos de carvão na área de estudo, Gaivizzo *et al.* (1997) no estudo “**Recuperação de Áreas Utilizadas para Depósitos de Rejeitos de Minas de Carvão**”, neste projeto, ressaltam que as jazidas de carvão do Rio Grande do Sul apresentam altos teores de matéria mineral não combustível associados ao carvão, reduzindo o poder calorífico e liberando poluentes atmosféricos quando queimados. Durante o beneficiamento do carvão, de 30% a 60% do material minerado é refugado, resultando na produção de grandes volumes de rejeitos, constituídos basicamente por materiais carbonosos e minerais (pirita e argilominais) sem valor comercial, que são depositados em áreas próximas ao local de mineração.

A recuperação dos depósitos está associada ao potencial de acidificação dos rejeitos carboníferos. A oxidação da pirita forma ácido sulfúrico, promovendo a solubilização dos minerais presentes no rejeito. Em períodos de intensa precipitação pluviométrica, a água de escoamento superficial ou aquela percolada através dos rejeitos é ácida e possui altas concentrações de metais dissolvidos, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos da região.

A cobertura das pilhas de rejeito carbonífero com solo, após a recuperação topográfica do local, é uma técnica padrão na recomposição de áreas mineradas pois, além de reduzir o fluxo de entrada de água e ar no material, permite o estabelecimento vegetal. Entretanto, a quantidade de solo disponível dos horizontes superficiais e o elevado custo de cobertura das áreas tornam fundamental o estabelecimento de espessura mínima da camada de solo a ser aplicada sobre a superfície do rejeito. Em vista disso, os autores Gaivizzo *et al.* (1997) desenvolveram o seu estudo com a finalidade de avaliar o efeito da adição de diferentes camadas de solo aplicadas - sobre a superfície do rejeito carbonífero, em posições de subsuperfície e solo misturado ao rejeito - sobre a composição química da água de lixiviação, rendimento de matéria seca, extração de nutrientes e metais pesados pela cultura de milho (*Zea mays*), trevo branco (*Trifolium repens*) e aveia (*Avena strigosa*), bem como, estudar o comportamento da microbiota do solo nessas condições.

As conclusões a que chegaram foram as seguintes:

(i) a utilização de camada de solo com espessura de 10 cm foi suficiente para o estabelecimento de trevo e aveia;

(ii) mas, o baixo pH da água de lixiviação manteve parte dos elementos provenientes do resíduo carbonífero dissolvidos na solução, refletindo-se em elevada condutividade elétrica na água de lixiviação;

(iii) este material dissolvido é mais biodisponível para incorporação biológica, e a concentração de Cd, Ni e Pb foi maior nas plantas de aveia cultivadas nos tratamentos

contendo resíduo carbonífero (apesar de Fe, Mn, Zn e Ni terem sido os elementos que apresentaram maior concentrações na água de lixiviação);

(iv) finalmente, a elevada acidez do resíduo carbonífero reduziu a densidade populacional de bactérias, actinomicetos e fungos nas camadas de solo de subsuperfície.

Neste último, os resultados obtidos foram similares aos resultados do estudo **“Microartrópodes (Acari & Collembola) como Indicadores da Qualidade do Solo em Áreas Afetadas pela Mineração de Carvão em Arroio dos Ratos, RS”** desenvolvido por Duarte e Becker (1997) para este projeto. Estes autores chamam a atenção para o fato dos resultados obtidos representarem uma perda de qualidade dos solos já que são habitat para uma biota diversa composta por uma infinidade de espécies interdependentes, de organização complexa, que processam a matéria orgânica convertendo-a em solo mineral, fixam o nitrogênio, redistribuem partículas de solo e nutrientes, aumentam a aeração e afetam significativamente a estrutura do solo. Esta biota como um todo é o principal agente na manutenção e elevação de níveis locais de fertilidade e é responsável, portanto, pela perpetuação das espécies e dos níveis de atividade do ecossistema.

Neste projeto, Prochnow e Porto (1997) no estudo **“Avaliação de uma Área de Rejeitos da Mineração de Carvão com vistas a Bioindicadores Vegetais para Metais Pesados, Charqueadas, RS, Brasil”** visaram avaliar as condições ambientais de uma área de carvão e a interferência desta sobre diferentes áreas vegetadas próximas (e.g. eucaliptal e mata nativa sem contaminação aparente), bem como sobre os corpos d'água formados sobre esta área (campo banhado) e na sua interfície com áreas contíguas.

Além de metais pesados, os autores analisaram as distribuições de N, P, K, sulfato e pH em plantas e/ou no substrato destas. Os resultados apontam para diferentes níveis de absorção de metais e macronutrientes pelas plantas em função dos níveis de pH e sulfato no substrato. Por exemplo, a área de eucaliptos que recebe as águas de lixiviação de uma área de mineração recuperada, diretamente sem a proteção, digamos, de um canal de drenagem, foi a mais contaminada dentre as áreas vegetadas analisadas. O campo revegetado e a plantação de acácias sobre a área recuperada apresentaram, por terem recebido adição de calcário e argila, em média melhores condições ambientais que o eucaliptal, apesar de apresentarem desenvolvimento vegetal bastante baixo. Os autores, ainda, chamam a atenção para o importante papel de “filtro” das contaminações, provenientes da atividade carbonífera, apresentado pelos campos banhados/alagados.

Um estudo complementar ao de Prochnow e Porto, foi realizado por Verdade *et al.* (1997) **“Variação no Conteúdo de Alumínio e Cobre na Biomassa de *Typha latifolia* L., na Região Carbonífera de Charqueadas e São Jerônimo, no Estado do Rio Grande do Sul”**, neste projeto. Apesar dos resultados não serem conclusivos, tendo em vista que não foi possível realizar uma análise de interação entre solo (alagado, no caso presente) e planta, os autores consideram que esta planta pode ser um bom indicador de qualidade destes solos, pelo fato dela crescer em solos contaminados sugerindo, assim, que essa espécie possa ser resistente aos elementos tóxicos presentes.

Com relação ainda ao uso da vegetação como biondicador de contaminação ambiental temos, neste projeto, o estudo de Cerutti e Flores (1997) **“Bioindicação da Contaminação Atmosférica Decorrente do Uso do Carvão”**. Os dados deste estudo

mostram que há necessidade de continuar-se as pesquisas para a obtenção de resultados mais conclusivos.

Motta Marques *et al.* (1997) no estudo “**Ecosistemas Criados (Banhados): Importância dos Macrófitos no Controle de pH de Drenagem Ácida**”, neste projeto, objetivaram verificar a capacidade de sistemas de terras úmidas criados (i.e., no caso presente, sistemas de banhado ecotecnológicos, muito utilizados nas áreas de mineração de carvão nos EUA), em escala piloto, para a elevação do pH de drenagens ácidas, sendo avaliada a influência da densidade de macrófitos.

Aplicando drenagem ácida de mina de carvão a um mesocosmos tipo banhado, os autores conseguiram elevar um pH nominal de 4 para 6-6,5; e concluíram que a continuação da pesquisa para a avaliação de sistemas de banhado (“wetlands”) experimentais e operacionais, especialmente relativo a técnicas para aumentar sua capacidade de controle da qualidade dos recursos hídricos na região é defundamental importância.

Somando-se aos problemas de perda de qualidade dos solos nas áreas mineradas e em suas adjacências, temos aqueles relacionados com a disposição dos rejeitos e cinzas provenientes da queima do carvão nas termelétricas da região.

Neste sentido, Rhode e Rodriguez (1997) no “**Diagnóstico Ambiental das Cinzas de Carvão no Baixo Jacuí, RS**”, neste projeto, mostram, entre outros, que:

(i) do ponto de vista da caracterização químico-toxicológica (segundo as normas estabelecidas pela ABNT) as cinzas constituem resíduos “não-inertes” e, por conseguinte, deveriam ser destinadas, quando dispostas no solo, seguindo - no mínimo - a norma NBR 8419 da ABNT, 1984

(ii) do ponto de vista histórico-social,

- a evolução do espaço urbano da cidade de Charqueadas teve ligação estreita e decisiva com o uso das cinzas da usina termelétrica TERMOCHAR e outros materiais residuais usados como materiais de construção e urbanização;

- houve um equacionamento tecnicista muito simplificado para o meio urbano de Charqueadas (filtros para a usina e pavimentação nas ruas), para diminuir o impacto das cinzas volantes;

- resultante deste equacionamento, houve uma espécie de esquecimento social da problemática ambiental;

(iii) do ponto de vista urbanístico-ambiental,

- a urbanização periférica das cidades de Charqueadas e S. Jerônimo (que abrigam as duas termelétricas em funcionamento na área do estudo) mantem os mesmos procedimentos de imprudência ambiental (ou, ilegalidade até, em certos casos), mesmo após o advento de normas ambientais e técnicas reguladoras;

- os depósitos de resíduos (cinzas e outros) não possuem preocupação ambiental e são realizados, na sua ampla maioria, utilizando tão somente critérios locais e de economia de custos;

- existe um cinturão de resíduos ao redor dos espaços urbanos na região em situação totalmente irregular se forem levadas em consideração as normas ambientais e técnicas vigentes e disponíveis.

Esta situação ambiental é de responsabilidade do setor mineiro e termelétrico (e.g. ELETROSUL e CEEE), que mantém as antigas práticas de depositar cinzas, rejei-

tos, etc., em qualquer tipo de terreno, sem nenhum estudo adequado destes locais e sem avaliação ambiental.

Tendo em vista esses problemas, Schneider *et al.* (1997) no estudo “**Solos da Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí, RS**”, neste projeto, nos dizem que as atividades do setor carbonífero pelo seu impacto ambiental em extensas áreas, pela prevista e eminente ampliação destas atividades, além de influenciar a qualidade de vida (sobretudo nas áreas urbanas e periféricas), poderá ter reflexos nas atividades agrícolas da região e das regiões adjacentes.

Para melhor avaliar estes impactos, planejar estas atividades e fornecer subsídios para a recuperação de áreas mineradas e áreas utilizadas como descarte de rejeitos, cinzas, etc., são necessárias informações mais detalhadas quanto aos solos, suas características e potencial de uso para fins diversos. Com este objetivo os autores realizaram o levantamento ao nível de reconhecimento com alta intensidade dos solos na área do estudo. O documento traz informações fundamentais, a serem considerados por qualquer atividade relacionada ao carvão e aos seus usos, ao nível da prevenção de futuros problemas.

### **Indicadores do Condicionamento (IQRNc) das águas fluviais afetadas pela mineração do carvão.**

Rodriguez *et al.* (1997) no estudo “**Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Superficiais e Avaliação da Atividade Bacteriana em Ambientes Lóticos Receptores da Drenagem de Mineração de Carvão**”, neste projeto, analisaram 41 (quarenta e uma) variáveis abióticas e de determinações quantitativas de organismos do grupo “bactérias totais” em águas fluviais em dez estações de coletas na rede hidrográfica da área do estudo (Apêndice 5), entre setembro de 1993 e setembro de 1994 com periodicidade bimensal.

Os autores advogam que o enquadramento do sistema monitorado dentro dos padrões de classificação, Resolução CONAMA n° 20 de 1986, permite uma tipificação das bacias como base de uma política de meio ambiente. Quando o parâmetro analisado não estiver contemplado nesta legislação, serão utilizadas avaliações limnoquímicas de sistemas hídricos naturais. Os resultados obtidos a partir deste estudo permitiram indicar:

(i) parâmetros compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I em todas as estações monitoradas;

(ii) parâmetros compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I em todas as estações monitoradas, mas que apresentam modificações nas estações com impacto antrópico;

(iii) parâmetros não compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I nos locais impactados: pH, Fe, Mn e Cu;

(iv) parâmetros não compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I em todas as estações monitoradas: Hg, fenóis, Cu, Nitrogênio Amoniacal e Al.

Conforme visto no ítem anterior, a lixívia ácida de solos construídos, rejeitos, cinzas, etc., pode mobilizar metais pesados e carregá-los para águas superficiais, logo, o fato de termos metais acima dos níveis desejáveis pode ser considerado como bom indicador da contaminação das águas devido à mineração. O mesmo pode ser dito do

pH. Os fenóis, segundo os autores, estaria naturalmente enriquecido na área do estudo. O Nitrogênio Amoniacal pode ter sua fonte em efluentes domésticos e não necessariamente nos processos de mineração do carvão.

O problema do Hg, no entanto, devido à sua alta toxicidade ambiental (ver, como exemplo, Bidone *et al.*, 1997), tem de ser considerado com cuidado. Em comunicação pessoal, o Prof. Luís Drude de Lacerda do Dpto. de Geoquímica da UFF, nos transmitiu sua preocupação com dados de concentração de Hg em águas. Segundo Lacerda, em geral esses dados devem ser tratados com reservas tendo em vista problemas de coleta, conservação e análise laboratorial. Procedimentos de reavaliações destes dados através de intercalibrações, por exemplo, podem ajudar a solucionar este problema.

Com a finalidade de complementar os estudos realizados por Rodriguez *et al.*, nós reafirmamos que o monitoramento da qualidade da água de um manancial constitui-se num instrumento essencial aos técnicos responsáveis pela análise e avaliação temporal e espacial das condições e tendências qualitativas do corpo hídrico. Por outro lado, uma rede de monitoramento produz uma grande quantidade de dados, cuja compreensão exige conhecimento técnico específico, sendo, portanto, de difícil acesso ao público leigo.

Com o intuito de facilitar a interpretação das informações de qualidade de água de forma abrangente e útil para especialistas ou não, foi desenvolvido o Índice de Qualidade das Águas - IQA. Este índice incorpora parâmetros relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização dessas para abastecimento público.

Um Índice de Qualidade da Água (IQA), é um valor numérico - pode variar de zero a cem - que traduz sinteticamente a qualidade da água de um corpo hídrico. Principalmente a partir da década de 70, vários estudos foram desenvolvidos com o objetivo de estabelecer ou questionar índices de qualidade de água.

A presente inserção estabelece um Índice de Qualidade da Água (IQA) para um ambiente lótico receptor da drenagem de mineração de carvão, formado pela Bacia do Arroio do Conde, Bacia do Arroio dos Ratos e Bacia do Arroio da Porteira, a partir dos dados do programa de monitoramento realizado de setembro de 1993 a setembro de 1994, conforme descrito anteriormente.

O IQA adotado para este projeto orientou-se no índice adaptado e desenvolvido pela CETESB, que baseou-se em um estudo realizado pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos. A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião feita junto a profissionais de distintas especialidades, os quais indicaram os parâmetros a serem medidos, o peso relativo dos mesmos e a condição em que se apresentava cada parâmetro, segundo uma escala de valores. Este índice incorpora nove parâmetros, onde, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade da água de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas foram sintetizadas em um conjunto de curvas médias, uma para cada parâmetro.

O IQA é determinada pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos seguintes parâmetros: Temperatura da amostra, pH, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias, 20°C), Coliformes Fecais, Nitrogênio Total, Fosfato Total, Resíduo Total e Turbidez.

É utilizada a seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde,

**IQA** = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100

**q<sub>i</sub>** = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida;

**w<sub>i</sub>** = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

Para este estudo foram determinados quatro Índices de Qualidade de Águas, sendo o primeiro referente às estações de amostragem na Bacia do Arroio do Conde (1 a 6), o segundo referente às estações na Bacia do Arroio dos Ratos (7 e 8), o terceiro referente às estações na Bacia do Arroio da Porteira (9 e 10), e o último referente ao conjunto de todas essas Bacias (Apêndice 5). Tal procedimento teve o objetivo de verificar possíveis diferenças entre os estados de qualidade da água em cada uma das Bacias formadoras do ambiente de recepção da drenagem de mineração de carvão, bem como o estado de qualidade quando estas três Bacias forem analisadas como um único sistema hidrográfico.

Cabe ressaltar aqui que para a composição do presente Índice de Qualidade da Água (IQA), não dispunha-se de dados de Coliformes Fecais, parâmetro necessário para o estabelecimento do Índice. Na ausência deste, foram utilizados os dados de Coliformes Totais, embora as bactérias coliformes fecais mostrem-se mais significativas para indicar a poluição sanitária do que as bactérias coliformes totais, devido ao fato de estarem restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente. De qualquer maneira, o Índice obtido não estará superestimando o estado de qualidade obtido com a adoção desse procedimento.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, é classificada para abastecimento público, segundo a gradação abaixo:

80 - 100	→	qualidade ótima
52 - 79	→	qualidade boa
37 - 51	→	qualidade aceitável
20 - 36	→	qualidade ruim
0 - 19	→	qualidade péssima

Dessa maneira, seguem abaixo os Índices de Qualidade da Água (IQA) encontrados para este estudo:

IQA Arroio dos Ratos = 34

IQA Arroio do Conde = 37

IQA Arroio da Porteira = 39

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que os IQA's indicam uma qualidade ruim para as águas - caso do Arroio dos Ratos - ou estão no limiar entre o considerado aceitável e ruim, casos do Arroio do Conde e do Arroio da Porteira.

Bidone (1992), chama a atenção para o fato destas abordagens (tanto aquela de Rodriguez *et al.* de comparação dos resultados com os índices legais, quanto a do IQA) pertencerem ao tipo descritivo, i.e., não consideram a dinâmica fluvial. A partir de estudos em rios do Rio Grande do Sul (Laybauer e Bidone, 1997; Hatje *et al.*, 1997; Travassos e Bidone, 1995), o autor nos diz que, no caso dos metais pesados (o que é válido, também, para todas as demais substâncias geoquimicamente conservativas):

“Todos os rios estudados têm em comum o fato de receberem grandes cargas de efluentes de origem antrópica, com altas concentrações de poluentes (*no caso presente são de interesse os metais pesados*). Mas, avaliar o impacto ambiental destes poluentes é uma tarefa difícil, sobretudo nos rios em bacias dominadas por rochas e solos naturalmente ricos em metais (*caso, também, do presente estudo*). Portanto, uma parte das concentrações de metais é originada no intemperismo de fontes naturais difusas. As fontes antropogênicas também são, no geral, numerosas e nem sempre tóxicas (*na maior parte dos casos são difusas*) ao longo dos rios.

Os estudos comumente realizados são monitoramentos periódicos das concentrações dos poluentes nas águas fluviais e a sua comparação com os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação em vigor. Nós provamos que, estes estudos, não são suficientes: a) nem para identificar os gradientes espaciais de concentração de metais ao longo do rio; b) nem para quantificar as cargas de metais de origem antrópica lançadas às correntes; c) e, principalmente, nem para avaliar, hierarquizar e priorizar as medidas de controle da poluição em função do risco de exposição das populações humanas a estes metais. Logo, são instrumentos de gestão frágeis (e caros).

Nós conseguimos solucionar estas questões através do desenvolvimento de um modelo de balanço de massa dos fluxos dos metais (*portanto, com o uso de uma abordagem dinâmica, e não descritiva como as tradicionais*) ao longo dos rios, que foi capaz de diferenciar as componentes antrópica e natural destes fluxos e, ainda, fornecer os dados básicos necessários à execução da avaliação do risco associado aos metais à saúde humana, a fim de se estabelecer critérios de qualidade regionalizados. As economias geradas com esta abordagem foram estimadas como sendo até 90% mais baratas relativamente aos custos de um monitoramento tradicional de longa duração”.

Para determinar a participação das componentes naturais e antrópicas nos fluxos específicos anteriormente calculados, empregou-se uma estratégia denominada balanço de massa. Esta estratégia permite definir as transferências de massa entre os distintos segmentos fluviais, contabilizando as entradas (fluxos afluentes) e as saídas (fluxos efluentes) de cada compartimento. Abaixo é apresentado um exemplo do balanço de massa:

$$\begin{aligned} \text{Fluxo Afluente do Metal} - \{ \text{Fluxo Efluente do Metal} \pm (\text{Massa Interna}) \} &= 0 \\ \text{FAME} - \{ (\text{FEMe} \pm (\text{FEMe} - \text{FAME})) \} &= 0 \end{aligned}$$

onde:

FAMe = fluxo afluente do metal;

FEMe = Fluxo efluente do metal e

(FEMe - FAMe) corresponde a massa interna, ou seja, o incremento de fluxo no segmento.

Assim, se a massa interna for negativa o fluxo de entrada é maior que o fluxo de saída e neste caso, houve retirada de metais da coluna d'água. Por outro lado, se a massa interna for positiva, uma carga de metais foi adicionada ou originada neste segmento.

Para verificar a origem da massa interna e segregá-la em suas componentes naturais e antrópicas, utilizou-se uma estratégia de assinatura geoquímica da fonte natural (i.e., rochas e solos da bacia hidrográfica) tomando-se o Fe como elemento indicador.

A título de justificativa, o Fe foi aqui considerado como elemento de origem natural, porque nos estudos de caso realizados as bacias dos rios eram compostas por rochas naturalmente enriquecidas neste elemento. Foram encontradas significativas correlações entre o Fe, a vazão e a turbidez em todas as estações estudadas, mostrando que este elemento está amplamente distribuído pelas bacias abordadas e fortemente associado aos processos de erosão e lixiviação de rochas e solos.

Assim, a massa interna definida anteriormente (FEMe - FAMe) passa agora a ser segmentada nas componentes natural e antrópica do fluxo:

$$\text{FEMe} - \text{FAMe} = \underbrace{\left\{ (\text{FEFe} - \text{FAFe}) \times \frac{\text{FMeC}}{\text{FFeC}} \right\}}_{\text{Comp. natural}} + \underbrace{C. \text{ Antr.}}_{\text{Comp. antrópica}}$$

onde:

FEFe = fluxo efluente de Fe no segmento;

FAFe = fluxo afluente de Fe;

FMeC = fluxo do metal na estação-controle (estação representativa do "background" natural);

FFeC = fluxo de Fe na estação-controle.

O método proposto é válido tanto para substâncias geoquimicamente conservativas, quanto para aquelas que não o são. Neste último caso, deve-se considerar o seu "decaimento" modelado matematicamente ao invés do seu fluxo simples.

Neste projeto, Andreazza, A. M. P. no documento "**Contribuição à Gestão Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio do Conde com Ênfase na Qualidade das Águas Superficiais**", testou o método acima proposto com o uso do Al como elemento indicador de fonte natural (rochas e solos) de metais pesados. A autora estimou em ~ 500 t/ano as cargas de metais pesados de origem antrópica (i.e., relacionados à mineração do carvão) lançadas nesta bacia de drenagem sendo que, em sua quase totalidade, correspondem ao Fe e ficam retidas na bacia (i.e., nos sedimentos fluviais).

Um outro aspecto importante é que, segundo Laybauer e Bidone (1995), as minerações podem gerar modificações na partição, disponibilidade geoquímica e, conseqüentemente, no tempo de residência de metais nas águas superficiais. Os metais preferencialmente associados à fase dissolvida da água tornam-se mais biodisponíveis e com menor tempo de residência nos segmentos fluviais. Este aspecto está ainda sendo testado para a área do presente estudo.

Finalmente, como veremos no ítem Indicadores do condicionamento (IQRNc) das águas fluviais afetadas pela mineração do carvão, relativamente às substâncias tóxicas (e.g. metais pesados, fenóis, organoclorados), é necessário associar-se as suas concentrações na água ao risco de exposição de populações humanas que elas representam. É em termos do risco associado que são estabelecidos os índices numéricos de qualidade de água pela USEPA (United States Environmental Agency), principal fonte dos índices e critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 20 de 1986.

Ainda com relação à qualidade das águas fluviais, Printes *et al.* (1997) no estudo **“Biomonitoramento da Área sob Influência da Exploração Carbonífera através de Testes de Toxicidade com *Cladocera* (crustacea;branchiopoda)”**, neste projeto, partindo da necessidade de avaliar os efeitos decorrentes das atividades ligadas à exploração e utilização do carvão sobre os organismos vivos aquáticos, nos informam que as águas fluviais dos arroios na área do estudo, apresentaram efeitos tóxicos agudos e crônicos (crescimento individual e/ou reprodução) para diferentes famílias de *Cladocera*. Os autores sugerem que estes efeitos estejam ligados aos baixos valores de pH e à presença de material particulado em suspensão.

Miranda e Schwarzbold (1997) no estudo **“Análise Estrutural da Comunidade Perifítica sobre *Leersia hexandra* em Ambientes Lóticos de Região de Mineração de Carvão, RS”**, neste projeto, objetivaram mostrar a variação na estrutura do perífiton algal em substrato natural, através da análise temporal e espacial da composição específica, densidade, diversidade e similaridade, em ambientes lóticos de região impactada pela mineração de carvão a mais de cem anos. Os autores concluíram que os grupos de unidades amostrais quanto ao perífiton diferem mais espacialmente do que temporalmente, mostrando os ambientes extremos, i.e., os de maior e menor impacto, podendo servir de indicadores de qualidade da água (sobretudo com a ocorrência de espécies acidófilas).

Bruschi Junior *et al.* (1997) no estudo **“Avaliação da Qualidade Ambiental dos Riachos da Região Carbonífera do Baixo Jacuí através das Taxocenoses de Peixes”**, neste projeto, adotando o cálculo de diversidade específica de Shannon-Wiener, o qual leva em consideração o número de espécies de peixe por amostra e o número total de indivíduos da amostra, construíram um índice de qualidade para as águas e, assim, concluíram que:

- (i) a taxocenose dos peixes mostrou-se um bom indicador da qualidade ambiental dos riachos na região carbonífera;
- (ii) o índice de qualidade foi capaz de identificar os segmentos fluviais com melhor, média e baixa qualidade ambiental;
- (iii) a estimativa de qualidade nos locais estudados permite afirmar que a atividade mineradora causa fortes danos sobre a biota aquática através da redução das abundâncias e supressão de espécies.

Castro e Dick (1997) no estudo “**Avaliação do Método de Bioindicação de Metais Pesados através de Parâmetros Enzimáticos**”, neste projeto, propuseram a utilização de um parâmetro biológico indicador, qual seja, a ativação e inibição da enzima Delta-aminolevulinatodesidratase, através do monitoramento passivo com o molusco da espécie *Ampullaria canaliculata* e, assim, verificar a sua eficiência nos processos de avaliação e monitoramento da qualidade ambiental em áreas com atividades antropogênicas, fontes de metais pesados para as correntes fluviais.

Os autores concluíram que o delta% de reativação enzimática é uma resposta única à influência da interação de todos os parâmetros que compõem o ambiente. Através desta resposta, foi possível demonstrar que nos locais mais impactados a atividade enzimática é inibida de forma mais intensa (entre ~ 65% e 68%) do que nos locais controle, onde os valores de inibição ficaram em torno de 38%.

### **Indicadores do Condicionamento (IQRNc) dos sedimentos fluviais afetados pela mineração do carvão**

Machado *et al.* (1997) no estudo “**Avaliação Sedimentológica de uma Área Carbonífera**”, neste projeto, objetivaram, entre outros:

- (i) a caracterização sedimentológica e a interpretação do ambiente deposicional fluvial, através da análise granulométrica e outros parâmetros sedimentológicos;
- (ii) avaliar os aspectos dinâmicos das correntes fluviais;
- (iii) identificar os problemas geoambientais através das modificações do ambiente natural (controle) e as suas influências sobre o meio biótico considerando, também, a composição química dos sedimentos.

Do ponto de vista das alterações ambientais, os autores conseguiram demonstrar importantes variações nos sistemas deposicionais nos rios analisados (relacionadas às movimentações de terra vinculadas às atividades de mineração do carvão) e, ainda, do ponto de vista toxicológico, que o Hg é um elemento a ser pesquisado em detalhe na área do estudo.

Almada e Würdig (1997) no estudo “**Avaliação da Fauna Bentônica em Ambiente Aquático da Região Carbonífera**”, neste projeto, objetivaram:

- (i) a avaliação da composição das comunidades bentônicas em função dos níveis de contaminação dos rios com efluentes de carvão;
- (ii) estabelecer as alterações das comunidades evidenciando a possibilidade de eger unidades taxonômicas para bioindicação;
- (iii) estabelecer índices de qualidade baseados nos resultados, confrontando-os com outros índices determinados por outras abordagens de avaliação do meio hídrico fluvial.

Com a finalidade de complementar e integrar estes estudos sobre os sedimentos, nós propomos nos anexos um método de avaliação do risco toxicológico ambiental baseado na análise de sedimentos.

O ambiente aquático pode ser definido por diversas variáveis, por exemplo, salinidade, temperatura, tempo de residência da água, profundidade média, alcalinidade, pH, índice de bioprodutividade, concentrações de oxigênio, etc. A maior parte das substâncias tóxicas podem apresentar diferentes formas químicas com diferentes características e diferentes afinidades para vários carreadores naturais dos sistemas aquáticos (substâncias hú-

micas, óxidos de Fe/Mn, detritos orgânicos, etc). Estes carreadores podem alterar as propriedades tóxicas das substâncias quando comparadas com as respostas tóxicas obtidas em laboratório. Um problema bastante complexo é, portanto, estabelecer relações qualitativas e/ou quantitativas entre efeitos adversos a sistemas ecológicos e contaminantes ambientais, para desenvolver parâmetros indicadores daquela relação, de maneira rápida, simples e de baixo custo e com um grau de acuracidade aceitável, para serem utilizados no controle da poluição ambiental. Todas estas variáveis ambientais podem, diretamente ou indiretamente, separadamente ou em conjunto, ter um impacto sobre a distribuição na água, sedimento e biota e também sobre o efeito ecológico potencial de uma dada substância química ou misturas de substâncias químicas. Vários sistemas aquáticos, neste contexto, têm diferentes sensibilidades a substâncias tóxicas (Hakanson, 1984).

Para atingir a demanda de acuracidade, simplicidade e rapidez, e, considerando que os dados coletados disponíveis no presente estudo são limitados, a avaliação de potencial risco ecológico foi baseada sobre dados de concentração de metais em sedimento, enfocando a estrutura total do sistema. Foi utilizada a metodologia de índice de risco para controle de poluição aquática através de uma abordagem sedimentológica, a qual permite derivar um índice de risco ecológico para controle de poluição ambiental. Este índice é baseado na hipótese de que a sensibilidade de um sistema aquático é uma função de sua produtividade. Qualquer modelo, por definição, é uma simplificada representação de um sistema de interesse. É impossível capturar a complexidade ecológica inteira do sistema natural, em parte porque nenhum sistema ecológico natural já tenha sido completamente descrito. Um conceito fundamental na abordagem utilizada é o termo “residual”, que descreve o fato de que é impossível em contextos ecológicos, atingir um completo entendimento do sistema. O ponto crucial desta abordagem é expressar quantitativamente valores normativos de um parâmetro que expressa efeitos ecológicos (risco ecológico potencial), integrador de um limitado número de variáveis representativas, de rápido acesso e de baixo custo.

Então, para a avaliação de risco ecológico, em ambiente aquático, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Hakanson (1980). Neste método é assumido que o estado trófico de um corpo hídrico está correlacionado com o conteúdo de nitrogênio e fósforo do sedimento. Um índice de Bioprodutividade (IBP) de um específico corpo hídrico é definido como o conteúdo de N ou P sobre uma linha de regressão do conteúdo de N ou P, para dar conta da sensibilidade do corpo hídrico aos agentes tóxicos, podendo ser encontrado também em valores tabelados, levando-se em consideração parâmetros que caracterizam tal nível trófico, como por exemplo, total de fósforo, total de nitrogênio, transparência de disco de Secci, entre outros.

Os detalhes e o emprego desta metodologia estão nos anexos.

### **Indicadores do Condicionamento (IQRNc) do risco toxicológico ambiental de exposição das populações humanas a metais pesados e outros agentes tóxicos**

Neste ítem nós propomos uma abordagem para a avaliação do risco de exposição ambiental das populações humanas a agentes tóxicos na área do estudo. Tendo em vista a sua importância (e extensão) nós resolvemos colocá-la como um anexo ao presente estudo.

A seção 1 deste trabalho apresenta definições breves de conceitos básicos em toxicologia, necessários para a compreensão da linguagem do texto corrente.

A seção 2 tem por objetivo fazer uma explanação crítica da metodologia utilizada para a avaliação de impactos ambientais sobre a saúde humana e o meio ambiente na região carbonífera do Rio Grande do Sul, gerados pelas atividades decorrentes da mineração de carvão mineral. Para a avaliação de potenciais impactos causados pela liberação de substâncias poluentes na região do estudo sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente, propomos que se utilize o método preconizado pela U.S.EPA- United States Environmental Protection Agency (1989a e 1989b), intitulado “Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e ao Meio Ambiente”, o qual tem sido utilizado em vários trabalhos na área de Gestão Ambiental (e.g. Bidone *et al.*, 1997b & 1997c; teses de Mestrado: Vanessa Hatje, 1996; Luciano Laybauer, 1995; Marcelo Poças Travassos, 1994), desenvolvidos no Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense, sob orientação do Dr. Edison Dausacker Bidone.

A Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e ao Meio Ambiente é uma análise do potencial de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente (no presente e/ou no futuro) causados pela liberação de substâncias perigosas por quaisquer atividades antropogênicas (ou naturais) em uma região fisicamente determinada. A avaliação de risco toxicológico proposto pela EPA tem caráter quantitativo, pois caracteriza individualmente as substâncias poluentes usando modelos estatísticos e biológicos para calcular estimativas numéricas de risco à saúde humana e ao meio ambiente, podendo ser utilizada também para a derivação de critérios numéricos de qualidade de meios, como será visto também nesta seção. Uma dificuldade surge em se converter um risco associado com um particular agente químico para uma medida de risco total representado por todos os agentes poluentes liberados em um determinado local ou região. Embora nenhum enfoque único seja recomendado para as avaliações de risco por exposições à múltiplas substâncias, recomenda-se diretrizes gerais. Afirma-se que a aditividade de dose (ou de resposta) é teoricamente válida e portanto, é a que melhor se aplica para avaliar exposições a múltiplos elementos, de ação similar e que não interatam. Propõem-se que a suposição de aditividade produza geralmente cálculos neutros de risco (ou seja, nem conservador nem indulgentes) e que seja aceitável para compostos que induzam tipos similares de efeitos nos mesmos locais de ação (CPEHS, 1988).

A seção 3 enfoca as estimativas numéricas de risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente e o incremento de risco em relação à área controle, com um breve resumo da metodologia de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente. Os resultados são criticamente avaliados e também são discutidas as incertezas associadas às estimativas de risco. Outro objetivo que pode ser atingido é o de prover a comunidade (população local) com informações sobre potenciais perigos de exposição aos agentes químicos sob investigação.

A seção 4 deste trabalho indica sequenciais procedimentos necessários para uma integradora visão dos aspectos toxicológicos envolvidos na área do estudo, guiados pela metodologia de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente.

Neste projeto, outros estudos, através de abordagens de características epidemiológicas, trataram da exposição ambiental de populações humanas a agentes tóxicos.

Leite *et al.* “Frequências de Defeitos Congênitos em Região Carbonífera: um Estudo no RGS”.

Rodriguez *et al.* “Avaliação do Efeito do Uso do Carvão em Saúde Pública: Bioindicação Enzimática e Monitoramento de Metais Pesados em Sangue Humano”

Pellini *et al.* “Avaliação dos Níveis de Pesticidas Organoclorados em Sangue Humano da População de São Jerônimo, RS”

Todos estes estudos indicaram a ausência de problemas para a saúde a partir dos parâmetros utilizados.

## **Questões a Serem Formuladas (QF) e Indicadores de Resposta (IQRNr)**

Os **Indicadores de Resposta (IQRNr)** são os indicadores da(s) resposta(s) da sociedade às pressões sobre a QRN e às variações no condicionamento da QRN.

Indicadores de Resposta monitoram as reações da sociedade, estas incluem empresários, tomadores de decisão e responsáveis pelas políticas, produtores, serviços de assistência técnica aos produtores, comunidades, gerentes de projetos, políticos, organismos governamentais, etc.

As reações da sociedade incluem, tanto respostas desejáveis (tais como o aumento na eficiência do uso da água ou a adoção de práticas de conservação do solo), quanto respostas negativas (tais como o abandono da terra devido à sua degradação irreversível).

Uma abordagem tentativa dos IQRNr pode ser feita a partir do estabelecimento das questões a serem formuladas (QF na Figura 10.3). Estas são os problemas maiores - i.e., relacionados aos impactos ambientais significativos, Bellia e Bidone (1993) - e as mais relevantes questões relacionadas às ações e políticas dizendo respeito à QRN. Uma abordagem das QF fornece um meio de avaliar prioridades na seleção de IQRN.

A identificação das questões-chave, em áreas específicas, serve para direcionar a atenção sobre aquelas QF críticas e, portanto, as mais relevantes a serem consideradas pelas decisões políticas.

As QF podem estar relacionadas a:

- a) Sistemas de gerenciamento e manejo inapropriados dos RN.
- b) Degradação dos RN.
- c) Inadequação das políticas.

### **a) Sistemas de gerenciamento e manejo inapropriados dos RN**

Neste caso situam-se, também, as questões a serem formuladas relacionadas às Pressões sobre estes RN (QFp na Figura 3). Como vimos estas estão intimamente relacionadas às extensões de terreno (rural e urbano) utilizadas, sobretudo, para a disposição de rejeitos tanto pela atividade de mineração, quanto pelas termelétricas, e aos impactos daí resultantes sobre solos, águas, vegetação, etc., tendo sido suficientemente (considerando o nível de abordagem experimental aqui proposto) consideradas anteriormente.

## b) Degradação dos RN

Neste caso situam-se, também, as questões a serem formuladas relacionadas ao Condicionamento dos RN (QFc na Figura 3). Estas correspondem às próprias hipóteses de trabalho e objetivos dos estudos específicos realizados neste projeto, descritos nos itens anteriores deste Capítulo 6. A partir destes estudos demonstrou-se a perda de qualidade dos RN relacionados à mineração de carvão e sugeriu-se diferentes medidas a serem perseguidas visando o controle dos impactos sobre estes RN. Evidentemente, os estudos específicos realizados podem, e devem, ser continuados e, outros, não contemplados, realizados. A abordagem foi extensiva mas não definitiva.

## c) Inadequação das políticas.

Neste caso, situam-se as questões a serem formuladas relativas às Respostas da sociedade (QFr na Figura 3) às Pressões exercidas pela mineração do carvão e termelétricas sobre os RN e às mudanças resultantes no Condicionamento / Qualidade dos RN afetados por aquelas atividades.

A partir dos estudos específicos realizados neste projeto, nós podemos concluir que as respostas da sociedade, em termos de políticas e ações (sobretudo aquelas relacionadas ao meio ambiente), têm ficado aquém do necessário, refletindo-se no “abandono/desistência” de atividades relacionadas aos RN renováveis e da qualidade de vida em geral. Parafrazeando aquilo que Rhode e Rodriguez (1997) no “**Diagnóstico Ambiental das Cinzas de Carvão no Baixo Jacuí, RS**”, neste projeto, nos disseram: **o equacionamento tecnicista simplificado (realizado sem a participação efetiva da sociedade) utilizado para diminuir impactos ambientais (o qual muitas vezes apenas os amplia), resultou em uma espécie de esquecimento social da problemática ambiental.**

Estes autores são incisivos: o Estado do Rio Grande do Sul, notável produtor de cinzas, rejeitos, etc. originados da mineração do carvão e funcionamento de termelétricas, carece de uma estrutura visando a quantificação mais apropriada e efetiva da sua produção e destino final, monitoramento das características toxicológicas e radiológicas, etc.

Arêde *et al.* (1997) no estudo “**Necessidades Educacionais em Administração Rural e Conservação do Solo Percebidas Pelos Pequenos Produtores da Região do Carvão do RGS**”, neste projeto, nos dizem que a mineração deixou em seu rastro o empobrecimento da região, a falta de oportunidade de trabalho para muitos e um caráter permanentemente recessivo para a maioria. O quadro geral da região é muito pobre considerando a localização farta de rodovias e hidrovias próximas à capital. A região necessita de trabalho qualificado, gerenciamento qualificado e, sobretudo, habilidade para lidar com recursos naturais. A partir dos dados de Souza e Bittencourt “**Aspectos globais da Região Carbonífera do Rio Grande do Sul**”, neste projeto, foi possível segregar os municípios da área do estudo em função de suas atividades econômicas, Tabela 4.1. Aqueles municípios cujas atividades estão centradas na extração do carvão e na agricultura possuem os mais baixos valores de PIB e de PIB per capita.

Segundo Neves e Chaves (1997) em seu estudo “**Notas para o Estudo da Região Carbonífera Tradicional do Rio Grande do Sul**”, neste projeto, analisando o comportamento demográfico dos municípios da região, dizem que este comportamento parece indicar a ocorrência de um processo econômico e social depressivo generalizado na porção da área que corresponde as “velhas” ou “tradicionalis” áreas carboníferas.

Castro e Eckert (1997) no estudo “**Estudo Socioeconômico sobre a Comunidade Pesqueira na Região Carbonífera do Baixo Jacuí**”, neste projeto, nos informam, entre outros que, devido às outras atividades econômicas praticadas na região, a redução gradativa dos estoques de peixes disponível induz os pescadores, no intuito de manterem constante o nível de renda, a elevarem tanto o esforço de pesca, como a quantidade de equipamentos utilizados. O resultado desta tentativa é falho, pois tais atitudes somente contribuem para diminuir ainda mais o estoque e, conseqüentemente, a taxa de crescimento da população de peixes, criando-se um círculo vicioso. Redundando naquilo que Bellia e Bidone (1991), tratando da questão extrativista (utilizando garimpos como referência mas plenamente aplicável à pesca artesanal), consideram como “tragédia do uso dos bens de propriedade comum”.

Além disso, deve-se ressaltar, que a contaminação crescente das águas pode colocar em risco o futuro de qualquer atividade relacionada à piscicultura na região.

Os diversos estudos objetivando a educação com ênfase no meio ambiente, realizados neste projeto, confirmam a ausência de um nível de conscientização da população da região para a problemática ambiental aonde se acha inserida.

Arêde e Becker (1997) no estudo “**O Ensino de Ecologia nas Escolas de Primeiro Grau da Região Carbonífera do RGS - Percepções dos Professores de Ciências**”, neste projeto, nos dizem que a maior parte dos entrevistados não viam a ecologia em sentido muito amplo. Poucos viam, no lançamento de dejetos em arroios, o comprometimento da água dos rios e poucos entendiam sobre a importância dos rios. Mas, todos esperavam que, de alguma forma, o progresso poderia ser conciliado com a conservação do meio ambiente.

Lindner *et al.* (1997) no estudo “**Perspectivas da Educação Ambiental: o Exemplo da Região Carbonífera do baixo Jacuí, RS**”, neste projeto, sugerem uma série de alternativas e discutem as dificuldades de implementá-las.

No mesmo sentido de discussão e proposições de alternativas, Pires e Eckert (1997) no “**Estudo do Processo Urbano-Industrial de Charqueadas, RS: Análise dos Programas de Gerenciamento Ambiental das Indústrias e Proposição de Subsídios para um Programa de Educação Ambiental junto a Comunidade Trabalhadora e Professorado**”, neste projeto, chamam a atenção para a necessidade de introdução de critérios ambientais na gestão empresarial, dizendo que as empresas não podem considerar-se alheias, elas têm não somente uma grande responsabilidade em matéria ambiental como também possibilidade de institucionalizar a prática de ações voltadas à gestão do meio ambiente.

No sentido de melhor compreender o sistema de significados do grupo representado pela comunidade mineira da região do estudo, Cornélia Eckert (1997) produziu dois estudos antropológicos a serem considerados em qualquer programa de educação voltado para esta comunidade: “**Sistema de Crenças no Contexto Carbonífero**” e

## “Sociabilidade e Memória na Comunidade Mineira do Carvão, RS”.

Finalmente, Krell (1997) no estudo “Aspectos Jurídico-Políticos: Atribuições, Obrigações e Possibilidades dos Municípios da Região Carbonífera Gaúcha na Proteção do Meio Ambiente”, neste projeto, fornece subsídios fundamentais para a gestão dos RN na área do estudo, nos informando que o estado de desenvolvimento da legislação ambiental local dos municípios do Núcleo Básico da Região Carbonífera Tradicional do RGS (Arroio dos Ratos, Butiá, Minas do Leão, Charqueadas e São Jerônimo) é bastante reduzido. Segundo o autor, faz-se necessária uma *concentração dos conhecimentos* existentes e disponíveis para que se chegue a uma elaboração de normas e padrões ambientais convenientes.

## CONTAS-SATÉLITE, CORREÇÃO DO PIB E AVALIAÇÃO ECOLÓGICA, SOCIAL E ECONÔMICA

### Contas-Satélite e a Correção do PIB Municipal.

A inserção da variável ambiental (para correção dos) nos PIB's municipais calculados para a área do estudo é um dos principais produtos indicados nos objetivos da estrutura metodológica proposta. Esta correção envolve o conceito de Depreciação de certas formas de capital (e.g., plantas industriais e maquinaria), que deve ser estendida para incluir a Depreciação do Capital Natural (DCN), Peskin (1991). Se nós corrigirmos o PIB, descontando as depreciações correntemente feitas, nós obteremos o PIL, cf. Tabela 1. Mas, se a esta correção nós incluirmos a DCN e o Custo das Medidas de Proteção Ambiental (CMP), nós obteremos, partindo do conceito de Daly (1989), um Produto Interno Líquido Socialmente Sustentável (PILSS), o qual corresponde ao Produto Interno Líquido (PIL), menos os Custos das Medidas de Proteção (CMP), e menos a Depreciação do Capital Natural (DCN), ou:

$$\text{PILSS} = \text{PIL} - \text{CMP} - \text{DCN}$$

Na metodologia proposta os elementos componentes das Contas-Satélite (CS no fluxograma da Figura 1) são: os Custos das Medidas de Proteção (CMP) e a Depreciação do Capital Natural (DCN). No entanto, chamamos a atenção para o fato, tendo em vista do carvão ser um RN não-renovável, de necessitarmos incluir nas CS um Elemento de Capital (EC), não disponível para o consumo, a ser estimado através da estratégia proposta por El Serafy, justificada e descrita. No caso presente, então, a formulação proposta por Daly e aqui modificada seria:

$$\text{PILSS} = \text{PIL} - \text{CMP} - \text{DCN} - \text{EC}$$

Não é objetivo do presente estudo quantificar os valores dos CMP, DCN e do Elemento de Capital (EC) proposto por El Serafy, mas verificar se estes parâmetros são de abordagem factível e de mensuração possível, sugerindo as formas de fazê-lo.

Os Custos das Medidas de Proteção (CMP), são valores monetários, relacionados à proteção/controla ambiental (e.g., tratamento de efluentes, mudanças no processo

industrial, redução na produção, etc.) estabelecidos para diferentes alternativas de proteção/controla. No caso da degradação de RN renováveis afetados pela mineração do carvão na área do estudo, estes custos devem ser relacionados à DCN, conforme sugerido pelo método exposto na Figura 2.

Por exemplo, se nós considerarmos como IQRNc os valores de risco associado aos metais pesados nas águas fluviais, e estabelecermos diferentes alternativas para o seu controle - i.e., controle de sua(s) fonte(s) - nós poderemos determinar o valor de DCN para o recurso água fluvial, através dos custos (i.e., Preços-Sombra) necessários para que esta água retorne (através de tratamento) à sua condição de "background" natural.

A estes custos somam-se

(i) os custos ligados à redução ou eliminação de danos ambientais: Custos de Regulamentação e Controle (e.g, quanto gastam os organismos ambientais em atividades de fiscalização na área do estudo?), Custos Financeiros (i.e., custos de oportunidade dos usos alternativos dos recursos em questão; e.g os solos utilizados como destino final de rejeitos gerados pela mineração do carvão podem ter seu uso inviabilizado para agricultura e isso tem um custo originado do conflito entre essas duas funções ou usos alternativos ou, ainda, custos dos danos gerados ao multiuso do recurso solo) e os Custos de Pesquisas e de Informação (e.g, os custos do presente projeto);

(ii) os custos orientados ao aumento da capacidade do MA: Custos de Recuperação (e.g, dos solos construídos na área do estudo) e os Custos de Criação de Novas Capacidades Ambientais (e.g, utilização das áreas de banhado para atividades produtivas e/ou como corpos receptores de efluentes da mineração).

Todos estes CMP e a DCN a eles associados são, portanto, acessíveis e passíveis de estimação. Para tanto, há a necessidade de continuar-se os estudos realizados e os complementar com estudos específicos visando os CMP e a DCN, sobretudo através do detalhamento das fontes de contaminação e dos seus indicadores (IQRN).

O termo Elemento de Capital (EC) proposto por El Serafy, requer uma discussão específica para a problemática da área do estudo.

A formulação proposta por El Serafy para o cálculo do EC discutida é:

$$X / R = 1 - [1 / (1 + r)^{n+1}]$$

onde, **X** é a verdadeira renda; **R** são as receitas totais; **r** é a taxa de desconto; e **n** é o tempo de exploração da jazida até o seu esgotamento. **R - X** (ou em termos percentuais  $1 - X/R$ ) seria o "custo de uso" ou "fator de esgotamento" que deveria ser considerado como investimento de capital (Elemento de Capital - EC) e totalmente excluído do PIB, e que, ainda segundo El Serafy, deveria ser aplicado (na produção de novos bens) para criar um "rio de receitas contínuas" que providiria o mesmo nível de verdadeira renda e os mesmos valores capitalizados.

No item 5.5 nós mostramos a fórmula de cálculo do potencial carbonífero para geração de energia elétrica ( $P_g$  em MW), associado às unidades mineiras em operação e projetadas:

$$P_g = P_a \times V_m / H_a \times V_u \times F_c \times C_e$$

onde: Pa = produção anual de carvão, com vocação termelétrica, por tipo, em toneladas; Vm = vida útil da UM em anos; Ha = horas/ano disponíveis para operação da UTE (8760 horas); Vu = vida útil da UTE (30 anos); Fc = fator de capacidade da UTE (0,5 ou 50%); Ce = consumo específico de carvão (em t/MWh), cf. Tabela 6.

Por exemplo, segundo o **Plano 2010 da Eletrobrás**, as unidades mineiras em funcionamento na área do estudo (Tabela 5) têm capacidade nominal conjunta de produção de ~ 2 milhões de toneladas anuais de carvão (tipos CE 3100 e CE 3700, Tabela 6), observa-se que, a partir da fórmula acima, neste ritmo, ter-se-ia a exaustão das minas ocorrendo a partir do oitavo ano.

Tomando-se o exemplo acima e a ele aplicando-se a formulação proposta por El Serafy, considerando um tempo de exaustão da jazida do exemplo (8 anos), nós temos que para três diferentes valores de  $r$  (taxa de desconto):

$$r = 5\% \text{ a.a.} \longrightarrow X/R = 0.36 \text{ ou } 36\% \longrightarrow EC = 0.64 \text{ ou } 64\%$$

$$r = 10\% \text{ a.a.} \longrightarrow X/R = 0.58 \text{ ou } 58\% \longrightarrow EC = 0.42 \text{ ou } 42\%$$

$$r = 15\% \text{ a.a.} \longrightarrow X/R = 0.72 \text{ ou } 72\% \longrightarrow EC = 0.28 \text{ ou } 28\%$$

De acordo com o exemplo, com uma taxa de desconto de 5% a.a., uma mina que esgote em 8 anos pode considerar como renda somente 36% de suas receitas anuais (64% deveriam ser aplicados como formação de capital na produção de novos bens). Se a taxa de desconto for de 15% as rendas correntes seriam, relativamente às receitas líquidas totais da venda do minério, de 72% e, portanto, 28% deveriam ser aplicados como formação de capital na produção de novos bens.

Com relação à formulação proposta alguns pontos precisam ser esclarecidos e enfatizados.

(i) Uma taxa de desconto precisa ser escolhida. Esta decisão é arbitrária mas não muito mais do que os métodos estimativos utilizados extensivamente no cálculo do PIB. Os economistas clássicos dos países desenvolvidos usaram uma taxa de 5% para definir o que eles chamaram “natural rate of time preference”. A taxa de desconto de 15% a.a. do exemplo, está relacionada ao preço de referência do carvão no **Plano 2010 da Eletrobrás**. Este documento data de 1989 e, portanto, é anterior ao plano de estabilização da moeda brasileira. Em todo caso, a taxa de desconto a ser aplicada poderia ser revista periodicamente, baseando-se nas variações de longo-termo das taxas de mercado.

(ii) Na fórmula proposta, o termo Elemento de Capital ( $EC = 1 - X/R$ ) é apenas uma metáfora. O proprietário da jazida pode dispor de suas receitas da maneira que ele quiser. Mas ele deveria estar consciente do fato de suas verdadeiras rendas serem apenas uma fração de suas receitas totais. A correção da contabilidade, como proposto neste estudo, poderia conduzir e conter esta mensagem fundamental.

(iii) Igualmente metafórico é o procedimento de se calcular os rendimentos possíveis de serem obtidos a partir do investimento do EC na taxa de desconto escolhida. Em realidade, neste caso, a taxa de desconto funciona como um parâmetro de mer-

cado que indica um comportamento prudente para o proprietário da jazida, orientando suas decisões a respeito da extração do minério. Por exemplo, se a taxa de remuneração para aplicações no mercado financeiro estiver mais baixa do que a taxa de apreciação do minério (se este for deixado no solo), neste caso o proprietário da jazida deveria retardar a extração. No entanto, o proprietário deveria ser suficientemente sensato para entender esta taxa como um rendimento mínimo para seus novos investimentos.

(iv) Do mesmo modo, o cronograma de extração (aqui considerado como constante ao longo de um período) é, também, um paradigma utilizado somente para fins de cálculo. Via de regra, o proprietário de um recurso mineral pode extraí-lo em dois ou vinte anos. Em qualquer tempo ele pode decidir alterar seus planos, dependendo dos preços correntes e das expectativas sobre eles, diminuindo ou aumentando os fluxos médios anuais de extração do minério. Ele tem liberdade para isso. No entanto, tudo que a fórmula proposta por El Serafy precisa é da razão entre a quantidade de minério extraída num dado período e as reservas totais. Suponhamos que um proprietário, que planejou liquidar suas reservas em um período de dez anos, decida acelerar a extração devido a expectativa de um futuro declínio de preços (e.g. se suas cotas no mercado forem pequenas, ele pode fazer isso impunemente, i.e., sem reduzir os preços do minério) e agora decida por um horizonte de cinco anos. Neste caso, para a fórmula basta usar a nova razão extração / reservas, e isto pode ser feito de um período para outro e, mesmo, todo ano se necessário for.

(v) O mesmo se aplica para a descoberta de novos depósitos ou para um ajustamento (para mais) nos dados de reservas. Para aplicar-se a fórmula proposta, tudo o que é necessário é alterar-se a razão extração / reservas, desde que se mantenha o mesmo cronograma de extração anterior à esta descoberta. Neste caso, a descoberta ela própria refletirá em um maior componente de renda  $X$  na fórmula e, conseqüentemente, num menor valor de  $EC$ . No entanto, o proprietário pode muito bem não alterar a razão extração / reservas aumentando sua extração anual, quando ele percebe que as reservas são maiores do que ele tinha pensado. Isto também resulta em maior valor para  $X$ .

(vi) Não é necessário estimar o valor absoluto do total das reservas do mineral, nem predizer os seus preços futuros. O proprietário da jazida faz todas as predições necessárias, e estas estão refletidas na sua extração anual, a qual os contabilistas têm de relacionar ao tamanho das reservas a fim de estimar renda e elemento de capital, assumindo-se que a unidade de valor para o recurso total é a mesma dos seus preços correntes. Tal valoração aparece tanto no numerador, quanto no denominador da fórmula proposta, cancelando-a, o que permanece é a razão entre duas quantidades físicas: o tamanho das reservas e a extração anual, i.e., o número de anos para a exaustão da jazida. Especulações sobre o curso dos preços futuros, no entanto, ocorrem, e isto, como mencionado acima, afeta a velocidade de liquidação do recurso, mas isso não é um problema de quem constrói a correção da contabilidade.

(vii) Os problemas relacionados ao comércio do minério ou a mudanças tecnológicas, que podem levar a variações drásticas na valoração dos recursos minerais, não são aqui discutidas. Tais variações têm de ser reconhecidas pelos realizadores da contabilidade quando elas ocorrerem. O foco da proposta de El Serafy é o volume da extração do minério, no período envolvido pela contabilidade, relacionado ao volume

total das suas reservas. Do ponto de vista da contabilidade, o valor de mercado do produto mineral é considerado um dado que é meramente usado para avaliar a contribuição da atividade no PIB.

(viii) É importante perceber que os proprietários do minério tendem a explorar primeiro os depósitos (ou produtos) mais ricos e acessíveis, já que os demais representarão extrações de custos progressivamente mais altos (no **Plano 2010 da Eletrobrás**, é dito: “a implantação das usinas termelétricas tem como ponto de partida o mercado para as frações mais nobres e seu objetivo é o da viabilização da utilização do carvão como um todo”). Custos de extração crescentes podem prejudicar a sustentabilidade da atividade da mesma maneira que a exaustão o faz. Quando os preços de mercado ficam abaixo dos custos de extração, muitas vendas de minério previstas, a partir de grandes depósitos, tornam impossíveis operações lucrativas. Portanto, as estimativas de reservas deveriam ser ajustadas para baixo, através de um fator que reflita o aumento progressivo dos custos de extração.

É necessário, também, chamar-se a atenção para o fato de que o carvão, na área do estudo, é pensado, quase que exclusivamente, como uma fonte de energia para termelétricas. A relações entre produtores (mineradoras) e as termelétricas, no “design” econômico atual, deve ser alterado profundamente com as privatizações no sistema. Por exemplo, os preços do minério deverão ser discutidos entre os produtores e os geradores de energia (termelétricas) e, certamente, isso se refletirá no preço pago pelos consumidores desta energia, i.e., poderá o produtor retardar ou diminuir os fluxos de extração para forçar aumento de preços? Provavelmente, isso forçará à necessidade de formação de estoques reguladores, aquisição de minério em outras fontes, etc. A formulação proposta não se propõe a atender estas questões.

Finalmente, tendo em vista os itens discutidos anteriormente, cuja conclusão mais importante é que ninguém pode obrigar um proprietário de minério a tratar suas receitas conforme a formulação proposta por El Serafy, esta serve, no mínimo, para corrigir as contabilidades tradicionais que consideram bens minerais como produção corrente e não como venda de ativos e, ainda, para referenciar e subsidiar discussões sobre o pagamento de “royalties” aos, no caso presente, municípios que abrigam as reservas minerais.

### **Avaliações Ecológica, Social e Econômica (Termos AEC, AS e AE, Fig. 10.1)**

Estes termos da metodologia proposta foram explicitamente discutidos no Capítulo 6 da estrutura PCR. A avaliação da qualidade dos recursos naturais através do uso de IQRN de Pressão, Condicionamento e Resposta, deixa claro um cenário que tende, no curso atual dos eventos, a ampliar-se (até prova em contrário) linearmente com o incremento das atividades de mineração e geração de energia termelétrica. Neste sentido, a construção de cenários considerando as estimativas e projetos listados no Plano 2010 da Eletrobrás, relacionando-os através de modelagem aos RN, poderia ser uma alternativa promissora para a abordagem do conceito de Mérito e de Sustentabilidade expostos pela metodologia.

Os municípios que abrigam as minas de carvão reforçam, no seu PIB absoluto e *per capita* menores, a suspeita de que eles exportam riqueza (o carvão, no caso presente) e ficam com os problemas ambientais e sociais decorrentes desta exploração. Os reflexos disso, do ponto de vista social, deveriam ser mais intensamente estudados na seqüência de possíveis estudos na área-foco deste PADCT-CIAMB. Por exemplo, de imediato uma ligação “direta” entre o PIB e sua distributividade poderia ser realizada com o uso de indicadores macroeconômicos do tipo Coeficiente de Gini, Índice de Theil, Índice de Pareto, etc.

O estabelecimento de “royalties” para estes municípios usando-se como uma das bases possíveis de discussão a proposição de El Serafý, também é um caminho importante a ser trilhado.

Mas, no entanto, o que mais chama a atenção é que torna-se cada vez mais necessária uma ampla discussão sobre a própria estratégia de geração de energia *via* queima do carvão, o que aparentemente não foi feito.

A questão da exploração do carvão mineral e de seu emprego na geração termelétrica, encontra-se no limiar de uma importância maior e, portanto, rapidamente crescente. Para que essa evolução venha a ser contemplada dentro de uma perspectiva ambientalmente racional (prudente) e adequada (socioeconomicamente), é necessário que todas as esferas decisórias da área energética do país disponham de diagnósticos precisos, bem fundamentados e de recomendações claras para nortear e priorizar as ações necessárias ao uso de carvão na geração de energia elétrica na região sul do Brasil.

Foi a partir da elaboração do “**Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 - Plano 2010 e expansão termelétrica a carvão - relatório final, outubro de 1989**” que a termelétricidade, antes excluída das discussões sobre potencialidade nacional para geração de energia elétrica, passou a ter um tratamento específico, tornando oportuna a sua efetiva discussão entre os setores envolvidos na produção de energia elétrica.

Considerou-se as previsões de esgotamento do potencial hidrelétrico competitivo, estimado para o período de 2010 e o grande potencial termelétrico a carvão disponível na região sul do país e, ainda estrategicamente, o necessário domínio tecnológico de todas as formas intensivas de energia. Concluiu-se, como indispensável, a progressiva capacitação tecnológica nacional em projeto, fabricação e construção de usinas termelétricas a carvão, garantindo, ao mesmo tempo, uma transição harmônica de um programa predominantemente hidrelétrico para um futuro sistema termelétrico.

As usinas termelétricas terão como característica operativa a complementaridade com relação ao abastecimento de energia ao sistema, que é suprido, prioritariamente, pelas usinas hidrelétricas, isto é, as usinas termelétricas deverão ser operadas ao longo de suas vidas úteis, com fator de capacidade médio de 50%, devendo estar em condições de, nos períodos de hidraulicidade crítica, operar com fator de capacidade médio de até 80%.

A decisão do Setor Elétrico de explorar o potencial de geração termelétrica a carvão baseia-se em estudos econômicos em que este energético apresenta-se, ao nível nacional, como o mais atrativo dentre aqueles caracterizados como não-renováveis. Em função disto, o relatório final do **Plano 2010** estabeleceu um programa mínimo de usinas termelétricas a carvão, totalizando 5.050 MW, até 2010.

A produção prevista das unidades mineiras inventariadas mostra-se mais do que suficiente para garantir o adequado suprimento de carvão das usinas contempladas no

planejamento da expansão termelétrica de longo prazo, durante toda sua vida útil, conforme demonstrado através dos resultados apresentados no relatório final do Plano 2010.

Em termos quantitativos, a capacidade global de oferta de carvão energético para uso em termelétrica das unidades mineiras inventariadas (projetadas) monta a 484 milhões de toneladas. Essa capacidade de oferta de carvão é suficiente para instalação de uma potência da ordem de 4.200 MW. Entende-se como potencial carbonífero para geração de energia elétrica, aquele potencial associado aos carvões com vocação termelétrica, possíveis de serem produzidos em cada unidade mineira.

As iniciativas da Eletrosul e da CEEE foram importantes, mesmo seguindo rotas diferenciadas: tanto a Eletrosul que utilizou o rejeito do beneficiamento do carvão em Santa Catarina, bem como a CEEE que está utilizando carvão *in natura* da jazida de Candiota, no Rio Grande do Sul, ambas pioneiras, no Brasil, na construção de usinas e geração de eletricidade a partir da queima do carvão.

Com essa experiência na utilização do carvão nacional para a geração termelétrica, o setor elétrico desenvolveu um expressivo contingente técnico e gerencial com atuação tanto na condução das atividades de projeto e construção, quanto na operação e manutenção de usinas termelétricas a carvão mineral.

Com os custos crescentes para a utilização dos aproveitamentos hidrelétricos disponíveis no Brasil, surge o **Plano 2015, Oferta de Energia Elétrica, Tecnologias, Custos e Disponibilidades - Carvão Mineral: prospecção do seu uso na termelétrica, em janeiro de 1992**. Neste sentido a geração termelétrica a carvão mineral passa a ser uma alternativa natural de desenvolvimento. Estabelece uma base conceitual para a análise da expansão termelétrica a carvão mineral sob um enfoque não apenas regional, mas com uma alternativa de suprimento de energia integrada a uma estratégia nacional.

No Brasil cerca de 95% da eletricidade é, atualmente, produzida em usinas hidrelétricas. No horizonte do Plano 2015 a termelétrica poderá representar de 10% a 15% da energia elétrica produzida, pois cerca de 55% do potencial hidrelétrico brasileiro está localizado na região amazônica, distante dos maiores centros de consumo, localizados nas regiões sudeste e sul. Além disso, **devido essencialmente a problemas relacionados com o meio ambiente**, é pouco provável que o Brasil consiga financiamento externo para o aproveitamento integral do potencial hidrelétrico da região amazônica.

Num parque de geração de energia elétrica predominantemente hídrico como o brasileiro, a operação de usinas termelétricas reveste-se de vantagens que permitem o máximo aproveitamento da sua energia, a um custo inferior ao que teria no caso de sua operação isolada. Neste sentido as usinas termelétricas tem contribuído para garantir que o risco de déficit do sistema interligado não ultrapassa o patamar de 5%.

O carvão mineral constitui a maior parcela dos recursos energéticos não renováveis, dos quais representa 2/3, sendo prevista uma participação expressiva desse insumo no contexto econômico-energético nacional, a partir da próxima década, quando a geração termelétrica a carvão expandir-se-á de forma substancial.

Atualmente, as implicações ambientais associadas à utilização do carvão mineral são um dos maiores fatores limitantes ao seu aproveitamento como energético. Considerando, a título de exemplo, somente os problemas relacionados às termelétricas, um dos principais fatores é a legislação ambiental sobre os padrões de emissões, em vigor no

país. Porém, a crescente participação do setor elétrico no equacionamento de questões ambientais, acarretadas pelo uso do carvão na geração de energia elétrica poderá permitir um aproveitamento das reservas minerais nacionais deste combustível sem comprometer o meio ambiente, se as tecnologias forem apropriadas.

O Plano 2015 faz uma comparação entre usinas termelétricas a carvão mineral antigas e modernas, do exterior e mostra que há uma diminuição sensível de emissões de dióxido de enxofre, óxido de nitrogênio e material particulado. Desta forma, é possível que a questão ambiental na geração térmica possa ser equacionada mediante a adoção de modernas tecnologias de combustão.

No entanto, os padrões de emissão atmosférica válidos para as novas usinas termelétricas a carvão, recentemente estabelecidos, implicam na introdução de tecnologia ambiental de elevados custos de implantação, operação e manutenção, sem garantia de sua adaptabilidade ao carvão nacional.

Tomando-se por base o carvão mineral do Rio Grande do Sul, seriam necessárias eficiências de coleta em torno de 99,5% para material particulado e de cerca de 80% para SO<sub>2</sub>. Hoje trabalha-se com eficiências entre 98 e 99% para a captação de material particulado em precipitadores eletrostáticos, cuja tecnologia é razoavelmente conhecida e dominada, sendo possível, com algum esforço, alcançar-se os 99,5% pretendidos. Porém, a maior dificuldade é o atendimento ao padrão de emissão de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) nas unidades convencionais a carvão pulverizado.

Os meios para controle de SO<sub>2</sub> em instalações termelétricas são disponíveis, praticamente, para todas as etapas de manuseio e utilização de carvão, desde a mina até a chaminé da instalação, apresentando-se em 3 grupos básicos:

- remoção, por redução de enxofre no carvão, antes da combustão, isto é, durante os processos de manuseio e beneficiamento (mas, que podem gerar problemas sobre as águas e sobre os solos e vegetação, p.ex.);
- controle das emissões de SO<sub>2</sub> durante a combustão;
- redução de SO<sub>2</sub> nos gases, após a combustão.

Os processos de dessulfurização dos gases de combustão são os mais utilizados no exterior, na adaptação de usinas termelétricas em operação, instaladas em locais onde as emissões de SO<sub>2</sub> geravam concentrações acima dos padrões de qualidade do ar. A tecnologia mais comumente utilizada é a de cal/calcário, via úmida, atingindo níveis de eficiência da ordem de 90%. É um processo relativamente complexo, porém com tecnologia mais desenvolvida comercialmente disponível. Embora a um custo mais elevado, é o que melhor se adapta às condições do carvão brasileiro.

Para uma potência instalada de 350 MW, o custo de implantação desses dessulfurizadores é da ordem de U\$ 150 milhões e as despesas mensais com operação e manutenção são estimadas em U\$ 2,9 milhões, para 70% de fator de capacidade da usina, inviabilizando as instalações existentes em função do aumento do custo adicional de instalação da unidade.

Outras questões que merecem reflexão:

- não existe nenhuma experiência nacional de aplicação em termelétricas;
- em outros ramos industriais a experiência se restringe a pequenas caldeiras a óleo combustível, rico em enxofre;

- ao nível mundial, os principais problemas são de incrustações nos equipamentos e de corrosão, que exigem ligas metálicas não existentes no Brasil;
- o destino e os custos de movimentação de rejeitos produzidos;
- a necessidade de total automação das unidades devido à complexidade tecnológica e;
- o alto consumo de energia elétrica.

Para controle de  $SO_x$ , a redução pré-combustão durante os processos de manuseio e beneficiamento, é uma alternativa para uso nas usinas já existentes ou em implantação, devendo ser estudada como solução intermediária, antes da adoção do processo desulfurização.

Para novas unidades, até 250 MW, a alternativa de dessulfurização em leito fluidizado é a solução mais indicada e, portanto, a alternativa tecnológica mais promissora para a viabilização da expansão termelétrica a carvão mineral, por ser de menor custo de implantação e de operação, além de permitir maior confiabilidade operativa.

A avaliação tecnológica era, até recentemente, uma comparação direta entre um conjunto de tecnologias disponíveis, visando o atendimento de condicionantes operacionais, seguida de seleção daquela que se mostrasse mais econômica. Porém, atualmente, não é mais possível esta avaliação, com base única e exclusiva nos parâmetros técnico-econômicos deste conjunto de tecnologias.

Os investimentos requeridos devem estar relacionados com a estrutura econômica do país, com as necessidades do mercado doméstico, com o relacionamento deste mercado e as economias vizinhas, com a situação cultural e social, com a infraestrutura e recurso existentes, com os planos globais de desenvolvimento econômico, políticas governamentais e as estratégias comerciais a nível internacional.

Projetos padronizados, modulares, em tamanhos menores (usinas de pequeno porte com 150 a 250 MW) têm sido a tendência a nível mundial. Isto reduz o tempo de construção e os custos associados a facilidade de gerenciamento destas unidades e a relação destas com o meio ambiente, em função da dinâmica associada a variações da qualidade ambiental das regiões de instalação das usinas termelétricas.

Além dos tradicionais fatores técnico-econômicos normalmente considerados, a opção por uma das alternativas tecnológicas indicadas para a aplicação da tradicional queima de carvão, sob a forma pulverizada, bem conhecida por empresas do setor elétrico em cuja área de atuação encontram-se as jazidas dos carvões brasileiros, a instalação de uma termelétrica dependerá da análise de alguns fatores associados ao empreendimento estudado:

- características do combustível;
- grau de comprometimento ambiental da região de implantação da Usina Termelétrica (UTE);
- situação sócio-cultural das populações residentes na área de influência do empreendimento termelétrico;
- expectativa de evolução da legislação ambiental para a região de implantação da UTE;
- existência de mercado para os sub-produtos da combustão e dos processos de dessulfurização de gases.

A liberdade e oportunidade de escolha de alternativa que otimize todas estas variáveis associadas a um empreendimento termelétrico, dependem de uma adequação das resoluções do CONAMA que regulamentam os padrões rígidos de emissão por fonte, aplicados em caráter generalizado, pelo estabelecimento de metas de manutenção e até melhoria da qualidade ambiental, estabelecendo-se zoneamento em função dos atuais níveis de comprometimento do meio ambiente e consideradas as capacidades de regeneração de cada região, mapeadas a partir de cuidadoso inventário.

Martin e Leal (1997) em seu trabalho “**A virtude da moderação: uma orientação de política nacional para o carvão no sul do Brasil**”, neste projeto, apresentam os custos sociais e ambientais que representam um desafio ao uso do carvão brasileiro e fazem sugestões sobre como melhorar o valor do carvão de modo a aliviar os seus impactos sociais e ao meio ambiente. Descrevem, também três sugestões sobre como melhorar o valor do carvão de modo a aliviar os seus impactos sociais e ao meio ambiente.

O uso direto ou indireto do carvão como combustível ou matéria prima em processos industriais implica, necessariamente em impacto sobre o meio. O simples fato de remover o carvão da mina no caso de mineração a céu aberto - na sua maioria no Rio Grande do Sul - modifica a topografia local com alteração profunda da camada superficial do solo, eliminação da vegetação, liberação de gases e introdução de substâncias potencialmente perigosas na atmosfera e nos ambientes aquáticos. O alto teor de cinzas, em geral, requer a redução de tamanho através da moagem e conseqüente geração de finos e poeira, bem como a geração de efluentes líquidos contaminados. A queima gera grande quantidade de cinza que pode ser adequadamente descartada ou ser utilizada na fabricação de cimento.

Apesar dos seus custos sociais e ambientais, é provável que o carvão represente uma parcela crescente do suplemento da demanda global de energia. Depois da crise de energia, as concessionárias norte-americanas passaram a usar mais carvão para atender à demanda por energia elétrica, mas a previsão para o aumento do uso de carvão não se baseia tanto na experiência e expectativas dos países ocidentais industrializados, mas sim em extrapolações realísticas da situação do resto do mundo - notadamente a Ásia. Previsões indicam que mais da metade do total da nova capacidade de geração de energia elétrica a ser instalada no mundo, na próxima década, será na Ásia. Os países asiáticos mais ricos - Japão e Coréia do Sul - têm capital e infraestrutura para instalar usinas nucleares para sustentar o desenvolvimento econômico, mas os dois gigantes asiáticos - China e Índia - vão depender do seu carvão em futuro próximo para manter a expansão econômica necessária para melhorar o padrão de vida de seu povo. Ditames da química estabelecem que alguns significativos em emissões, tais como dióxido de carbono, vão ser inevitáveis. Se considerarmos o provável aumento da combustão de carbono em outros países também, é claro que o planeta está caminhando para uma situação que pode ser classificada como um teste global do meio ambiente sem precedentes em termos de magnitude. Além disto, a maior parte do carvão da China e Índia não é de alta qualidade ou limpo: alívio de impacto ambiental devido às cinzas e emissões gasosas é possível, mas pode ser muito caro para países com necessidades sociais urgentes. A qualidade do ar em cidades como Calcutá e Pequim, atualmente, já está abaixo dos padrões aceitáveis pela organização Mundial da Saúde, quase todos os dias do ano.

O Brasil é um caso único, entre os grandes países em processo de industrialização, que produz a maior parte da sua eletricidade com hidrelétricas, uma fonte cara, porém, relativamente limpa de energia. No entanto, o sul do Brasil não pode ignorar suas reservas de carvão e não pode descartar o teste com o meio ambiente, planejado e de proporções globais, em andamento, atualmente.

A redução dos impactos sociais e sobre o ambiente decorrentes da utilização do carvão aumenta o seu custo. Ainda que este custo deva ser comparado com as alternativas, o enfoque racional não deve ser o de questionar se uma certa medida de segurança para proteger a vida de um mineiro vale a pena de ser tomada, ou se um ar respirável pode ser sacrificado. O enfoque racional é exigir ar puro e proteção para os mineiros - e somente então explorar modelos de desenvolvimento de energia que fazem sentido desde o ponto de vista econômico e que satisfazem estes critérios.

Martin e Leal (1997) defendem que, aumentando a eficiência energética e intensificando a geração de energia através da incorporação de energia solar haverá uma diminuição da importância do custo do combustível e, portanto, uma redução no impacto dos custos como um bem valioso, ou seja, usando-o eficientemente, será possível tomar as medidas de segurança e ambientais necessárias para que se possa usá-lo proveitosamente. A partir daí, poderemos ajudar outros a fazer o mesmo. Estes autores propõem três alternativas específicas economicamente viáveis, visando a utilização de carvão mineral com teor de cinzas relativamente alto, para um programa de desenvolvimento associado aos processos de geração de energia.

Duas destas alternativas envolvem o uso do carvão como matéria prima para fabricação de materiais, combustíveis e produtos químicos de forma consistente com um desenvolvimento industrial energeticamente consciente. No caso de fabricação de materiais, a ênfase é colocada no grafite e outros materiais cerâmicos e compostos baseados no carbono, os quais oferecem um grande potencial de uso em muitas áreas.

No caso da indústria química, baseada no carvão e/ou xisto, a ênfase é posta nas tecnologias onde sólidos granulares são usados como carreadores de calor em aplicações envolvendo altas temperaturas. Um destaque especial é dado à cortina sólida de partículas para utilização de energia solar onde, o sólido granular, é usado para coletar energia solar concentrada a altas temperaturas para uso em reações endotérmicas de modo a melhorar o conteúdo energético de combustíveis e outros produtos químicos. Desta forma consegue-se reduzir tanto as necessidades de mineração como a emissão de poluentes.

Tecnologias eficientes de geração de energia, tais como os ciclos combinados de Ranhine e Brayton (ou gás-vapor), em co-geração, podem tornar-se economicamente aceitáveis, e reduzir o aumento de custos de combustíveis associados a atividades que visem aliviar os impactos sobre o meio ambiente advinda da mineração e da queima de carvão. Os autores salientam que um ciclo de co-geração com gaseificação de carvão integrada e suprimento de energia solar é tecnologicamente viável. Tal ciclo permitiria queimar carvão com eficiência extremamente alta. O sistema utilizaria energia solar em substituição a uma parte da queima de carvão, aliviando os impactos da mineração e emissão de poluentes sobre o meio ambiente. Dado o volume das reservas conhecidas de carvão e xisto e a natureza do suprimento de energia solar, tais ciclos poderiam ser a base de uma economia

que, praticamente, pode ser considerada como sustentável, sendo de interesse para diferentes regiões e países com reservas de carvão e alta incidência de energia solar.

Como subsídio para uma discussão da questão do carvão, sugerimos que isso seja feito utilizando-se o conceito de Tecnologias Apropriadas.

## **Tecnologias Apropriadas**

### **Eficiência tecnológica**

Embora sejam reconhecidos inúmeros problemas não resolvidos em todas as épocas, à evolução tecnológica têm sido atribuídos poderes quase míticos na solução de problemas humanos e na satisfação de necessidades e desejos das pessoas. Todavia, muitos se perguntam se a vida está realmente ganhando com a contínua modernização dos padrões tecnológicos e a perceber que, enquanto algumas tecnologias estão realmente contribuindo de maneira decisiva para o aumento do bem estar das pessoas, e o aprimoramento dos sistemas sociais, outras levam apenas à degradação progressiva da qualidade da vida humana. É este o tipo de preocupação que fundamenta a discussão a respeito da chamada tecnologia apropriada. A questão da energia apropriada tem sido tratada sob diferentes títulos tais como, por exemplo: tecnologia alternativa, tecnologia intermediária e tecnologia não agressiva.

Ao se abordar a importância da dimensão tecnológica para a elevação, manutenção ou degradação da qualidade de determinado sistema social, detemo-nos em um dos aspectos centrais do assunto: a definição do grupo de critérios a serem utilizados para o fim de determinar-se se uma tecnologia é ou não apropriada. Neste sentido, algumas contribuições deverão ser revistas e um grupo de critérios deverão ser propostos.

Para muitos, as tecnologias apropriadas nada mais são do que tecnologias eficientes. Mas basta examinar as dificuldades para definir-se o que é eficiente, para que a fragilidade dessa posição fique evidente. Eficiente para o *American Heritage Dictionary*: “a) capaz de agir ou produzir eficazmente, com um mínimo de esforço ou resíduo; b) capaz de exibir uma alta relação entre produto ou insumo”.

Todos esses requisitos, aplicados à tecnologia, podem assumir, no entanto, significados diametralmente opostos, dependendo dos pressupostos assumidos pelo observador. Por exemplo, a fabricação de plásticos é altamente eficiente em termos de utilização de matérias-primas, e os resíduos do processo de fabricação são mínimos; os plásticos, em contrapartida, são virtualmente indestrutíveis pelos processos de degradação natural.

A agricultura americana é considerada de alta eficiência, porque nos EUA produz-se safras muito maiores por unidade de área do que nos demais países. Entretanto, ao se tomar a demanda energética, verifica-se que nos EUA são utilizados dez vezes mais insumos energéticos por unidade de área do que no México p.ex. (Thiezzi et. al., 1991).

Estas e outras críticas, já bastante conhecidas nos meios acadêmicos e científicos, estabelecem as bases para uma resposta alternativa à questão da tecnologia apropriada e formam o contexto dentro do qual tal conceito deve ser entendido.

### **Atributos das tecnologias apropriadas**

Três ênfases básicas podem ser identificadas no desenvolvimento do conceito de tecnologia apropriada: a preocupação com o significado sócio-político das tecnologias; com o seu tamanho, nível de modernidade e sofisticação; e com o impacto ambiental causado por elas.

Das contribuições de diversa linhas de pesquisas e investigação surge um retrato daquilo que poderia ser definido como tecnologia apropriada. Castor (1983 apud Bidone *et al.*, 1997) propõe o seguinte grupo de critérios para analisar de maneira multi-dimensional as tecnologias: a) eficiência econômica; b) escala de funcionamento; c) grau de simplicidade; d) densidade de capital e trabalho; e) nível de agressividade ambiental; f) demanda de recursos finitos; e, g) grau de autoctonia e auto-sustentação.

Para que uma determinada tecnologia seja considerada apropriada, é necessário que ela produza efeitos favoráveis (ou o menos desfavorável possível) nos sete atributos identificados. É lógico que esta é uma questão valorativa, cuja resolução depende de uma concepção ideal dos sistemas sociais. Nenhuma tecnologia é apropriada em sentido absoluto; ao contrário, ela será mais ou menos apropriada à medida que permitir que o sistema social em que é (ou vai ser) empregada se aproxime ou afaste das características ideais que deveria apresentar.

#### a) Eficiência econômica

Para ser apropriada, uma tecnologia deve ser eficiente em termos econômicos, pois se está pressupondo a sua aplicação dentro de um contexto pluralista, no qual as regras de mercado (mesmo que limitadamente) e a competição (mesmo que grosseiramente imperfeita) cumprem um papel central.

Nenhuma tecnologia poderá ser considerada apropriada se depender permanentemente, para sua adoção, de condições artificialmente favoráveis para sua sobrevivência. Uma tecnologia apropriada tem de ser competitiva em termos econômicos, independente de subsídios e reservas de mercado.

#### b) Escala de funcionamento

Quanto maior for a compatibilidade entre a escala de funcionamento de uma tecnologia e as finalidades de seu uso, mais apropriada ela será. Rejeita-se aqui, a incondicional glorificação da pequena escala, em virtude da necessidade de eficiência econômica e da impossibilidade prática de resolver todo e qualquer problema mediante soluções “pequenas”.

#### c) Grau de simplicidade

Para ser apropriada, uma tecnologia deve ser simples, ou seja, fácil de entender e usar, sem necessidade de conhecimentos e habilidades esotéricas. Nada há de incompatível entre simplicidade e sofisticação. A simplicidade é um atributo das tecnologias apropriadas, enquanto a falta de sofisticação não o é.

#### d) Densidade de capital e trabalho.

Como regra geral, tecnologias que demandem maior quantidade do fator menos escasso serão mais apropriadas. No contexto dos países em desenvolvimento, quanto mais demandadora de trabalho for uma tecnologia, mais apropriada ela será.

e) Nível de agressividade ambiental.

Quanto menos uma tecnologia agredir o ambiente natural, mais apropriada será. Este é um atributo insubstituível e essencial das tecnologias apropriadas.

f) Demanda de recursos finitos.

Quanto mais parcimoniosa for em termos de consumo de recursos finitos, mais apropriada será uma tecnologia. Do mesmo modo, serão mais apropriadas as tecnologias que se baseiam em fluxos renováveis de energia, apresentem alta durabilidade e possam ser recicladas.

g) Grau de autoctonia e auto-sustentação.

De forma geral, pode-se afirmar que quanto mais uma tecnologia depende de recursos disponíveis no próprio sistema (ambiental e social) em que é ou vai ser empregada, mais apropriada será. Isto deve ser entendido com cautela por causa da questão da eficiência econômica. No entanto, é fora de dúvida que a utilização de soluções locais, independentes de importações, é preferível no caso dos países em desenvolvimento, cronicamente às voltas com a escassez de divisas, mesmo quando isso resulte em produtos e processos algo mais caros e menos eficientes do que os importados. Mas não muito mais caros. A concorrência é um grande incentivo à produtividade e à modernização, contribuindo com a seleção do que é apropriado e do que não o é.

A autoctonia é, igualmente, um elemento importante para a preservação da cultura local. Porém, há que se levar em conta que a manutenção de valores culturais tradicionais pode, facilmente, transformar-se em puro e simples imobilismo social.

Como dito anteriormente, talvez, neste momento, o mais importante seria considerarmos (“nós” em termos de sociedade) a questão da geração de energia elétrica via termelétricas, até porque não nos parece que esta questão tenha sido suficientemente discutida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIAANSE, A. *Environmental policy performance indicators. A study on the development of indicators for environmental policy in the Netherlands*. Uitgeverij: The Hague, 1993.
- AHMAD, Y. J., EL SERAFY, S.; LUTZ, E. (Eds.) *Environmental accounting for sustainable development*. Washington, D.C.: The World Bank/United Nations Environment Programme, 1989.
- ALMADA; WÜRDIG. *Avaliação da fauna bentônica em ambiente aquático da região carbonífera*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.5.

- ANDREAZZA, A. M. P. *Contribuição à gestão ambiental da bacia hidrográfica do Arroio do Conde com ênfase na qualidade das águas superficiais*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.5.
- ARÊDE; BECKER. *O ensino de ecologia nas escolas de primeiro grau da região carbonífera do RS: percepções dos professores de ciências*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- ARÊDE et al. *Necessidades educacionais em administração rural e conservação do solo percebidas pelos pequenos produtores da região do carvão do RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- BARBIER, Eduard B. The concept of sustainable economic development. *Environmental Conservation*, v.14, n.2, p.101-110, 1987.
- BARROW, C. J. *Land degradation: development and breakdown of terrestrial environments*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1991.
- BELLIA, V.; BIDONE, E. D. Garimpos: tragédia do uso de bens de propriedade comum. In: BARBOSA, L. et al. (Ed.). *Garimpos, sociedades indígenas e meio ambiente*. CETEM/CNPq/EDUFF, 1991.
- BELLIA, V.; BIDONE, E. D. Garimpos: tragédia do uso de bens de propriedade comum. In: BARBOSA, L. et al. (Ed.). *Garimpos, sociedades indígenas e meio ambiente*. CETEM/CNPq/EDUFF, 1991.
- BELLIA, V. *Introdução à economia do meio ambiente*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1996. 262p.
- BELLIA, V., BIDONE E. D. *Rodovias, recursos naturais e meio ambiente*. Banco Mundial/EDUFF/DNER, 1993. 360p.
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; SANTOS, T. J. S. S.; SOUZA, T. M.; LACERDA, L. D. Fish contamination and human exposure to mercury in Tartarugalzinho River, Amapa State, Northern Amazon, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution*, n.97, p.9-15, 1997c.
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; SANTOS, T. J. S. S.; SOUZA, T. M.; LACERDA, L. D. Fish contamination and human exposure to mercury in Tartarugalzinho River, Amapa State, Northern Amazon, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution*, n.97, p.9-15, 1997c.
- BIDONE, E. D.; MADDOCK, J. L. Benefits and costs (B&C) environmental economics analysis of the river water impact by a fish industry of Manaus, Amazon, Brazil. Submetido à *Environmental Technology*, 1997a.
- BIDONE, E. D. (1992) *Geoquímica dos processos supergêncios*. notas de aula. Niterói, RJ: CPG-UFF, 1992. 60p.
- BIDONE, E. D. Incorporação das externalidades ambientais geradas pela poluição em análises econômicas do tipo benefício-custo (B&C). Estudo de caso: contaminação de águas fluviais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, SALVADOR, 6. Bahia, out. 1997.
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; DE SOUZA, T. M. C.; LACERDA, L. D. (1997b) Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajós river basin, Pará State, Amazon, Brazil. A screening approach. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. v.59, n.2, Aug. 1997b.
- BOULDING, K. The economics of coming spaceship earth. In: JANET, H. (Ed.) *Environmental quality growing economy*. Baltimore, 1966.
- BRUNDTLAND, G. H. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. 430p.
- BRUSCHI JR. et al. *Avaliação da qualidade ambiental dos riachos da região carbonífera do Baixo Jacuí através*

- das taxocenoses de peixes*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4.
- BUARQUE, C. *Avaliação econômica de projetos*. 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 266p.
- CASTOR, B. V. J. Tecnologia apropriada, uma proposta de critérios de avaliação e sua aplicação. *Revista de Administração*, v.18, n.2, p.40-47, 1983.
- CASTRO; DICK Avaliação do método de bioindicação de metais pesados através de parâmetros enzimáticos. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4.
- CASTRO; ECKERT. *Estudo sócio-econômico sobre a comunidade pesqueira na região carbonífera do Baixo Jacuí*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2, 1997.
- CERUTTI; FLORES. *Bioindicação da contaminação atmosférica decorrente do uso do carvão*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- DALY, H. E.; COBB JR, J. B. *For the common good*. Boston: Beacon Press, 1989.
- DALY, H. E. Elements for environmental economics. In: CONSTANZA, R. (Ed.). *Ecological Economics*. New York, USA: Columbia University Press, 1991. p.32-46.
- DALY, H. E. Toward a measure of a sustainable social net national product. *Environmental accounting for sustainable development*. A UNEP - World Bank Symposium, 1989. p.8-9.
- DATAL-CLAYTON, B.; DENT, D. *Surveys, plans and people. A review of land resource information and its use in developing countries*. Institute for Environment and Development, London, 1993.
- DUARTE; BECKER. Microartrópodes (Acari & Collembola) como indicadores da qualidade do solo em áreas afetadas pela mineração de carvão em Arroio dos Ratos, RS. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- ECKERT. *Sociabilidade e memória na comunidade mineira do carvão, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- ECKERT. *Sistema de crenças no contexto carbonífero*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- ECOSOC (Commission on Sustainability). Review of sectoral clusters, second phase: land, desertification, forests and biodiversity. New York: UN, 1995.
- EL SARAFY, S. The environment as capital. In: CONSTANZA, R. (Ed.). *Ecological economics, the science and management of sustainability*. Columbia: Columbia University Press, 1991. p.168-175.
- EL SERAFY, S. The proper calculation of income from depletable natural resources. In: *Environmental accounting for sustainable development*. A UNEP - WORLD BANK SYMPOSIUM, 1989. p.10-18.
- FAO. Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. *Soils Bulletin*, Rome, FAO, n.52, 1983.
- FAO. Land evaluation for forestry. *Forestry Paper*. Rome: FAO, n.48, 1984a.
- FERRARO; HASENACK. *Avaliação das variáveis climáticas de superfície do Baixo Jacuí, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4
- GAIVIZZO et al. *Recuperação de áreas utilizadas para depósitos de rejeitos de minas de carvão*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- GOODLAND, R. The environmental implications of major projects in the third world development. In: CLESTER, P. (Ed.). *Major project and the environment*. Oxford: Major Proj. Ass., 1989, p.9-34
- GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. Soil resilience and sustainable land use. Wallingford, UK: CAB International, 1994.

- HAKANSON, L. Aquatic contamination and ecological risk. *Water Res.*, v.18, n.9, p.1107-1118, 1984.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. Washington, D.C.: World Resources Institute, 1995.
- HARRISON, A. Introducing natural capital into the SNA. In: *Environmental accounting for sustainable development*. A UNEP - World Bank Symposium, 1989. p.19-25.
- HATJE, V.; BIDONE, B. D.; MADDOCK, J. L. *Estimation of the natural and anthropogenic components of heavy metal fluxes in fresh water. Sinos river, Rio Grande do Sul State, South Brazil*. (Submetido a Environmental Technology).
- HATJE, V. *Gestão em poluição ambiental: caso da poluição por metais pesados no rio dos Sinos-RS*. Tese de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Geoquímica da Universidade Federal Fluminense, 10/5/1996.
- HICKS, J. Capital controversies: Ancient and modern. *American Economic Review*. May, n.64, p.301-316, 1974.
- HICKS, J. *Classics and moderns: collected essays on economic theory*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1983.
- HICKS, J. *Value and capital*. 2.ed. Oxford: Oxford University Press, 1946.
- HUETING, R. Correcting national income for environmental losses: a practical solution for a theoretical dilemma. In: CONSTANZA, R. (Ed.) *Ecological economics*. New York, USA: Columbia University Press, 1991. p.194-213,
- HUETING, R. *New scarcity and economic growth*. Amsterdam: North Holland, 1980.
- KÄMPF et al. *Solos construídos em áreas de mineração da bacia carbonífera do Baixo Jacut, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- KRELL. *Aspectos jurídico-políticos: atribuições, obrigações e possibilidades dos municípios da região carbonífera gaúcha na proteção do meio ambiente*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. Partição de metais pesados em águas fluviais impactadas por mineração de cobre, RS, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 6. Salvador, out. 1997a.
- LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. Mass balance estimation of natural and anthropogenic heavy metal fluxes in streams near Camaquã copper mines, Rio Grande do Sul State Southern Brazil. In: WASSERMAN, J. C.; SILVA-FILHO, E. V.; VILLAS-BOAS, R. (Ed.). *Environmental geochemistry in the tropics*., Berlin: Springer-Verlag, 1997b. p.105-120, 249p. Lecture notes in Earth Science Series
- LAYBAUER, L. *Análise das transferências de metais pesados em águas e sedimentos fluviais na região das minas de Camaquã, RS*. Tese de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, dez.1995.
- LEAL, J. Las medidas de protección ambiental, su evaluación (análisis costo-beneficio) y su integración en la planificación del desarrollo. In: *La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo*. Buenos aires, 1986. p.155-195.
- LEIPERT, C. Social costs of economic growth. *Journal of Economic Issues*, v.20, n.1, p.109-31, 1986.
- LEITE et al. *Freqüências de defeitos congênitos em região carbonífera: um estudo no RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.

- LINDNER et al. Perspectivas da educação ambiental: o exemplo da região carbonífera do baixo Jacuí, RS. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- MACHADO et al. Avaliação sedimentológica de uma área carbonífera. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.5.
- MARCOMIN, F.E. *Zonamento ambiental do rio Tubarão, SC, através da análise de metais pesados em água, sedimento, substrato e planta e de componentes estruturais da paisagem*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4.
- MARSHALL, A. *Principles of economics*. 8.ed. London: Macmillan, 1974.
- MARTIN; LEAL. *A virtude da moderação: uma orientação de política nacional para o carvão no sul do Brasil*. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- MIRANDA; SCHWARZBOLD. *Análise estrutural da comunidade periférica sobre *Leersia hexandra* em ambientes lóticos de região de mineração de carvão, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4.
- MOTTA MARQUES et al. *Ecosistemas criados (banhados): importância dos macrófitos no controle de pH de drenagem ácida*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- MYERS, N. *Population/ environment linkages: discontinuities ahead*. *Ambio*, 1992, p116-118.
- NEVES; CHAVES. Notas para o estudo da região carbonífera tradicional do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO.
- O'CONNOR, J. *Monitoring environmental progress. A report on work in progress*. Draft March 1995. Washington, D.C.: World Bank, 1995.
- OLDEMAN, L.R.; HAKKELING, R.T.A.; SOMBROEK, W.G. 1990. *World map of human-induced soil degradation*. Nairobi: ISRIC, Wageningen, The Netherlands/UNEP, 1990.
- OLIVEIRA; BALBUENO. *Cobertura vegetal na região carbonífera do baixo rio Jacuí*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- PAGE, Talbot. Sustainability and problem of valuation. In: CONSTANZA, R. (Ed.). *Ecological economics*. New York, USA: Columbia University Press, 1991. p.58-74.
- PEARCE, D.; MARKANDIA, A.; BARBIER, E. *Blueprint for a green economy*. 5.ed. London: Earthscan Publications, 1989.
- PEARCE, D.W.; BARBIER, E.; MARKANDIA, A. *Sustainable development and cost-benefit analysis*. London Environmental Economics Centre, 1988.
- PELLINI et al. *Avaliação dos níveis de pesticidas organoclorados em sangue humano da população de São Jerônimo, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- PERRINGS, C. A. *Economy and environment*. New York: Cambridge University Press, 1987.
- PESKIN, H. M. Alternative environmental and resource accounting approaches. In: COSTANZA, R. (Ed.) *Ecological economics: the science and management of sustainability*. New York, USA: Columbia University Press, 1991. p.176-193.
- PEZZEY, Jonh. *Economic analysis of sustainable growth and sustainable development*. World Bank. Environment Department, 1989. 88p. Working Paper, n.15.
- PIERI, C. Soil fertility management for intensive agriculture in the tropics. In: SRIVASTAVA, J. P.; Alderman, H. (Ed.) *Agriculture and environmental challenges*. Washinton, D.C.: World Bank, 1993. p.81-100.

- PIRES; ECKERT. *Estudo do processo urbano-industrial de Charqueadas, RS: análise dos programas de gerenciamento ambiental das indústrias e proposição de subsídios para um programa de educação ambiental junto à comunidade trabalhadora e professorado*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- PRINTES et al. *Biomonitoramento da área sob influência da exploração carbonífera através de testes de toxicidade com Cladocera (crustacea; branchiopoda)*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4.
- PROCHNOW; PORTO. *Avaliação de uma área de rejeitos da mineração de carvão com vistas a bioindicadores vegetais para metais pesados, Charqueadas, RS, Brasil*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- REPETTO, R. *Natural resource accounting for Indonesia*. Washington, D.C.: World Resources Institute, 1987.
- RHODE; RODRIGUEZ. *Diagnóstico ambiental das cinzas de carvão no Baixo Jacuí, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- RODRIGUEZ et al. *Avaliação do efeito do uso do carvão em saúde pública: bioindicação enzimática e monitoramento de metais pesados em sangue humano*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- RODRIGUEZ et al. *Parâmetros físicos e químicos das águas superficiais e avaliação da atividade bacteriana em ambientes lóticos receptores da drenagem de mineração de carvão*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.4.
- SCHNEIDER et al. *Solos da bacia carbonífera do Baixo Jacuí, RS*. Porto Alegre: Centro de Ecologia, UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.
- SCOPE. *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on the environment in the context of sustainable development*. Brussels: Bureau de Plan, 1995.
- SERÔA DA MOTTA, R. Análise custo-benefício do meio ambiente. In: MARGULIS, S. (Ed.). *Meio ambiente, aspectos técnicos e econômicos*. IPEA/PNUD, 1990. p.109-134.
- SOMBROEK, W. G.; SIMS, D. *Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach*. Rome: FAO, 1995.
- SOUZA; BITTENCOURT. *Aspectos globais da região carbonífera do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.2.
- SUMMERS, L. Não basta entoar o mantra da sustentabilidade. *The economist*. (Traduzido na *Gazeta Mercantil*, 10 jun. 1992. p.2).
- THIEZZI, E.; MARCHETTINI, N.; ULGIATI, S. Integrated agroindustrial ecosystems: an assessment of the sustainability of cogenerative approach to food, energy and chemical production by photosynthesis. In: CONSTANZA, R. (Ed.). *Ecological economics*. New York, DC: Columbia University Press, 1991. p.459-473.
- TINBERGEN, J. *On the theory of economic policy*. Amsterdam: North Holland, 1952.
- TRAVASSOS, M. P.; BIDONE, E. D. (1995) Avaliação da contaminação por metais pesados na Bacia do Rio Cai, RS, através de uma análise dinâmica. *Desenvolvimento Sustentável dos Recursos Hídricos*, Associação Brasileira dos Recursos Hídricos, n.1/3, p.205-11, out. 1995.
- TRAVASSOS, M. P. *Gestão em poluição ambiental: caso da poluição por metais pesados no rio Cai, RS*. Tese de Mestrado - Pós-Graduação em Geoquímica/UFF, 1994.
- VERDADE et al. *Variação no conteúdo de alumínio e cobre na biomassa de Typha latifolia L., na região carbonífera de Charqueadas e São Jerônimo, no Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. Relatório PADCT/CIAMB/CENECO, v.3.

- VITOUSEK, P.; PAUL, M.; EHRLICH, A.; EHRLICH, H.; MATSON, P. A. Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience*, v.34, n.6, p.368-373, 1986.
- WINOGRAD, M. *Environmental indicators for Latin America and the Caribbean: towards land-use sustainability*. Washington, D.C.: GASE Ecological Systems Analysis Group, World Resources Institute, 1994.
- WORLD BANK. *World development report: development and environment*. New York: Oxford University Press, 1992.

# ANEXOS

## **Indicadores do Condicionamento (IQRNc) do risco toxicológico ambiental de exposição das populações humanas a metais pesados e outros agentes tóxicos.**

### **INTRODUÇÃO**

A seção 1 deste trabalho apresenta definições breves de conceitos básicos em toxicologia, necessários para a compreensão da linguagem do texto corrente.

A seção 2 deste tem por objetivo fazer uma explanação crítica da metodologia utilizada para a avaliação de impactos ambientais sobre a saúde humana e o meio ambiente na região carbonífera do Rio Grande do Sul, gerados pelas atividades decorrentes da mineração de carvão mineral. Para a avaliação de potenciais impactos causados pela liberação de substâncias poluentes na região do estudo sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente, propomos que se utilize o método preconizado pela U.S.EPA- United States Environmental Protection Agency (1989a e 1989b), intitulado “Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e ao Meio Ambiente”, o qual tem sido utilizado em vários trabalhos na área de Gestão Ambiental (e.g. Bidone *et al.*, 1997b & 1997c; teses de Mestrado: Vanessa Hatje, 1996; Luciano Laybauer, 1995; Marcelo Poças Travassos, 1994), desenvolvidos no Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense, sob orientação do Dr. Edison Dausacker Bidone.

A Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e ao Meio Ambiente é uma análise do potencial de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana e ao meio ambiente (no presente e/ou no futuro) causados pela liberação de substâncias perigosas por quaisquer atividades antropogênicas (ou naturais) em uma região fisicamente determinada. A avaliação de risco toxicológico proposto pela EPA tem caráter quantitativo, pois caracteriza individualmente as substâncias poluentes usando modelos estatísticos e biológicos para calcular estimativas numéricas de risco à saúde humana e ao meio ambiente, podendo ser utilizada também para a derivação de critérios numéricos de qualidade de meios, como será visto também nesta seção. Uma dificuldade surge em se converter um risco associado com um particular agente químico para uma medida de risco total representado por todos os agentes poluentes liberados em um determinado local ou região. Embora nenhum enfoque único seja recomendado para as avaliações de risco por exposições a múltiplas substâncias, recomenda-se diretrizes gerais. Afirma-se que a aditividade de dose (ou de resposta) é teóricamente válida e portanto, é a que melhor se aplica para avaliar exposições a múltiplos elementos, de ação similar e que não interatuam. Propõem-se que a suposição de aditividade produza geralmente cálculos neutros de risco (ou seja, nem conservador nem indulgentes) e que seja aceitável para compostos

que induzam tipos similares de efeitos nos mesmos locais de ação (CPEHS, 1988).

A seção 3 enfoca as estimativas numéricas de risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente e o incremento de risco em relação à área controle, com um breve resumo da metodologia de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente. Os resultados são criticamente avaliados e também são discutidas as incertezas associadas às estimativas de risco. Outro objetivo que pode ser atingido é o de prover a comunidade (população local) com informações sobre potenciais perigos de exposição aos agentes químicos sob investigação.

A seção 4 deste trabalho indica sequenciais procedimentos necessários para uma integradora visão dos aspectos toxicológicos envolvidos na área do estudo, guiados pela metodologia de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente.

## SEÇÃO 1

Parte integrante do Capítulo “Introdução à Toxicologia”, elaborado por Zuleica Carmen Castilhos, para o livro “Gestão Ambiental”, em preparação por Dr. Edison Dausacker Bidone.

## INTRODUÇÃO À TOXICOLOGIA

“Toda substância é tóxica, não há nada que não seja tóxico. Somente a dose diferencia um tóxico de um medicamento.” Paracelso, 1493-1541.

### 1. CONCEITOS BÁSICOS.

**Agente tóxico:** Qualquer substância capaz de produzir um efeito nocivo em organismo vivo, desde danos em funções celulares, teciduais e/ou fisiológicas, até a morte.

**Toxicidade:** É a capacidade inerente a um agente químico ou físico de produzir um efeito nocivo sobre os organismos vivos.

**Toxicologia:** É o estudo dos efeitos nocivos dos agentes químicos ou físicos sobre organismos vivos. O objetivo principal da toxicologia é estabelecer o uso seguro dos agentes químicos.

**Dose:** É a quantidade administrada e/ou absorvida da substância química, expressa em peso da substância (gramas, miligramas, etc.) por unidade de peso do organismo vivo (por exemplo, mg/Kg de peso corporal do animal).

**Dose Letal (DL50):** A mais sensível e geral classificação de toxicidade se baseia na relação entre o peso do agente químico e do organismo vivo requerida para produzir determinado efeito. Quando este efeito é a morte, a dose é denominada Dose Letal (DL).

A dose letal 50% é calculada estatisticamente através de bioensaios (ensaios em animais experimentais) e expressa uma única dose da substância química capaz de matar a metade (50%) de uma população de organismos vivos submetida ao estudo. Para as substâncias mais tóxicas, os valores de DL50 são pequeníssimos (DL50 da toxina botulínica para ratos adultos é de 0,00005 mg/Kg; DL50 do trióxido de arsênico é de 11.000 mg/Kg).

**Ação tóxica e suas fases:** Pode-se dividir, didaticamente, em três fases: fase de exposição, fase toxicocinética e fase toxicodinâmica.

A avaliação da fase de exposição objetiva estimar a magnitude, a frequência e a duração de exposição de organismos vivos a agentes químicos potencialmente tóxicos. Define-se por exposição o contato de um organismo vivo (humano, no caso de análise de exposição para caracterização de risco à saúde humana) com o agente químico ou físico. A magnitude é determinada pela medida ou estimativa de quantidade (concentração) do agente potencialmente tóxico disponível na barreira de contato (pele, pulmões, tracto gastrointestinal, etc.) durante um específico período de tempo. Este período de tempo determina a duração da exposição.

A fase toxicocinética estuda o trajeto da substância dentro do organismo vivo, e envolve a caracterização de sua absorção, distribuição, metabolização e eliminação pelo organismo. Somente uma fração da dose absorvida chegará a seu ponto de ação, o tecido alvo, e ao ponto de ataque molecular: os receptores. A concentração da substância no sítio de ação depende de vários fatores, entre eles, a dose administrada, a especificação do agente químico e da toxicocinética da substância. Estes fatores determinam a “disponibilidade biológica”.

As substâncias químicas são absorvidas pelo organismo humano por dentro as células, ou seja, o caminho é intracelular. Para tanto, é necessário que o agente químico atravesse as membranas celulares, e por isto são importantes as características físico-químicas do contaminante: tamanho das partículas, lipossolubilidade, pK, bem como o pH dos tecidos que o absorvem, intensidade de respiração, etc. A fração de dose disponível absorvida é chamada de dose absorvida ou dose efetiva. A determinação exata das doses absorvidas não é de fácil medida, e portanto, utiliza-se via de regra apenas os valores de dose administrada.

A fase toxicocinética é de grande importância para a relação entre a dose administrada e a concentração que a substância ativa alcança nos diferentes fluidos do corpo e nos órgãos alvos. A distribuição está relacionada com processos de transporte e associação das substâncias com componentes sanguíneos e teciduais; a metabolização envolve reações bioquímicas que pretendem inativar a substância, mas que podem também bioativá-las. As transformações bioquímicas sucessivas produzem principalmente substâncias mais hidrossolúveis para rápida eliminação pela urina. Em alguns casos a eliminação se dá sem metabolização, ou a eliminação pode ser extremamente pequena, como nos casos de substâncias altamente lipossolúveis, que são capazes de se acumular no organismo.

A fase toxicodinâmica estuda a interação entre as moléculas da substância tóxica e os pontos específicos de seu ataque: os receptores biológicos, ou seja, estuda a interferência de substâncias bioativas nos processos biológicos. O efeito tóxico é a resultante de uma série de processos, em geral químicos, que surgem em resposta a um estímulo. Na clássica teoria de receptores desenvolvida por Clark, assume-se que o efeito de uma droga é proporcional à fração de receptores ocupados por ela e o efeito máximo resulta quando todos os receptores apropriados estão ocupados. Uma consequência esperada desta teoria é a saturação dos receptores. Isto é, atingida determinada dose capaz de ocupar a totalidade dos receptores disponíveis, maiores doses não resultam em efeito mais intenso.

O órgão alvo, onde atua o agente químico e o órgão efector, onde se manifesta o efeito, podem ser diferentes. Por exemplo, a estricnina atua sobre o Sistema Nervoso Central (SNC), mas o efeito observável são os espasmos na musculatura esquelética, ou seja, convulsões.

**Efeito e Resposta:** Os termos “efeito” e “resposta” devem ser usados para indicar uma mudança biológica em um indivíduo ou em uma população, respectivamente, em relação a uma dose ou exposição.

Geralmente pode-se medir um efeito em uma escala graduada de intensidade, relacionando sua magnitude diretamente com a dose. Para certos efeitos, entretanto, não se pode medir sua intensidade (escala graduada) e eles devem ser expressos pela indicação de presença ou ausência do efeito (“quantal”), do tipo “tudo-ou-nada” (como a ocorrência de tumores, morte, etc.) relacionando com proporção de indivíduos na população que apresentaram o efeito, ou seja, determina-se a “resposta” (vide abaixo “Relação dose-resposta”).

Em alguns casos, a intensidade do efeito pode estar dentro da chamada “amplitude normal da variação biológica” e portanto, sem se manifestar como efeito nocivo. Com o aumento de dose, pode ser ultrapassado o limite de tolerância biológico resultando no aparecimento de sintomas clínicos de intoxicação causados por lesões bioquímicas irreversíveis.

**Relação Dose-Resposta:** No que se refere à relação dose-resposta, se toma como efeito um dos sintomas principais que se apresentam como resultado da síndrome tóxica e se quantifica pela percentagem de um grupo de animais experimentais (ou humanos, no caso de estudo epidemiológico) que reagem manifestando o efeito a uma dose determinada.

Os resultados obtidos podem ser transformados em diagrama que reproduz a relação entre a dose e o número de indivíduos do grupo investigado - a população- que mostra aquele efeito esperado a uma dose determinada. Um histograma deste tipo reproduz a frequência como função da dose, e pode-se transformá-lo em curva dose-resposta ao usar gráficos com o número de indivíduos que reagiram como percentagem do número total de indivíduos contra dose (escala linear).

Na discussão anterior, está implícita uma distribuição normal, ou seja, simétrica em escala linear. Isto é mais uma exceção do que regra para a relação dose-resposta em objetos biológicos. Na prática geralmente se encontra distribuição lognormal. Então, ao se construir gráficos, a relação dose-resposta sobre escala logarítmica da dose se observa que a curva assimétrica frequentemente se transforma em curva simétrica.

A relação entre o log da dose e o número de indivíduos que reagiram, em frequência acumulada relativa, resulta na curva sigmóide de dose-resposta. Em curvas deste tipo, a dose na qual reagem 50% dos indivíduos é chamada DE50, DT50 ou DL50 para dose efetiva média, dose tóxica média e dose letal. É difícil determinar com precisão os valores de DT95 e DT5 (particularmente importante nas contaminações ambientais) a partir de curvas sigmóideas por terem formas muito planas nestas partes da curva. São conhecidos diversos métodos para linearização da curva sigmóidea. A EPA preconiza o método “multistage”, como será visto no capítulo “Avaliação de Risco”.

**Relação Dose-Efeito:** Está envolvida a relação entre a dose e a magnitude do

efeito obtido em um objeto biológico determinado. As representações gráficas seguem as premissas discutidas acima para as curvas de relação dose-resposta.

**Efeitos Tóxicos:** Podem ser classificados pelo seu sítio de ação em efeito tóxico local e efeito tóxico sistêmico.

Efeito tóxico local é aquele que ocorre no local do primeiro contato entre o organismo vivo e o agente químico, como por exemplo, o caso das queimaduras por ácidos.

Para que o efeito tóxico sistêmico apareça, se requer que o agente tóxico seja absorvido e distribuído a um local distante daquele de contato, onde se produz o efeito. A maioria dos compostos químicos produzem efeito tóxico sistêmico, embora alguns possam apresentar também efeito local. As duas categorias não são mutuamente exclusivas. Por exemplo, o tetraetil de chumbo pode provocar efeito local irritante na pele ou no trato respiratório (dependendo da via de exposição), e depois de absorvido e transportado, causa danos no SNC e nos rins.

A maioria dos agentes tóxicos sistêmicos afetam um ou poucos órgãos predominantemente. O órgão alvo de toxicidade não é necessariamente o local de acumulação do tóxico (por exemplo, o DDT é acumulado nos tecidos adiposos, mas o seu efeito tóxico é sobre o SNC).

Os efeitos tóxicos podem também ser classificados em reversíveis e irreversíveis. Se um agente químico produz danos a um tecido, a capacidade do tecido de se regenerar irá determinar a reversibilidade do efeito. Danos em tecidos como o fígado, o qual tem uma alta capacidade de regeneração, são usualmente reversíveis; danos no SNC são geralmente irreversíveis por causa da alta diferenciação dos neurônios cerebrais que não podem se dividir nem se regenerar.

**Intoxicações:** É o conjunto de efeitos nocivos produzidos por um agente químico. Distingue-se três tipos de intoxicações (ou de exposições), considerando o tempo transcorrido entre a exposição e o aparecimento dos efeitos tóxicos, a intensidade e a duração dos mesmos: aguda, subaguda e crônica.

**Intoxicação Aguda:** Uma intoxicação é aguda quando há uma exposição de curta duração e o agente químico é absorvido rapidamente, em uma ou várias doses, em um período não maior que 24 horas, aparecendo os efeitos de imediato. Em acidentes ambientais este tipo de intoxicação é freqüente.

**Intoxicação Subaguda:** Na intoxicação subaguda, as exposições são freqüentes (repetidas) durante um período de vários dias ou semanas, antes do aparecimento de efeitos.

**Intoxicação Crônica:** Na intoxicação crônica se requer exposições repetidas a baixíssimas doses durante períodos longos de tempo.

**Ação Mutagênica:** Uma substância tem ação mutagênica quando produz uma alteração nas propriedades genéticas da célula por ação sobre o DNA. As alterações químicas no DNA acarretam alterações nas propriedades hereditárias das células descendentes, ou seja, como regra, alterações no DNA causam prejuízos na reprodução celular. As substâncias capazes de provocar mutação genética são denominadas mutagênicas.

Se as células embrionárias somáticas são afetadas, somente o indivíduo apresentará a alteração genética, caracterizando um efeito congênito e não hereditário. Para ser hereditário, a mutação deverá atingir as células germinativas. Entretanto, freqüente-

mente o efeito mutagênico necessita algumas gerações para se manifestar (efeito latente), uma vez que as mutações normalmente têm caráter recessivo; conseqüentemente, os efeitos se manifestarão somente na descendência de dois indivíduos com mutações nos mesmos pontos de seus cromossomos.

O tempo de latência para o aparecimento das anormalidades genéticas é bastante longo e por isto é particularmente difícil o estudo das mutações genéticas. Adiciona-se a isto que mesmo muito baixas concentrações de substâncias mutagênicas, sempre que atuam durante suficiente período de tempo sobre o organismo, podem levar a uma alteração nas células germinativas. Não há dúvidas de que este tipo de ação tóxica de compostos químicos é uma ameaça séria, uma vez que sua ação terá lugar a longo prazo e se manifestará em gerações futuras.

**Ação Cancerígena:** Os agentes que produzem câncer são conhecidos como cancerígenos. São conhecidos diversos agentes químicos cancerígenos em animais e humanos e também em vegetais. Existem também cancerígenos físicos, tais como raios X e radiação ultravioleta. Algumas drogas conhecidas como tendo efeitos cancerígenos são elas mesmas inócuas, mas se modificam em cancerígenas pelo organismo exposta (bioativação).

A base (ou bases) do câncer permanecem desconhecidas, mas com toda probabilidade deve ser interpretada como uma ação mutagênica que não se expressa na geração subsequente, mas, em regra geral, depois de um período de latência bastante longo, em um indivíduo exposto à (a) substância(s) com esta ação. É provável também que as disposições genéticas individuais desempenhem certo papel.

Sob influência de substâncias cancerígenas (que freqüentemente têm ação mutagênica), as células que estão se dividindo ativamente perdem a propriedade de formar harmoniosamente sistemas de órgãos. O crescimento celular adquire, então, um caráter de proliferação sem controle.

Uma definição precisa de câncer não é possível, mas pode-se reconhecer certos princípios no que concerne ao efeito. As permanentes alterações nas células podem prejudicar os mecanismos de divisão e de manutenção nos seus locais normais. As células se dividem em réplicas de si mesmas a velocidades fora do controle do organismo e se acumulam em grandes massas anormais denominadas tumores, os quais ocupam espaços físicos de células especializadas no órgão ou sistema, prejudicando as funções fisiológicas normais. Os tumores benignos permanecem como massas discretas. Os tumores malignos (câncer) geralmente sofrem metástase, as células disseminam-se para partes distantes do corpo pelo sangue ou linfa e lá se enraízam.

**Ação Teratogênica:** As substâncias que causam defeitos no desenvolvimento do feto, desde a concepção até seu nascimento, são consideradas teratogênicas. Este efeito pode se manifestar em maior proporção quando a exposição ocorre dentro do primeiro trimestre da gestação em humanos, ou seja, período da organogênese.

Os agentes químicos podem ser simultaneamente cancerígenos, mutagênicos e teratogênicos.

**Interação de Agentes Químicos:** Um dos problemas da toxicologia, em especial da toxicologia ambiental, se deve ao fato de que durante uma exposição freqüentemente estão envolvidas várias substâncias, diferindo tanto no sentido quantita-

tivo como no qualitativo. Os prognósticos de risco que oferece a exposição a uma só substância se realiza com dificuldades; no caso de combinações, o grau de dificuldade aumenta significativamente.

O termo interação entre substâncias químicas é utilizado em todos os casos em que uma substância altera os efeitos de outra. A existência de numerosos agentes tóxicos requer considerações sobre o potencial de interações. Exposições concorrentes podem alterar taxas de absorção, mudanças no grau de ligação com proteínas, ou alterações nas taxas de biotransformação ou excreção de um ou de ambos compostos interatuantes. A resposta para combinados agentes tóxicos pode ser igual a, maior do que, ou menor do que a soma dos efeitos individuais dos agentes.

Diferentes tipos de efeitos como consequência da interação podem ser citados. Os mais importantes são o efeito aditivo, o efeito sinérgico, a potenciação e o efeito antagonístico.

**Efeito Aditivo:** O efeito aditivo é produzido quando o efeito final dos dois compostos químicos é igual à soma dos efeitos individuais que aparecem quando cada um é administrado separadamente. É o efeito mais comum. Por exemplo, quando se administra dois praguicidas organofosforados em animais experimentais simultaneamente, a inibição da enzima acetilcolinesterase resulta de um efeito aditivo.

**Efeito Sinérgico ou Sinergismo:** O efeito sinérgico é produzido quando o efeito final dos dois agentes químicos combinados é maior do que o efeito produzido pela soma dos efeitos individuais quando administrados separadamente. Por exemplo, o efeito hepatotóxico produzido pelo tetracloreto de carbono em presença de compostos organoclorados aromáticos ou de álcoois, é maior do que a soma de seus efeitos quando administrados sozinhos.

**Efeito Antagônico ou Antagonismo:** O antagonismo ocorre quando dois agentes químicos administrados simultaneamente intervêm negativamente um com a ação do outro. Esta é a base do uso de muitos antídotos. Existem vários tipos de antagonismo, e os principais são: antagonismo químico, antagonismo competitivo e antagonismo funcional (ou fisiológico).

Antagonismo químico ocorre quando o antagonista reage quimicamente com o agonista, inativando-o. Este tipo de antagonismo tem papel muito importante no tratamento das intoxicações, como por exemplo, o uso de agentes quelantes (tipo EDTA) em intoxicações por metais (chumbo, por exemplo).

No antagonismo competitivo, o antagonista compete com o agonista pelo mesmo sítio ativo, deslocando-o do sítio de ação. As estruturas químicas do agonista e do antagonista são, necessariamente, similares, uma vez que os dois compostos atuam nos mesmos locais, sejam eles receptores, enzimas, estruturas de membrana, ou outros. Portanto, as concentrações de agonista e antagonista são fundamentais.

Antagonismo funcional ou fisiológico ocorre quando dois agentes químico produzem efeitos opostos sobre a mesma função fisiológica. Por exemplo, quando são administradas duas drogas, uma para elevar a pressão arterial e outra para diminuir a pressão arterial, mas que atuem em diferentes receptores.

**Risco:** O fator crítico não é a toxicidade intrínseca de uma substância, mas sim o risco associado com seu uso. Risco é a probabilidade que uma substância produza

efeito tóxico a algum ser vivo em específicas condições de uso. O risco, como veremos em “Caracterização de Risco”, se estabelece com diferentes graus de confiança, de acordo com a importância das decisões envolvidas e da qualidade dos estudos disponíveis para a avaliação do risco.

Nenhum agente químico é totalmente seguro ou perigoso por si mesmo. De maneira geral, a quantidade utilizada, condições de uso e a susceptibilidade do organismo envolvido é que determinam o risco. A perspectiva da toxicologia é prover conhecimentos para uma análise custo/benefício do uso de determinadas substâncias químicas, uma vez que não há possibilidade de se evitar de forma absoluta o risco toxicológico.

## SEÇÃO 2

O objetivo desta seção é fazer uma explanação crítica da metodologia utilizada para a avaliação de impactos ambientais sobre a saúde humana e o meio ambiente na região carbonífera do Rio Grande do Sul, gerados pelas atividades decorrentes da mineração do carvão mineral.

A Organização Mundial da Saúde (WHO) tem focado, desde a década passada, a importância de um componente relacionado à saúde humana (definida como “o completo estado de bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doença”) e de outro componente, relacionado à manutenção da saúde do meio ambiente, nas avaliações de impactos ambientais gerados por empreendimentos econômicos, com o objetivo de se atingir as condições necessárias para um bem estar humano, físico, mental e social, de conformidade com as intenções implícitas nos conceitos sobre desenvolvimento sustentável. O processo de avaliação de impactos ambientais é especialmente adequado para se trabalhar com planejamento do uso de solos e suas consequências sobre o meio ambiente e saúde pública, podendo ser usado para avaliar as consequências sobre o meio ambiente e saúde pública consequente de desenvolvimentos econômicos, tais como geração de energia, agricultura intensiva, desenvolvimento urbano, etc. Desenvolvimento sustentável, assunto amplamente discutido sob bases teóricas e operacionais em outros capítulos deste documento, requer também que se estabeleçam valores referenciais para os chamados indicadores de qualidade de meios ambientais, os quais devem ser mantidos, ou até mesmo melhorados, se possível para as gerações futuras.

A metodologia utilizada é proposta pela U.S. EPA (1989) e denominada “Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e ao Meio Ambiente”, a qual resulta em uma estimativa numérica de risco à saúde humana e ao meio ambiente consequente da exposição à poluição. Conceitualmente, tais estimativas podem ser apresentadas como um índice numérico que relaciona a intensidade da poluição à potencial exposição e aos potenciais riscos à saúde humana e ao meio ambiente. A metodologia consiste de métodos sistemáticos para avaliar dados disponíveis sobre efeitos adversos agudos e crônicos dos poluentes a organismos não humanos e aos seres humanos de poluentes em qualquer compartimento ambiental que deva ser considerado (ar, solo, águas superficiais, águas subterrâneas, etc.). O que faz a singularidade de cada local a ser estudado é sua particular combinação de características próprias, como por exemplo, os contaminantes

de interesse, a topografia do local, a presença ou ausência de águas superficiais, a vegetação, espécies animais presentes, tipo de solo, proximidade de outros importantes habitats, presença de população humana, vias de exposição em função de diferentes hábitos desta população, etc. Há, então, infinitos cenários potenciais para avaliação de risco toxicológico, levando-se em consideração a população de risco, a natureza dos contaminantes, suas toxicidades para diferentes espécies animais e vegetais e para humanos, vias de exposição e a probabilidade da exposição, fatores ambientais que contribuem ou inibem a toxicidade dos contaminantes, mudanças a curto e a longo-prazo na estrutura das comunidades bióticas, e os efeitos das ações moderadoras sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana no ou próximo ao local do estudo.

Nos Estados Unidos da América (assim como em outros países desenvolvidos), a proposta dos órgãos governamentais voltados para a proteção do meio ambiente (U.S. EPA: United States Environmental Protection Agency) tem sido o estabelecimento de padrões de qualidade de meios ambientais. Estes padrões consistem basicamente de duas partes: (i) na designação de um (ou vários) uso para determinado meio ambiente (por exemplo; corpo hídrico destinado à recreação, agricultura, piscicultura, etc.) e, (ii) um critério, que pode ser numérico, normalmente expressando as concentrações limites para uma determinada função (por exemplo, a concentração máxima de cada metal pesado em águas superficiais para a função piscicultura) ou uma descrição qualitativa da qualidade a ser mantida ou atingida, quando a derivação de critério numérico não for possível.

No Brasil há valores padrões referenciais de qualidade de meios, por exemplo, de águas, estabelecido para diversas substâncias químicas, diversos parâmetros físicos (p. ex. índice de turbidez, sólidos em suspensão) e aspectos microbiológicos, conforme exposto na Resolução n. 20 do CONAMA. Também aqui, os indicadores de qualidade de meios são expressados em concentrações máximas permitidas de tais substâncias em corpos receptores (por exemplo, um corpo hídrico) destinados a múltiplos usos, aumentando-se numericamente as concentrações permitidas à medida que se restringe funções do corpo receptor potenciais ou atuais (isto é, pela legislação brasileira, um rio de águas de classe I pode passar a ser um rio de águas de classe II, com usos mais restritos que os da classe I, ou seja, funções são perdidas, ou vice-versa). Assim, um rio que tenha águas com qualidade ambiental adequada à piscicultura pode perder esta função potencial se for contaminado com poluentes que tendam a bioacumular-se na biota local, ou que prejudiquem a manutenção dos níveis populacionais dos organismos naquele ambiente por afetar a reprodução, crescimento ou sobrevivência daqueles organismos. Também, comparando-se os riscos toxicológicos estimados para uma área experimental com os estimados para uma área controle, enfocamos o incremento de risco da área experimental em relação à área controle, podendo ser utilizado como indicador de depreciação de capital natural.

Nos EUA, tanto para a derivação do critério numérico de qualidade de águas (Federal Register, vol 45; No. 231, 1980) quanto para identificação de zonas de potencial perigo toxicológico (identificação de periculosidade) como também para a avaliação de medidas mitigadoras que podem ser adotadas em determinadas situações, a metodologia utilizada é a de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente (USEPA, 1989). Por exemplo, o critério numérico de qualidade de águas, é derivado refletindo os mais recentes conhecidos sobre:

(A) o tipo e a extensão de todos os efeitos identificáveis sobre a saúde humana e o meio ambiente, incluindo, mas não limitado, ao plâncton, peixes, crustáceos, animais selvagens, vida vegetal, estética e recreação, os quais pode-se esperar da presença dos poluentes em qualquer corpo hídrico, incluindo águas subterrâneas; (B) sobre a concentração e capacidade de dispersão dos poluentes e de seus subprodutos, através de processos biológicos, físicos e químicos e, (C) sobre os efeitos dos poluentes sobre a biodiversidade, produtividade e estabilidade das comunidades bióticas, incluindo informações sobre fatores que influenciam taxas de eutrofização e taxas de sedimentação orgânica e inorgânica para os diferentes tipos de águas receptoras.

O critério numérico de qualidade de águas para a proteção da vida aquática específica a concentração de um único e determinado poluente, a qual, se não excedida, protegerá a maioria, mas não necessariamente, todas as formas de vida aquática e seus usos; tal critério não protegerá todos os estágios vitais de todas as formas de vida sob todas e quaisquer condições. A abordagem adotada assume que, geralmente, um critério adequado para proteger os mais susceptíveis estágios de vida das mais sensíveis espécies em muitos casos são mais restritos do que o necessário para proteger a comunidade aquática como um todo.

O critério numérico de qualidade de águas para a proteção da saúde humana é uma estimativa da concentração de um único e determinado poluente, a qual, se não excedida, no caso de substâncias que causam efeitos tóxicos que não o câncer, previne o aparecimento de tais efeitos, e, no caso de substâncias cancerígenas (suspeitas ou comprovadas), representa vários níveis de incremento de risco de desenvolvimento de câncer. Geralmente recomenda-se a concentração para cada agente químico considerando uma média de exposição humana para aquela substância química, de forma que a exposição resulte em não mais do que um caso de câncer adicional por 100.000 ou 1.000.000 de pessoas expostas. Isto quer dizer, incremento de risco cancerígeno de  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$ , respectivamente (Kocher & Hoffman, 1991 *apud* Bellia, 1996). Dados organolépticos (odor e sabor) também são utilizados como base para a derivação do critério de qualidade de águas para alguns poluentes. Embora não represente um valor que diretamente afete a saúde humana, é apresentado como uma estimativa de nível de poluente que não produz sabor nem odor desagradáveis tanto diretamente pelo consumo de água como pelo consumo de organismos que são encontrados nestas águas.

Para alguns poluentes, as propriedades de bioconcentração são levadas em consideração na formulação do critério para proteger os usos da vida aquática e também para avaliar a relativa extensão da exposição humana tanto diretamente através da ingestão de água, quanto indiretamente, através da ingestão do consumo de organismos aquáticos. Bioconcentração pode ser definido como um processo de acumulação de agentes químicos presentes na coluna d'água, em peixes e animais aquáticos, através de vias de exposição não dietárias. Uma constante de proporcionalidade relacionando a concentração de uma substância na água e sua concentração em animais aquáticos no estado de equilíbrio, é chamado fator de bioconcentração. Generalizadamente, pode ser definido como um coeficiente de partição do elemento químico entre a biota e o meio abiótico onde os organismos vivem. O Fator de bioconcentração é uma estimativa da propensão de um agente químico de acumular na vida animal, ou vegetal. No meio aquático, típica-

mente os peixes são alvo para avaliação do fator de bioconcentração por causa de sua importância como fonte alimentar humana e disponibilidade de testes padronizados. Fator de bioconcentração medido ou modelado é um componente de ambas, avaliação de risco à saúde humana e avaliação de risco ambiental (Barron, 1990 *apud* Bellia, 1996).

Para alguns poluentes, os critérios derivados através da metodologia de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente podem ser utilizados em diferentes regiões de um mesmo país, ou até mesmo em diferentes países, porque o grau de toxicidade do elemento não varia significativamente devido à diferentes condições ambientais ou a diferentes padrões humanos de exposição. Para outros, deve-se utilizar a capacidade de flexibilidade do método, podendo-se derivar diferentes valores para os critérios, com a finalidade de refletir as condições ambientais locais e padrões de exposição humana. Assim, diferenças, como por exemplo, físicas ( que afetem a hidrologia de um corpo hídrico, a direção dos ventos, o tipo de solo, etc.), climáticas (alta pluviosidade e altas temperaturas; baixa pluviosidade, baixas temperaturas, etc.), que influenciam diretamente a capacidade de dispersão de poluentes; de hábitos das populações (consumem o pescado local, banham-se nos rios, mostram atividades agropecuárias no local) que influenciam diretamente as potenciais vias de exposição para os seres humanos; da natureza da biota local ( cadeia trófica longa, ou cadeia trófica curta, poucas ou raras espécies; valores de fator de bioconcentração baixo ou alto) ou mesmo de sua inexistência, entre outras, que podem influenciar significativamente no valor numérico do padrão referencial, possam ser integradas e refletir mais precisamente as condições reais do local do estudo.

O critério de qualidade de águas para poluentes cancerígenos (CCH) intenciona proteger os seres humanos de demasiado incremento de risco de desenvolvimento de câncer resultante do contato ou da ingestão de águas superficiais, ou da ingestão de organismos aquáticos que vivem nas águas superficiais. Ele é calculado da seguinte maneira:

$$\text{CCH} = \text{RAD} * \text{Pc} / \text{TIa} + (\text{TIp} * \text{FBC}) \quad (1)$$

onde, CCH= critério para cancerígeno humano (mg/L); RAD= risco associado à dose (mg/Kg.day, ou  $1/q^{i*} \times \text{nível de risco de câncer}$ ), onde,  $q^{i*}$ = Fator de inclinação ou Fator de Potência de câncer, estimado pela EPA, e definido como o limite superior da estimativa de potência de câncer derivado de um modelo de linearização (“multi-stage model”); Pc= peso corporal médio de uma pessoa adulta (70 Kg); TIa = taxa média diária de ingestão de água para uma pessoa adulta (2L/day); TIp= taxa média diária de consumo de peixe (Kg/day); FBC= Fator de bioconcentração para cada específico agente químico (L/Kg).

O critério de qualidade de águas para poluentes não-cancerígenos para os seres humanos (CNCH), também conhecido como critério limiar, intenciona proteger os seres humanos de efeitos adversos à saúde, que resultam do contato com substâncias não-cancerígenas através da ingestão de águas superficiais e de organismos aquáticos das águas superficiais. A equação 2 é utilizada para derivar o CNCH (in mg/L).

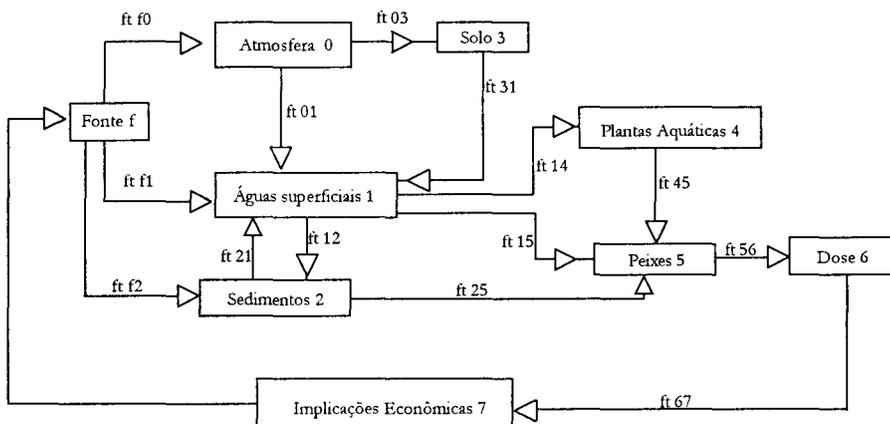
$$\text{CNCH} = \text{DR} * \text{Pc} * \text{FAE} / \text{TIa} + (\text{TIp} * \text{FBC}) \quad (2)$$

onde, CNCH= critério para poluentes não-cancerígenos aos seres humanos (mg/L); DR= Dose de Referência, derivado pela EPA (mg/Kg.day), tendo substituído a dose diária admissível (mg/Kg.day); e FAE= fator de ajuste da exposição (adimensional); Pc= peso corporal médio de uma pessoa adulta (70 Kg); TIa = taxa média diária de ingestão de água para uma pessoa adulta (2L/day); TIp= taxa média diária de consumo de peixe (Kg/day); FBC= Fator de bioconcentração para cada específico agente químico (L/Kg).

Uma dificuldade surge em se converter um risco associado com um particular agente químico para uma medida de risco total representado por todos os agentes poluentes liberados em um determinado local ou região. E, sabendo-se que os poluentes movem-se de um meio para outro (Ver Fig. 6), a estimativa da intensidade total de poluição tóxica (levando-se em consideração múltiplos elementos químicos potencialmente tóxicos e todas as potenciais vias de exposição ao homem e ao ecossistema) será mais representativa do que a estimativa da intensidade de poluição em um específico compartimento ambiental e suas potenciais vias de exposição ao homem e ao ecossistema diretamente envolvido naquele compartimento.

Embora nenhum enfoque único seja recomendado para as avaliações de risco por exposições à múltiplas substâncias, recomenda-se diretrizes gerais. Para a avaliação de risco potencial à saúde humana, a intenção é utilizar um método de avaliação de riscos proposta para qualquer situação em que uma população está exposta ou potencialmente exposta, a dois ou mais compostos, que causem preocupação. No método utilizado deve-se assumir o fenômeno de aditividade de doses (ou de resposta), considerando todas as doses estimadas para as diferentes substâncias como doses da mesma substância, apenas diferenciando-as entre substâncias cancerígenas e não-cancerígenas, não sendo incorporada nenhuma forma de interação antagonista ou sinérgica entre as substâncias. Afirma-se que a aditividade de dose (ou de resposta) é teoricamente válida e portanto, é a que melhor se aplica para avaliar exposições a múltiplos elementos, de ação similar e que não interatuam. Propõem-se que a suposição de aditividade produza geralmente cálculos neutros de risco (ou seja, nem conservador nem indulgentes) e que seja aceitável para compostos que induzam tipos similares de efeitos nos mesmos locais de ação (CPEHS, 1986).

Deve-se prestar a atenção à persistência dos elementos químicos em conjunto no ambiente, assim como a variabilidade na composição com o passar do tempo e através das diferentes fontes de emissão e, também ao padrão de distribuição dos elementos pelos diversos compartimentos ambientais, onde se degradam ou são transformados. De outra maneira, diminuirá a confiabilidade na avaliação de risco, assim como sua aplicabilidade.



**Figura 6** – Diagrama geral de vias de transferências de elementos químicos entre compartimentos ambientais. (IAEA, 1989, com adaptações).

A avaliação de risco ecológico e a avaliação de risco à saúde humana são atividades paralelas na avaliação do potencial perigo existente em áreas onde há liberação de substâncias perigosas. Embora a saúde humana frequentemente seja de maior interesse, a avaliação ecológica pode servir para expandir as investigações, alargando a área sob consideração ou redefinindo os critérios para as ações moderadoras, ou ambos.

A seguir ilustramos muitos dados e análises que relacionam a natureza, o comportamento e o transporte de contaminantes, sujeito a ambas as avaliações. Em cada ponto em comum nas duas avaliações, entretanto, devemos levar em consideração a possibilidade de que para determinados contaminantes e vias de exposição podem ser mais importantes para a avaliação ecológica do que para a avaliação de risco à saúde humana, ou vice-versa. Informações de estudos ecológicos podem apontar para novas ou não esperadas vias de exposição para a população humana, e a avaliação da saúde humana pode ajudar a identificar problemas do meio ambiente.

Há quatro etapas no processo de avaliação de risco à saúde humana, comuns à avaliação de risco ecológico: a coleta e avaliação dos dados disponíveis, a avaliação da exposição, a avaliação da toxicidade e a caracterização do risco toxicológico. Em primeiro lugar vamos apresentar a estrutura básica para o processo de avaliação de risco à saúde humana e posteriormente, a estrutura básica para o processo de avaliação de risco ao meio ambiente.

# **LINHAS BÁSICAS DA AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA E DA AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO**

## **Linhas básicas da avaliação de risco à saúde humana**

### **1. COLETA E AVALIAÇÃO DE DADOS DISPONÍVEIS**

- a) reunião e análise de dados relevantes sobre o local de estudo
- b) identificação dos agentes tóxicos
- c) formulação de modelo conceitual

### **2. AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO**

- a) análise da liberação do contaminante
- b) identificação das populações expostas
- c) identificação de todas as potenciais vias de exposição
- d) estimativa das concentrações de exposição para cada via
- e) estimativa de dose administrada específica para cada via, para contaminantes individuais

### **3. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE**

- a) coleta de informações toxicológicas qualitativas e quantitativas
- b) determinação dos valores de toxicidade apropriados para cada

### **4. CARACTERIZAÇÃO DE RISCO**

- a) caracterização potencial de ocorrência de efeitos adversos à saúde
  - a.1) estimativa de risco de câncer
  - a.2) estimativa de quociente de risco para efeitos não-cancerígenos
- b) avaliação de incertezas
- c) resumo das informações sobre a avaliação de potencial risco toxicológico à saúde humana

## **Linhas básicas da avaliação de risco ao meio ambiente**

### **1. COLETA E AVALIAÇÃO DE DADOS DISPONÍVEIS**

- a) reunião e análise de dados relevantes sobre o local de estudo
- b) identificação dos agentes tóxicos
- c) formulação de modelo conceitual
- d) Especificar o objetivo da avaliação ecológica

## 2. AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO

- a) análise da liberação do contaminante
- b) determinação das concentrações nos meios ambientais nos quais os contaminantes podem estar ou de onde podem estar sendo liberados;
- c) Avaliar potencial para exposição: identificar os organismos que podem estar em contato com os contaminantes e as concentrações dos contaminantes nos meios biológicos
- d) seleção de pontos terminais

## 3. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE

- a) coleta de informações toxicológicas qualitativas e quantitativas
- b) toxicidade dos contaminantes

## 4. CARACTERIZAÇÃO DE RISCO

- a) caracterização do potencial de ocorrência de efeitos adversos ao meio ambiente
- b) avaliação de incertezas
- c) resumo das informações sobre a avaliação de potencial risco toxicológico ao meio ambiente

### 1) Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana

O principal objetivo do processo de avaliação de risco à saúde humana é elaborar uma estrutura para o desenvolvimento das informações necessárias para auxiliar nas decisões de gerenciamento ambiental no que diz respeito às alternativas de medidas moderadoras de impactos ambientais negativos. Os objetivos específicos que podem ser alcançados com o método são:

- em primeiro lugar, fornecer uma análise de risco à saúde humana, determinando a necessidade de ações moderadoras nos locais estudados;
- prover uma estrutura básica determinando os níveis de contaminantes químicos que podem permanecer na área do estudo sendo adequadamente protetores para a saúde pública;
- prover uma estrutura básica para comparar os impactos potenciais das várias alternativas de medidas moderadoras; e
- fornecer um processo consistente de avaliação e documentação de espaços físico-geográficos que apresentem perigo à saúde pública.

### 1. COLETA E A AVALIAÇÃO DOS DADOS

Esta etapa envolve a reunião e análise dos dados disponíveis, relevantes à avaliação da saúde humana, após a identificação das substâncias presentes no local de interesse do processo de avaliação de risco potencial à saúde humana e após a elaboração do modelo conceitual.

## **2. AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO**

O objetivo da avaliação de exposição potencial é estimar o tipo e a magnitude das exposições para agentes químicos de potencial interesse que estão presentes ou migram para o local em estudo. Os resultados da avaliação de exposição são combinados com as informações toxicológicas do agente químico específico para caracterizar o risco potencial da exposição. Os procedimentos e informações apresentados neste capítulo representam algumas das novas abordagens na avaliação de exposição.

### **2.1. CONHECIMENTOS BÁSICOS.**

Exposição é definida como o contato de um organismo (humano, no caso de avaliação de risco à saúde humana) com o agente químico ou físico. A magnitude da exposição é determinada pela medida ou estimativa das quantidades de um agente tóxico disponível nas superfícies de troca (pulmões, intestinos, pele, etc.) durante um período específico de tempo. A avaliação da exposição é a determinação ou estimativa (qualitativa ou quantitativa) da magnitude, frequência, duração e via de exposição. A avaliação da exposição deve considerar exposições passadas, presentes e futuras, utilizando técnicas de avaliação para cada fase. Estimativas de exposição correntes podem ser baseadas em medidas ou em modelos das condições existentes. Estimativas de exposições futuras podem ser baseadas em modelos de futuras exposições e aquelas do passado podem ser baseadas em medidas ou modelos de concentrações passadas ou medida da concentração do agente químico em tecidos.

### **2.2. COMPONENTES DE UMA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO.**

O processo detalhado de avaliação de exposição começa após a coleta e avaliação de dados sobre o agente químico de potencial interesse. A avaliação da exposição desenvolve-se com as seguintes etapas:

#### **a) Caracterização da Exposição.**

Nesta etapa, caracteriza-se a exposição em relação às características físicas gerais do local geográfico e das populações pertencentes ao local ou próximas dele. Características básicas, tais como clima, vegetação, hidrologia, presença e localização de águas superficiais. As populações são também identificadas e descritas com respeito àquelas características que influenciam exposição, tais como localização relativa ao local de exposição, padrão de atividade e presença de subpopulações sensíveis. Esta etapa considera as características da população presente, bem como daquelas populações de potencial exposição no futuro, que pode diferir com usos alternativos do solo.

#### **b) Identificação das Vias de Exposição.**

Nesta etapa identificam-se aquelas vias pelas quais as populações previamente identificadas devem estar expostas. Cada via de exposição descreve um único mecanis-

mo pelo qual uma população deve estar exposta ao agente químico no/ou originário do sítio de exposição.

Vias de exposição são identificadas considerando-se fontes, liberações, tipos e localização do agente químico no local; o provável comportamento ambiental (incluindo persistência, partição, transporte e transferências entre meios) do agente químico; a localização e atividades das populações expostas. Os pontos de exposição (pontos de potencial contato) e as vias de exposição (por exemplo, ingestão, inalação) são identificadas para cada potencial exposição.

É complexo avaliar a exposição humana a compostos químicos porque várias vias de exposição devem ser consideradas. As principais vias de exposição são apresentadas na Tabela 7 (Giroult, 1988), sendo que o rastreamento entre estas diferentes vias de exposição para identificar as mais prováveis pode ser feito levando-se em consideração as propriedades físico-químicas de cada específico elemento químico.

Tabela 7  
SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS VIAS DE EXPOSIÇÃO  
RELACIONADAS COM OS TRÊS COMPARTIMENTOS AMBIENTAIS  
CITADOS, ÁGUA, SOLO E AR.

	Principais Vias de Exposição		
	ÁGUA	SOLO	AR
INALAÇÃO	transferência de poluentes entre água/ar	inalação de partículas de solo contaminado	contaminação direta do ar
ABSORÇÃO DÉRMICA	contato com a água contaminada	contato com o partículas de solo contaminado	deposição de partículas de ar contaminado
INGESTÃO	ingestão de água poluída e transferência de poluentes da água para os alimentos	ingestão de solo contaminado e transferência de poluentes do solo para os alimentos	ingestão de partículas de ar poluído e contaminação por deposição de partículas sobre os alimentos

### c) Quantificação da Exposição.

Quantifica-se a magnitude, frequência e duração da exposição para cada via de exposição identificada na anterior. É mais frequentemente conduzida em dois passos: c.1) estimativa da concentração de exposição e c.2) cálculo de dose administrada ou recebida diária (cálculo de "intake").

#### c.1) estimativa de concentrações da exposição.

Determina-se a concentração dos agentes químicos que serão contatados durante o período de exposição. As concentrações de exposições são estimadas usando-se dados de monitoramento e/ou modelos de transporte químico e comportamento ambiental. Devem ser usados modelos para estimar concentrações futuras do agente químico no meio que está contaminado no presente ou que pode tornar-se contaminado, e para estimar concentrações correntes no meio e/ou locais nos quais não há dados de monitoramento.

### c.2) cálculo de dose recebida ou administrada.

Calcula-se a exposição ao agente químico específico para cada via de exposição identificada na anterior. Estimativas de exposição são expressas em termos de massa da substância em contato com o organismo por unidade de peso corporal por unidade de tempo ( por exemplo, mg do agente químico por Kg de peso corporal do indivíduo por dia, também expresso como mg/Kg.dia). Estas exposições estimadas são denominadas “doses administradas” (“intakes”) e representam a taxa de exposição normalizada. Estas “doses administradas” dos agentes químicos são calculadas usando-se equações que incluem variáveis de concentração de exposição, taxa de contato, frequência e duração da exposição, peso corporal e o período de tempo no qual a exposição é averiguada.

$$DA = C \times TC \times DFE / PC \times TA,$$

onde,

DA= dose administrada ou recebida; a quantidade de substância química por quilograma de peso corporal por dia (mg/Kg.dia);

C= concentração da substância química; a concentração média contatada sob específico período de exposição (por exemplo, mg por litro de água)

TC= taxa de contato; a quantidade de meio contaminado por unidade de tempo (por exemplo, litros por dia);

DFE= tempo de duração e frequência de exposição; descreve quão longa e frequente é a exposição (dias por ano/ durante n anos);

PC= peso corporal; a média do peso corporal para o período de tempo sob exposição (Kg);

TA= período sob o qual a exposição é averiguada (dias)

No caso de uma exposição ambiental crônica, investigada a nível de rastreamento preliminar, a equação de dose administrada deve ser simplificada, resultando na seguinte equação:

$$DA = C \times TC / PC$$

Os valores de algumas destas variáveis dependem das condições do local e das características das populações potencialmente expostas.

Após as doses administradas terem sido estimadas, elas são organizadas por população. As fontes de incertezas (isto é, variabilidade nos dados analíticos, resultados de modelos e consideração de parâmetros) e seus efeitos sobre a exposição estimada são avaliados e resumidos. A avaliação de exposição é concluída com um resumo das estimativas de dose administradas para cada via de exposição.

### PROCESSO DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO.

#### a)Caracterização da Exposição

- fonte/liberação do agente tóxico
- ambiente físico
- populações potencialmente expostas

b) Identificação das Vias de Exposição

- ponto de exposição
- vias de exposição

c) Quantificação da Exposição

- c.1) estimativa da concentração da exposição
- c.2) cálculo da dose administrada para específica via de exposição

### 3. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE

A proposta do processo da avaliação de toxicidade é avaliar o potencial de particulares contaminantes para causar efeitos adversos em indivíduos expostos e providenciar, quando possível, uma estimativa de interrelação entre a extensão da exposição ao contaminante e o aumento da probabilidade e/ou severidade dos efeitos adversos.

A avaliação da toxicidade para contaminantes é geralmente concluída em duas etapas: a identificação do risco e a avaliação da relação dose-resposta. A avaliação do risco é um processo que determina se a exposição a um agente químico pode causar um aumento na incidência de particulares efeitos adversos à saúde (por exemplo, câncer, defeitos em recém nascidos) e se o efeito adverso à saúde é provável de ocorrer em humanos. A identificação do risco envolve a caracterização da natureza e a força da evidência da causa do efeito adverso. A avaliação da relação dose-resposta é o processo para avaliar quantitativamente as informações toxicológicas e caracterizar a relação entre a dose administrada do contaminante ou recebida e a incidência de efeitos adversos à saúde em populações expostas. Para esta quantitativa relação de dose-resposta são derivados valores de toxicidade: dose de referência (DR) e fator de inclinação (“slope factor”), que podem ser usados para estimar a incidência e potencial para efeitos adversos em função da exposição de humanos ao agente químico. Os valores de toxicidade são usados na caracterização do risco para estimar a probabilidade dos efeitos adversos ocorrerem em humanos em diferentes níveis de exposição.

Embora a informação toxicológica seja crítica para a análise de risco, a maior parte das avaliações toxicológicas de dados primários requeridos para completar esta fase é limitado. EPA tem realizado a avaliação da toxicidade para numerosos compostos químicos e coloca à disponibilidade as informações toxicológicas e os valores de toxicidade, os quais têm sofrido extensiva revisão.

Este capítulo objetiva orientar o estudo da obtenção dos valores de toxicidade de agentes químicos para posterior utilização na análise de risco à saúde humana.

#### 3.1. ETAPAS NA AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE.

Etapa 1: Reunião das Informações Qualitativas e Quantitativas para as Substâncias Estudadas.

Etapa 2: Identificação dos Períodos de Exposição para os quais são necessários os Valores de Toxicidade.

Etapa 3: Determinação dos Valores de Toxicidade para Efeitos Não-Cancerígenos.

Etapa 4: Determinação dos Valores de Toxicidade para Efeitos Cancerígenos.

Etapa 5: Sumário das Informações Toxicológicas.

## **3.2. TIPOS DE INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS CONSIDERADAS NA AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE.**

Esta seção resume informações de vários documentos da EPA sobre tipos básicos de dados utilizados na avaliação de toxicidade. A EPA reuniu evidências de uma variedade de fontes considerando o potencial para um contaminante causar um efeito adverso à saúde humana (cancerígeno ou não-cancerígeno).

As fontes devem incluir investigações epidemiológicas controladas, estudos clínicos e estudos experimentais em animais. As informações de suporte devem ser obtidas de fontes tais como testes “in vitro” e comparações das relações estrutura-atividade.

### **3.2.1. DADOS EM HUMANOS**

Estudos epidemiológicos bem conduzidos, que mostram uma positiva associação entre um agente químico e uma doença, são considerados como a mais convincente evidência sobre risco à saúde humana. Entretanto, a disponibilidade de dados humanos adequados para servir como base para avaliação dose-resposta é limitada a poucos agentes químicos. As pessoas são geralmente expostas no local de trabalho ou por acidente, e como estes tipos de exposições não são intencionais, as circunstâncias da exposição (concentração e tempo) não são perfeitamente conhecidas. Geralmente a incidência dos efeitos adversos é baixa, o número de indivíduos expostos é pequena e o período de latência entre a exposição e o desenvolvimento da doença é longo e exposições para múltiplas substâncias. As populações expostas normalmente são heterogêneas, variando na idade, sexo, constituição genética, dieta, ocupação e ambiente doméstico, padrão de atividades e outros fatores culturais que influenciam a susceptibilidade. Por estas razões, os dados epidemiológicos requerem cuidadosa interpretação. Caso exista estudos em humanos (validade e aplicabilidade confirmadas), estes estudos têm prioridade na avaliação da relação dose-resposta e as experiências toxicológicas em modelos animais são usados como dados de suporte.

Se os dados em humanos apresentam inadequada informação sobre exposição-resposta, para avaliação quantitativa devem ser utilizados como dados de suporte. Tais estudos devem estabelecer uma relação qualitativa entre exposição ambiental e a presença de um efeito adversos nas populações humanas expostas. Por exemplo, se o caso reporta que a exposição resulta em efeitos similares aos efeitos observados nas experiências com animais, os dados em humanos servirão como dados de suporte para as conclusões retiradas do estudo em animais.

### **3.2.2. DADOS ANIMAIS**

As bases dos dados de toxicidade para a maioria dos agentes químicos carece

de suficiente informação sobre os efeitos tóxicos em humanos. Em tais casos, a EPA deve inferir o potencial da substância causar um efeito adverso em humanos de informações toxicológicas oriundas de experiências conduzidas em mamíferos não-humanos, tais como rato, camundongo, coelho, “guinea pig”, hamster, cachorro ou macaco. A inferência de que humanos e animais mamíferos são similares, em média, na susceptibilidade intrínseca para substâncias químicas tóxicas e que dados provenientes de estudos em animais podem em muitos casos ser usados como equivalentes para humanos é a premissa básica da toxicologia moderna. Este conceito é particularmente importante na regulação do agente químico tóxico. Há ocasiões, entretanto, nas quais as observações em animais apresentam incertezas relevantes para a extrapolação para humanos. A EPA considera que a probabilidade de um agente químico causar efeitos adversos em humanos aumenta quando resultados similares são observados entre sexos, linhagens, espécies e vias de exposição em estudos animais.

### 3.2.3. DADOS DE SUPORTE

Vários outros tipos de estudos usados como suporte para conclusões sobre a probabilidade de ocorrência de efeito adverso em humanos são descritos abaixo. Até o presente, EPA considera todos os tipos de dados como de suporte, nenhum definitivo, na avaliação do potencial para efeitos adversos em humanos.

Estudos metabólicos e farmacocinéticos devem ser usados para abordar o mecanismo de ação de um particular composto. Comparando o metabolismo de um composto que exibe efeito tóxico em um animal com o correspondente metabolismo em humanos, evidencia-se o potencial do composto para causar o efeito tóxico em humanos.

Estudos usando cultura de células ou microorganismos devem ser usados para providenciar compreensão sobre o potencial do composto para atividades biológicas. Por exemplo, testes para mutações pontuais, aberrações cromossômicas numéricas e estruturais, danos e reparos no DNA e transformações celulares providenciam evidências de suporte para efeitos cancerígenos e informações sobre potenciais mecanismo para a ação cancerígena. Deve ser notado, entretanto, que a carência de resultados positivos em testes a curto prazo para genotoxicidade não é considerada uma base de desconto para resultados positivos a longo prazo em estudos animais para ação cancerígena.

Estudos de estrutura-atividade (isto é, prognóstico de atividades baseado na análise da estrutura química do composto) são outra fonte potencial para dados de suporte. Sob certas circunstâncias, a atividade conhecida de um composto deve ser usada para estimar a atividade de outro estruturalmente relacionado e para o qual há carência de dados específicos.

### 3.3. AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE PARA EFEITOS NÃO-CANCERÍGENOS

Esta seção sumariza quais os tipos de informações apresentadas na parte 1., e que são consideradas na avaliação da toxicidade para efeitos não-cancerígenos. A dose de referência, ou DR, é o valor de toxicidade utilizado na maioria das vezes na avaliação de efeitos não-cancerígenos resultantes de exposição potencial. Adicionalmente, **One-**

**Day** ou **Ten-Day Health Advisories (HAs)**, devem ser usados para avaliar exposição oral a longo prazo. Os métodos que a EPA utiliza para desenvolver DRs e HAs são descritos abaixo. Vários tipos de DR são disponíveis dependendo da via de exposição (oral ou inalatória), do efeito crítico (desenvolvimental ou outro) e o tipo de exposição a ser avaliada (crônica, sub-crônica ou um único evento).

DR crônica é definida como uma estimativa (com incertezas de uma ordem de magnitude ou mais) do nível de exposição diária para populações humanas, incluindo subpopulações sensíveis, sem apreciável risco de efeitos deletérios durante toda a vida. DRs crônicas são especificamente desenvolvidas para a proteção a longo prazo de exposições a determinado agente tóxico. As DRs crônicas geralmente devem ser usadas para avaliar o potencial de efeitos não-cancerígenos associados com períodos de exposições entre 7 anos (aproximadamente 10% da vida humana) até toda a vida.

Mais recentemente, EPA tem desenvolvido as doses de referência sub-crônicas (DRs), as quais são úteis na caracterização de potenciais efeitos não-cancerígenos associados com exposições a curto prazo, e as doses de referência desenvolvimental (DRds), as quais são úteis especificamente para avaliar o potencial de efeitos sobre o desenvolvimento, resultante da exposição ao composto químico. As DRs subcrônicas devem ser usadas para avaliar o potencial de efeitos não-cancerígenos com períodos de exposição de 2 semanas a 7 anos. Tais exposições a curto prazo ocorrem quando uma particular atividade é realizada por um limitado número de anos ou quando um agente químico com curta meia vida decai para negligenciáveis concentrações num prazo de alguns meses. As DRs desenvolvimentais são usadas para avaliar o potencial de efeitos sobre um organismo em desenvolvimento após um único evento de exposição.

### 3.3.1. CONCEITO DE LIMIAR

Acredita-se que para muitos efeitos não-cancerígenos existam mecanismos orgânicos protetores que se manifestam antes do surgimento de efeitos adversos causados pelo agente tóxico. Por exemplo, em tecidos, onde grande número de células realizam as mesmas ou similares funções, a população celular deve ser significativamente depletada para que o efeito adverso se manifeste. Como resultado, existe um intervalo de exposições de zero a algum valor finito que pode ser tolerado pelo organismo, essencialmente com nenhuma possibilidade de expressão dos efeitos adversos. No desenvolvimento de valores de toxicidade para avaliação de efeitos não-cancerígenos (isto é, derivação de DRs), o enfoque deve ser o de identificar o limite superior desta faixa de tolerância (isto é, o máximo nível sublimiar). Pela variabilidade que existe na população humana, é preciso identificar um nível de exposição que seja protetor inclusive para indivíduos mais sensíveis. Para muitos agentes químicos este nível pode somente ser estimado; a DR incorpora fatores de incerteza indicando o grau ou extrapolações usadas para derivar o valor estimado. A DR também contém um depoimento que expressa o grau de confiança que os avaliadores têm no valor estimado da DR (alto, médio ou baixo). Considera-se que a DR possua graus de incertezas de uma ordem de magnitude ou mais, e, portanto, a DR não deve ser vista como uma rigorosa demarcação científica entre o que é tóxico e o que é não tóxico.

### 3.3.2. DERIVAÇÃO DE UMA DR ORAL (DRo).

#### a) Identificando um estudo crítico e determinando a NOAEL.

No desenvolvimento de DR oral, todos os estudos disponíveis que examinam a toxicidade de um agente químico seguida de exposição por via oral são reunidos e julgados pelo mérito científico. Ocasionalmente são considerados estudos baseados em outras vias de exposições (por exemplo, via inalatória), sendo os dados ajustados para aplicação para via oral. Diferenças entre os estudos são conciliadas e realiza-se uma avaliação global. Se há disponibilidade de dados em humanos, esta informação é usada como base para o DR. Quando não, dados animais são utilizados; neste caso, é feito uma série de julgamentos, que envolve, entre outras considerações, uma avaliação da relevância e qualidade científica dos estudos experimentais. Se vários estudos animais são disponíveis para avaliação, a EPA procura primeiro o modelo animal mais relevantes para humanos, baseada sobre a defesa biológica racional, por exemplo, comparando dados metabólicos e farmacocinéticos. Na ausência de uma espécie que seja claramente mais relevante, a EPA assume que humanos são, no mínimo, tão sensíveis à substância quanto as mais sensíveis espécies animais testadas. Portanto, o estudo nas mais sensíveis espécies (espécies que demonstram efeito tóxico nas mais baixas doses administradas) é selecionado como estudo crítico para derivação da DR. O efeito caracterizado pelo “mais baixo nível onde é observado efeito adverso” (LO-AEL: lowest-observed-adverse-effect-level), após conversões dosimétricas de ajuste para espécies diferentes é referido como **efeito tóxico crítico**.

Após o estudo crítico e o efeito tóxico terem sido selecionados, a EPA identifica o nível de exposição experimental representativa do mais alto nível testado no qual nenhum efeito adverso (incluindo o efeito tóxico crítico) foi demonstrado. Este “maior nível onde não se observa efeitos tóxicos” (NOAEL: no-observed-adverse-effect-level) é o dado chave obtido do estudo da interrelação dose-resposta. A NOAEL observada em estudos animais nas quais a exposição foi intermitente (tal como cinco dias por semana) é ajustada para refletir uma exposição contínua.

A NOAEL é selecionada baseada em parte por assumir-se que se o efeito tóxico crítico é prevenido, então todos os efeitos tóxicos são prevenidos. A NOAEL para efeito tóxico crítico não deve ser confundida com o “nível onde não são observados efeitos” (NOEL: no-observed-effect-level). O NOEL corresponde ao nível de exposição no qual nenhum efeito foi observado; freqüentemente são observados efeitos que não são considerados de significância toxicológica. Em alguns estudos apenas a LOAEL, mais do que a NOAEL, é disponível. O uso da LOAEL, entretanto, requer o uso de fator de incerteza adicional (ver abaixo).

Os métodos que a EPA usa na derivação de dr inalatória são similares no conceito daqueles usados na derivação de dr oral; as DRs crônicas descritas acima dizem respeito a exposições por toda a vida ou outras a longo prazo e devem ser excessivamente protetoras se usadas para avaliar o potencial para efeitos adversos à saúde para períodos de exposições menores do que toda a vida do indivíduo. Para tais situações, a EPA tem calculado valores de toxicidade específicos para exposições subcrônicas, utilizando métodos similares àqueles descritos acima para as DRs crônicas.

No derivação de uma DR desenvolvimental (DRds) são reunidas evidências sobre o potencial de uma substância de causar efeitos adversos em um organismo em desenvolvimento, como resultado de uma exposição anterior à concepção (pelos pais), durante o desenvolvimento pré-natal, ou pós-natal até a maturação sexual. Os efeitos podem incluir morte, anormalidades estruturais, crescimento alterado e deficiências funcionais. A toxicidade maternal também é considerada.

#### **b) Aplicando os valores de incerteza.**

A dr é derivada da NOAEL (ou LOAEL) para o efeito crítico tóxico pela consistente aplicação dos fatores de incerteza (UFs) e de um fator modificador. Os fatores de incerteza geralmente consistem de múltiplos de 10 (embora valores menores do que 10 possam algumas vezes ser usados), com cada fator representando uma área específica de incerteza geradas pela extrapolação de dados disponíveis. As bases para aplicação dos diferentes fatores de incerteza são explicadas abaixo:

– Uma UF de 10 é usada levando-se em consideração a variação na população geral e intencionalmente para proteger as subpopulações sensíveis (por exemplo, crianças, velhos, etc.).

– Uma UF de 10 é usada quando há extrapolação de dados em animais para humanos. Este fator leva em consideração a variabilidade interespecies entre humanos e outros mamíferos.

– Uma UF de 10 é usada quando a NOAEL derivada de estudos subcrônicos ao invés de crônicos é usada como base para uma dr crônica.

– Uma UF de 10 é usada quando a LOAEL é utilizada ao invés da NOAEL. Este fator leva em consideração as incertezas associadas com a extrapolação de LOAELs para NOELs.

Além dos fatores de incerteza listados acima, é também aplicado um fator modificador (MF).

– Um fator modificador, podendo variar de >0 até 10 é incluído para refletir uma avaliação profissional qualitativa de incertezas adicionais no estudo crítico e nas bases de todos os dados sobre o agente químico não explicitamente cobertos pelos fatores de incerteza. Na ausência, o valor de MF é 1.

Para calcular a dr, o apropriado NOAEL (ou LOAEL, quando o NOAEL não é disponível) é dividido pelo produto de todos fatores de incerteza aplicados e pelo fator modificador. Isto é:

$$DR = NOAEL \text{ ou } LOAEL / (UF1 \times UF2 \times \dots \times MF)$$

DRs oral tipicamente são expressas em unidades de mg/Kg-dia. A maioria dos DRs desenvolvidos pela EPA são baseadas em doses administradas e não em doses absorvidas.

## 2.6. “ONE-DAY AND TEN-DAY HEALTH ADVISORIES”.

Valores de referência que devem ser usados para avaliar potencial de efeito adverso associado com exposições orais por curto período de tempo tem sido desenvolvido pelo Office of Drinking Water. Estes valores são conhecidos como “One-day” and “Ten-day Health Advisories”, os quais são tidos como guias não reguladores. Os valores de Health Advisories são concentrações de contaminantes na água de beber com as quais efeitos adversos à saúde devem ser esperadas para uma exposição de específica duração. Os valores de Health Advisories são baseados em dados que descrevem efeitos não-cancerígenos e são derivados pela divisão de um NOAEL ou LOAEL pelos apropriados fatores de incerteza e fator modificador. Eles são baseados na hipótese de que uma criança de 10 Kg ingere 1 litro de água por dia, sendo incluída uma margem de segurança para proteger membros sensíveis da população. One-day e ten-day Health Advisories não consideram qualquer risco de efeitos cancerígenos associado a exposição mesmo que o agente químico seja potencialmente cancerígeno.

## 3.4. AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE PARA EFEITOS CANCERÍGENOS.

Esta seção descreve quais os tipos de informações toxicológicas apresentadas na seção 1 que devem ser consideradas para a avaliação de efeitos cancerígenos. Um fator de inclinação (“slope factor”) e a determinação do peso de evidência são os dados mais comumente usados para avaliar o risco potencial de efeito cancerígeno em humanos. Os métodos que a EPA utiliza para derivar estes valores são descritos abaixo.

### 3.4.1. CONCEITO DE EFEITO SEM LIMIAR.

Efeitos cancerígenos, ao contrário dos efeitos não-cancerígenos à saúde, pensa-se ser fenômeno para o qual a avaliação de risco não pode ser baseada em limiar. Para cancerígenos, a EPA assume que mesmo um pequeno número de eventos moleculares pode evocar mudanças em uma única célula que pode desencadear uma proliferação celular desordenada e eventualmente evoluir para um quadro clínico de doença. Este mecanismo hipotético para efeitos cancerígenos é referido como “sem limiar”, porque acredita-se essencialmente que nenhum nível de exposição para tal agente químico não possua uma finita probabilidade, mesmo que pequena, de uma resposta cancerígena generalizada. Isto é, considera-se que nenhuma dose seja livre de risco. Portanto, para avaliar risco de câncer não se pode estimar um efeito limiar. Para efeitos cancerígenos, a EPA utiliza uma avaliação em duas partes, na qual primeiro é dado um valor de peso de evidência para a substância e depois é calculado um “fator de inclinação”.

### 3.4.2. DETERMINAÇÃO DO PESO DE EVIDÊNCIA.

No primeiro passo da avaliação, os dados disponíveis são examinados para determinar a probabilidade de um agente químico de ser cancerígeno humano. A evidência é caracterizada separadamente para estudos em humanos e estudos em animais como suficiente, limitada, inadequada, sem dados ou evidência para não causar efeito.

As caracterizações destes dois tipos de dados são combinadas, e baseada na extensão em que o agente químico mostrou ser cancerígeno em animais, humanos ou em ambos, é dado à substância uma classificação provisória de peso de evidência

O sistema de classificação de peso de evidência da EPA é mostrado abaixo.

Quadro 1  
SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA EPA PARA PESO DE EVIDÊNCIA  
PARA POTENCIAIS CANCERÍGENOS

GRUPO	DESCRIÇÃO
A	Cancerígeno Humano
B1 ou B2	Provável cancerígeno humano B1 indica que são disponíveis apenas dados limitados B2 indica suficiente evidência em animais e inadequada ou sem evidência em humanos
C	Possível cancerígeno humano
D	Não classificado como cancerígeno humano
E	Evidência para não cancerígeno humano.

#### 3.4.4. GERANDO UM FATOR DE INCLINAÇÃO (“SLOPE FACTOR”).

Na segunda parte da avaliação, baseado na avaliação de que o agente químico é um conhecido ou provável cancerígeno humano, é calculado um valor de toxicidade que define quantitativamente a relação entre dose e resposta (isto é, o fator de inclinação). Fatores de inclinação são tipicamente calculados para potenciais cancerígenos nas classes A, B1 e B2. Estimativas quantitativas de fatores de inclinação para agentes químicos da classe C são estudados caso a caso.

Geralmente, o fator de inclinação é uma estimativa plausível “upper-bound” da probabilidade de uma resposta por unidade de “intake” (dose administrada) por toda a vida do indivíduo. O fator de inclinação é usado na avaliação de risco para estimar uma probabilidade upper-bound de um indivíduo desenvolver câncer como resultado de exposição a um particular nível de um agente químico potencial cancerígeno. Os fatores de inclinação sempre são acompanhados da classificação do peso de evidência para indicar a força da evidência de um agente tóxico ser cancerígeno humano.

#### 3.4.5. DERIVAÇÃO DE FATOR DE INCLINAÇÃO.

Na derivação de fator de inclinação, são selecionadas informações disponíveis sobre o agente químico. Na escolha de dados apropriados, os dados em humanos de alta qualidade são preferenciais a dados em animais. Se os dados em animais são usados, as espécies que respondem mais similarmente a humanos (com respeito a fatores tais como metabolismo, fisiologia e farmacocinética) são preferidos. Quando nenhuma escolha é possível, às mais sensíveis espécies é dado ênfase. Ocasionalmente, em situações onde nenhum estudo é julgado apropriado, vários estudos coletivamente suportam a estimati-

va, a média geométrica das estimativas de todos os estudos deve ser adotada como fator de inclinação. Esta prática assegura a inclusão de todos os dados relevantes.

### 3.4.6. EXTRAPOLAÇÃO PARA MENORES DOSES.

Sabe-se que os riscos a baixos níveis de exposição é difícil de ser medido diretamente, tanto em experiências com animais como em estudos epidemiológicos, e o desenvolvimento do fator de inclinação geralmente necessita a aplicação de um modelo para o dados disponíveis e o uso deste modelo para a extrapolação de doses administradas relativamente altas em experiências com animais (ou para a exposição notada em estudos epidemiológicos) para baixos níveis de exposição esperados para o contato humano no meio ambiente.

Grande número de modelos matemáticos e procedimentos têm sido desenvolvidos para extrapolar respostas cancerígenas observadas com altas doses para respostas esperadas com pequenas doses. Diferentes métodos de extrapolação devem providenciar um razoável perfil para dados observados mas devem gerar grandes diferenças para risco em baixas doses. A EPA recomenda a escolha de modelo para extrapolação para baixas doses que seja consistente com o corrente entendimento do mecanismo cancerígeno, e não somente com os dados observados de tumores.

Quando os dados são limitados e existem incertezas quanto ao mecanismo cancerígeno da substância, a EPA sugere que modelos ou procedimentos que incorporam linearidade em baixas doses são preferidos quando compatíveis com as informações disponíveis. A EPA recomenda que seja usado o modelo de linearização MULTISTAGE na ausência de adequadas informações que justifiquem o contrário. Entre os outros modelos disponíveis estão o de Weibull, probit, logit, one-hit e modelos gama multi-hit, bem como vários modelos de “tempo-tumor”. A maioria destes modelos são pouco conservadores (isto é, predizem menor potencial cancerígeno do que o modelo multistage de linearização).

Em geral, depois dos dados serem colocados no modelo apropriado, é calculado o limite superior de 95% de confiança da inclinação da resultante curva de dose-resposta. Este valor é conhecido como fator de inclinação e representa o limite superior de confiança de 95 percentual sobre a probabilidade de uma resposta por unidade de dose administrada de um agente químico por toda vida de um indivíduo (isto é, há somente 5% de chances que a probabilidade de uma resposta possa ser maior do que o valor estimado baseado em dados experimentais e no modelo utilizado). Em alguns casos, fatores de inclinação baseados em dados de dose-resposta em humanos são baseados na “melhor” estimativa ao invés do limite superior de 95% de confiança. Curvas de dose-resposta geralmente são lineares apenas na região para baixas doses, e portanto, a estimativa de fator de inclinação permanece verdadeiro apenas para baixas doses.

### 3.4.7. SUMÁRIO DOS PARÂMETROS DE DOSE-RESPOSTA.

Valores de toxicidade para efeitos cancerígenos pode ser expresso de diversas maneiras. O fator de inclinação é usualmente, mas nem sempre, o limite superior de confiança de 95% da inclinação da curva de dose-resposta e é expresso como (mg/Kg.dia) exp. -1. Se

o modelo de extrapolação selecionado é o de linearização multistage, este valor é também conhecido como  $q^*$ . Isto é:

Fator de inclinação = risco por unidade de dose  
= risco por mg/Kg.dia

A maioria dos fatores de inclinação são calculados com dados sobre dose administrada e não sobre dose absorvida.

Valores de toxicidade para efeitos cancerígenos também podem ser expressos em termos de risco por unidade de concentração da substância no meio onde ocorre o contato humano. Estas medidas, chamadas unidades de risco, são calculadas dividindo-se o fator de inclinação por 70 Kg e multiplicando pela taxa de inalação (20 m<sup>3</sup>/dia) ou pela taxa de consumo de água (2 litros/dia), respectivamente, para risco associado com unidade de concentração no ar ou na água. Para unidade de risco é entendida uma exposição contínua durante toda a vida do indivíduo. Então:

unidade de risco no ar = risco por µg/m<sup>3</sup>  
= fator de inclinação x 1/ 70Kg x 20 m<sup>3</sup>/ dia x 10 E -3  
unidade de risco na água = risco por µg/L  
= fator de inclinação x 1/ 70kg x 2L/dia x 10 E-3

A multiplicação por 10 exp. -3 é necessária para converter mg ( o fator de inclinação ou  $q^*$  é expresso em mg/kg.dia ) em µg ( a unidade de risco é dada em (µg/m<sup>3</sup>) E -01 ou (µg/L) E -01.

#### EXEMPLO DE TABELA PARA VALORES DE TOXICIDADE PARA POTENCIAIS EFEITOS NÃO-CANCERÍGENOS

Agente Químico	DR crônica (mg.kg <sup>-1</sup> .dia <sup>-3</sup> )	Nível de Confiança α:	Efeito Crítico	DR base/ DR fonte	FI e FM (*)
Via Oral					
Fenol	0,6 **	Médio	efeitos sobre rins e fígado	água # / IRIS	FI= 1.000 (H,A,S,L) FM= 1,0
Nitrobenzeno	0,0005 **	Médio	Efeitos sobre rins, fígado e hematológicos	água # /IRIS	FI= 10.000 (H,A,S,L) FM= 1
Via Inalatória					

α Nível de confiança da IRIS, que pode ser alto, médio ou pequeno.

(\*) FI= Fatores de incerteza; FM= Fator modificador.

• H= variação na sensibilidade humana

A= extrapolação de dados animais para humanos

S= extrapolação de NOAEL subcrônica para crônica

L= extrapolação de LOAEL para NOAEL.

\*\* Valores somente para ilustração.

# DR expressa como dose administrada, assumindo-se como fração absorvida o valor de 1,0.

EXEMPLO DE TABELA PARA VALORES DE TOXICIDADE  
PARA POTENCIAIS EFEITOS CANCERÍGENOS.

Agente Químico	Fator de inclinação (FI) (mg/kg.dia) <sup>-1</sup>	Classificação do pêso de evidência	Tipo de câncer*	FI base /FI fonte
Via Oral				
Benzeno	0,029 **	A <sup>1</sup>	Leucemia	água # /IRIS
Clordene	1,3 **	B2 <sup>1</sup>	-	água \$/IRIS
Via Inalatória				

\* Identificação do tipo de câncer apenas para os cancerígenos da classe A.

\*\* Valores somente para ilustração.

# O fator de inclinação está baseado na dose administrada na água consumida, assumindo-se como fração absorvida o valor de 1,0.

### 3.5. INCERTEZAS RELACIONADAS ÀS INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS.

As informações toxicológicas para muitos agentes químicos é limitada. Conseqüentemente, há vários graus de incerteza associada aos valores de toxicidade calculados. Fontes de incerteza associada com valores de toxicidade devem incluir:

- usando informação de dose-resposta de efeitos observados em altas doses para predizer efeitos adversos à saúde que devem ocorrer seguindo exposição à baixos níveis, como esperado para o contato humano com agentes químicos no ambiente;
- usando informação de dose-resposta de exposições a curto prazo para predizer exposições a longo prazo e vice-versa;
- usando informações de dose-resposta de estudos animais para predizer efeitos em humanos; e
- usando informação de dose-resposta de populações animais homogêneas ou populações humanas saudáveis para predizer efeitos prováveis de serem observados na população geral, a qual consiste de indivíduos com grande variedade de sensibilidade.

O entendimento dos graus de incerteza associados com os valores de toxicidade é uma importante parte na interpretação e utilização destes valores. Portanto, como parte da avaliação da toxicidade, deve ser incluída uma discussão sobre a força da evidência dos estudos principais e de suporte. O grau de confiança atribuído para o valor de toxicidade é uma função de ambos, a qualidade do estudo individual do qual ele foi derivado da complementação pelos dados de suporte. Os DRs verificados encontrados na IRIS são acompanhados por um grau de confiança que os avaliadores têm no DR, no estudo crítico e em todos os dados de suporte. Os fatores de inclinação verificados são acompanhados por uma classificação de peso de evidência, o qual indica a probabilidade do agente químico ser um cancerígeno humano. Estas designações devem ser usadas como base para a discussão de incertezas.

A discussão de incertezas deve também incluir uma indicação da extensão na

qual uma análise dos resultados de diferentes estudos permite uma consistente e plausível caracterização da toxicidade. Quanto maior a força de evidência, maior o grau de confiança nas conclusões. Os seguintes fatores adicionam à força de evidência de um agente químico representar risco para humanos e devem ser considerados:

- Efeitos similares entre diferentes espécies, linhagens, sexos e vias de exposição;
- clara evidência de relação dose-resposta;
- uma plausível relação entre dados sobre o metabolismo, postulado mecanismo de ação e o efeito em questão (vide seção 1.3);
- similar toxicidade exibida por compostos estruturalmente relacionadas; e
- alguma ligação entre o agente químico e a evidência do efeito em questão em humanos.

Alto grau de incerteza (baixo grau de confiança) indica que o valor de toxicidade pode mudar se adicionais dados de toxicidade forem disponíveis. Baixo grau de incerteza (alto grau de confiança) indica que o valor é menos sujeito a mudanças se mais dados forem disponíveis, porque há consistência entre as respostas tóxicas observadas em diferentes espécies, sexos ou na relação dose-resposta. Quanto menor a incerteza sobre os valores de toxicidade, maior a confiança nos resultados da análise de risco. Na maioria das vezes, alto grau de confiança está associado com valores baseados em dados em humanos para a via de exposição em questão.

## 5. APRESENTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS.

Uma curta descrição de efeitos tóxicos para cada agente químico em estudo em linguagem não técnica deve ser preparada e incluída no corpo principal da análise de risco. Deve ser incluída nesta descrição informações sobre efeitos associados com exposição ao agente químico e a concentração na qual é esperado o aparecimento dos efeitos adversos à saúde humana. Os valores de toxicidade devem ser acompanhados por breve descrição de todos os dados de base e do particular estudo do qual os valores foram derivados. Além disso, uma notação deve ser feita sobre o efeito crítico e qualquer fator de incerteza utilizado no cálculo. Para qualquer valor de DR obtido da IRIS, uma notação do grau de confiança associado com sua determinação deve ser incluído. Para auxiliar na caracterização de risco, deve ser indicado se foi considerada eficiência de absorção e também quais os períodos de exposição averiguados são apropriados para a comparação com o valor de toxicidade.

Devem ser preparadas tabelas dos valores de toxicidade para todos os agentes químicos para incluir no corpo principal do relatório de análise de risco. O DR na tabela deve ser acompanhado dos fatores de incerteza usados na sua derivação, o grau de confiança e uma notação do efeito crítico. Fatores de inclinação (FI) ou “slope factor” (FI) devem sempre ser acompanhados pela classificação de peso de evidência, conforme mostrado na seção 3.4.2.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

A caracterização do risco é a etapa final do processo de avaliação de risco à saúde humana. Nesta etapa, as avaliações de exposição e de toxicidade são integradas

numa expressão qualitativa e quantitativa de risco. Para caracterizar o potencial de efeitos não-cancerígenos, são feitas comparações entre os valores de dose estimados para cada uma das substâncias e seus valores de toxicidade (DR) adequados em função da via de exposição. Do mesmo modo, para caracterizar o potencial de efeitos cancerígenos, ou seja, a probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer em qualquer momento de sua vida em decorrência de uma exposição ambiental crônica, são feitas comparações entre os valores de dose estimados para cada uma das substâncias e seus valores de toxicidade (FI), adequados em função da via de exposição, e oriundos das informações sobre as interrelação dose-resposta para cada substância química, individualmente.

A caracterização de risco serve também como uma ponte entre a avaliação de risco e o gerenciamento de risco e é, portanto, uma etapa chave para o processo de decisão.

A metodologia de caracterização de risco difere para os dois diferentes tipos de toxicidade, não-cancerígena e cancerígena, causadas por agentes químicos. Além de realizar os cálculos numéricos das estimativas de risco, é necessário interpretar, apresentar e qualificar os resultados. Uma caracterização de risco não pode ser considerada completa sem que as expressões numéricas de risco sejam acompanhadas pela interpretação e qualificação dos resultados.

#### 4.1) Quantificação dos Riscos.

Em um primeiro momento deve-se quantificar o risco ou o índice de perigo para ambos, efeitos cancerígenos e não-cancerígenos, respectivamente, para cada via de exposição analisada. O procedimento para quantificar o risco ou índice de perigo para substâncias individuais é seguido pelo procedimento para quantificar os riscos associados com simultâneas exposições a diversos agentes químicos, por múltiplas vias, situação mais provável de ocorrer na realidade.

##### 4.1.1. Cálculo de risco ou índice de perigo para substâncias individuais

Efeitos cancerígenos: Para os efeitos cancerígenos, os riscos são estimados como um incremento da probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer durante toda a sua vida como resultado de uma exposição a substância química potencialmente cancerígena (isto é, o incremento ou excesso de risco para desenvolver câncer durante toda a vida de um indivíduo).

O fator de inclinação (FI) converte a dose estimada de exposição diária diretamente em incremento de risco para um indivíduo desenvolver câncer. Por causa das baixíssimas doses que freqüentemente ocorrem nas exposições ambientais (quando comparadas com aquelas administradas em animais experimentais), geralmente assume-se que as interrelações entre dose e resposta será linear na porção das baixas doses na curva de dose resposta obtida pelo modelo “multistage”. A equação linear de risco de câncer para baixas doses é descrita abaixo:

$$\text{Risco} = \text{DA} * \text{FI}$$

onde:

Risco= uma probabilidade (por exemplo,  $2E-05$ ) de um indivíduo desenvolver câncer  
DA= dose crônica diária estimada ( $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ); e  
FI= fator de inclinação, expressado em  $(\text{mg}\cdot\text{Kg}\cdot\text{d})^{-1}$

Sendo o Fator de inclinação frequentemente o limite superior do intervalo de confiança de 95% da probabilidade de resposta baseado em dados de experiências em animais, utilizando o método estatístico “multistage”, a estimativa de risco cancerígeno é geralmente uma superestimativa. Isto significa que é razoável admitir que o verdadeiro risco não será maior que o risco estimado derivado deste modelo e que provavelmente, é menor do que o estimado.

b) Efeitos não-cancerígenos: A medida usada para descrever o potencial para ocorrer efeitos de toxicidade não-cancerígena em indivíduos não é expressada como probabilidade de um indivíduo sofrer um efeito adverso. O potencial para efeitos não-cancerígenos é avaliado pela comparação de um nível de exposição sob um específico período de tempo (por exemplo, toda a vida) com a dose de referência derivada para um similar período de exposição. Esta razão da exposição para a toxicidade é chamada de quociente de perigo e está descrito abaixo, para um período de exposição crônica, por exemplo:

$$\text{Quociente de perigo não-cancerígeno} = \text{DA/DR}$$

onde,

DA= dose crônica diária estimada ( $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ); e  
DR= dose de referência ( $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ )

O quociente de perigo não-cancerígeno assume que há um nível de exposição (ou seja, a dose de referência-DR), abaixo do qual é improvável que ocorram efeitos adversos à saúde humana, mesmo em subpopulações sensíveis. Se o nível de exposição (DA) excede este limiar (isto é, se DA/DR excede a unidade) há perigo de potenciais efeitos adversos não-cancerígenos. Como regra geral, quanto maior o valor de DA/DR acima da unidade, maior o nível de perigo. Entretanto, não se deve interpretar as razões DA/DR como probabilidades estatísticas. É importante enfatizar que o nível de perigo não cresce linearmente quando há aproximação do nível de exposição com a dose de referência, pois para cada dose de referência, individualizada para cada elemento químico, é derivada com diferentes níveis de incerteza e baseada em diferentes efeitos tóxicos. Ou seja, a inclinação da curva dose-resposta para a derivação da dose de referência pode variar grandemente dependendo da substância.

As durações das exposições devem ser consideradas e podem ser analisadas separadamente. Em uma abordagem conservadora para avaliar exposição ambiental, podemos assumir exposição crônica para efeitos não-cancerígenos, mas é possível avaliar exposições subcrônicas e agudas.

#### 4.1.2. Riscos agregados para múltiplas substâncias

Estimar riscos ou perigo potencial para um determinado agente químico deve

significativamente subestimar os riscos associados com exposições simultâneas a diversas substâncias químicas. Então, para a avaliação do risco de efeitos cancerígenos ou perigo de efeitos não-cancerígenos, no caso de exposições simultâneas a diversos elementos químicos de várias fontes e por mais do que uma via de exposição, devemos utilizar procedimentos de cálculos para efeitos cancerígenos e efeitos não-cancerígenos. Ambos procedimentos a aditividade de dose na ausência de informação específica sobre as misturas de elementos químicos, o que ocorre frequentemente.

a) Efeitos cancerígenos. A equação mostrada abaixo é utilizada para estimar incremento de risco de câncer em pessoas durante toda a vida, decorrente de exposição simultânea a uma série de agentes químicos cancerígenos.

Equação para estimar risco de câncer por exposição simultânea a múltiplas substâncias:

$$\text{Risco}_T = \sum \text{Risco}_i$$

onde,

$\text{Risco}_T$  = risco total de câncer, expressado como probabilidade, e;

$\text{Risco}_i$  = o risco estimado para cada substância

Há várias limitações nesta abordagem que devem ser conhecidas, especialmente o fato de que há um somatório de riscos de câncer para substâncias que têm diferentes peso de evidência, o que dá o mesmo peso para substâncias cancerígenas de classe C ou B e substâncias de classe A, o fato de que os fatores de inclinação derivados de bioensaios tem o mesmo peso que fatores de inclinação derivados de estudos epidemiológicos, entre outros.

b) Efeitos não-cancerígenos: A equação mostrada abaixo é utilizada para estimar o potencial de efeitos não-cancerígenos decorrente de exposição simultânea a uma série de agentes químicos não-cancerígenos. A abordagem assume que simultâneas exposições sublimiares para diversos agentes químicos pode resultar em um efeito adverso à saúde humana. O índice de perigo é igual à soma dos quocientes de perigo, onde DA e DR representam o mesmo período de exposição (por exemplo, exposição crônica). Quando o índice de perigo excede a unidade, há potencial perigo de efeitos adversos à saúde humana. Para exposições a múltiplos elementos químicos, o índice de perigo pode exceder a unidade mesmo se nenhum agente químico individualmente exceder a unidade no quociente de perigo, ou seja, mesmo que para nenhum agente químico a exposição estimada exceda sua dose de referência.

O índice de perigo é uma reafirmação deduzida facilmente da aditividade da dose, e portanto, é sumamente acertado quando se está considerando compostos que tenham ação tóxica similar. Quando se usa para componentes de ação desconhecida ou distintas, o índice de perigo é menos exato, e deverá interpretar-se apenas como uma indicação incipiente. Da mesma maneira que com a adição de dose, a incerteza associada com o índice de perigo aumenta conforme aumenta o número de substâncias consideradas no estudo.

Índice de perigo para efeitos não-cancerígenos (para exposição crônica, por exemplo):

$$IP = DA_1/DR_1 + DA_2/DR_2 + \dots + DA_i/DR_i$$

onde,

DA<sub>1</sub> = dose crônica diária estimada (mg.Kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>) para a substância 1;

DR = dose de referência (mg.Kg<sup>-1</sup>.d<sup>-1</sup>) para a substância 1

#### 4.1.3. Combinando riscos através de diferentes vias de exposição

Há freqüentes situações em que devemos combinar estimativas de risco ou perigo de efeitos cancerígenos ou não-cancerígenos, respectivamente, por exposição a múltiplos agentes químicos por múltiplas vias simultaneamente. Por exemplo, um indivíduo pode estar sujeito a exposição por múltiplas substâncias por múltiplas vias; por consumir água contaminada de poço, por comer peixe contaminado por determinado agente químico, e através da inalação de partículas e de agentes químicos a elas associados. O total da exposição a vários agentes químicos será igual à soma das exposições por todas as vias.

a) Efeitos cancerígenos: Somando riscos de câncer.

Primeiro, soma-se os riscos de câncer para cada via de exposição que contribui para a exposição total do indivíduo ou população. O risco de câncer de várias vias de exposição é assumido ser aditivo, para os mesmos indivíduos e tempo de exposição. Então, temos:

Equação para risco de câncer por múltiplas vias:

**Risco de câncer total por exposição a agentes químicos = Risco (via de exposição 1) + Risco (via de exposição 2) + ..... + Risco (via de exposição i)**

b) Efeitos não-cancerígenos: Somando os índices de perigo.

Para avaliar o potencial total para efeitos não-cancerígenos por exposições por diversas vias, deve-se calcular o índice de perigo total para diferentes períodos de duração da exposição (crônica, subcrônica e aguda) separadamente, utilizando a seguinte equação:

**Índice de perigo total por exposição a agentes químicos = Índice de perigo (via de exposição 1) + Índice de perigo (via de exposição 2) + ..... + Índice de perigo (via de exposição i)**

onde;

Índice de perigo total por exposição a agentes químicos é calculado separadamente para os diferentes períodos de exposição (crônico, subcrônico e agudo).

Quando o índice de perigo total para um indivíduo exposto ou grupo de indivíduos excede a unidade, há perigo de potenciais efeitos adversos não-cancerígenos à saúde humana. Para múltiplas vias de exposição, o índice de perigo pode exceder a unidade mesmo se nenhuma única via de exposição exceder a unidade em seu índice de perigo individual. Se o índice de perigo total excede a unidade e se as vias de exposição combinadas resultaram de índices de perigo baseados sobre diferentes agentes químicos, é necessário que se separe e analise em separado as contribuições dos diferentes agentes químicos de acordo com os diferentes efeitos tóxicos a eles associados.

## 5. Avaliação e apresentação de incertezas

Consiste em avaliar as incertezas referentes tanto à derivação dos valores de toxicidade, DR e FI, respectivamente, para efeitos não-cancerígenos e cancerígenos, bem como da abordagem de aditividade de doses (somatório de riscos para diferentes agentes químicos para uma via de exposição e o somatório levando em consideração as diferentes vias de exposição) e as estimativas de exposição, tanto qualitativamente quanto quantitativamente (especialmente enfocada na etapa da avaliação da exposição). Uma abordagem suplementar para análise das incertezas é usar métodos analíticos (por exemplo, análise de incertezas de primeira-ordem) ou métodos numéricos (por exemplo, análise de Monte Carlo), quando apropriado.

Quanto à derivação dos valores de toxicidade (por exemplo, ver os potenciais fatores de incerteza para a derivação de dose de referência):

Há vários graus de incerteza associados a várias fontes de incerteza na derivação dos valores de toxicidade, entre elas: extrapolação de interrelações dose-resposta de altas doses para baixas doses, de curtos períodos de exposição para exposições crônicas, de estudos em animais para humanos, e de estudos em populações homogêneas para populações humanas reais, onde há variabilidade na sensibilidade individual. O entendimento do grau de incerteza associado com os valores de toxicidade é extremamente importante para a interpretação da avaliação de risco à saúde humana.

Quanto à abordagem de aditividade de dose:

No caso das substâncias cancerígenas, uma possível fonte de erro é o somatório de riscos de substâncias com diferentes pesos de evidência, sem haver diferenciação possível. Por exemplo, uma substância classificada como cancerígeno humano (classe A) pode ser somada com outra classificada como possível cancerígeno humano (por exemplo, de classe C), e esta informação é perdida quando se observa apenas os números. Portanto, o risco total estimado pode ser excessivamente conservador, quando o risco de um grande número de substâncias é somado. Porém, se um ou dois cancerígenos conduzem o risco total com um peso maior, este problema não é tão significativo.

No caso das substâncias não-cancerígenas, uma possível fonte de erro é o somatório de quociente de perigos ou índice de perigo para diversas vias, de substâncias não só com diferentes graus incertezas quanto à derivação da dose de referência, como também, causadores de diferentes efeitos tóxicos. Se o índice de perigo atinge um valor unitário, é mais apropriado separar os componentes da análise por mecanismo de ação e derivar índices de perigo para cada um dos contaminantes ambientais estudados.

Quanto às estimativas de exposição:

Deve-se avaliar as incertezas dos valores estimados e que foram utilizados na equação de exposição, bem como aqueles utilizados para estimar as concentrações nos meios bióticos e abióticos. Além disso, deve-se resumir as principais suposições da avaliação da exposição, como discutir as incertezas associadas com cada uma delas e descrever como esta incerteza poderá afetar as estimativas de exposição. Devem ser enfocadas as seguintes fontes de incerteza: os dados de monitoramento, os quais devem ser representativos das condições reais do local do estudo; os modelos utilizados para estimar a exposição, suas suposições e valores das variáveis usadas para estimar as concentrações de exposição; os valores das variáveis relacionadas às taxas de contato, utilizadas nos cálculos de dose administrada.

## 2) AVALIAÇÃO DE RISCO ECOLÓGICO.

Outro problema extremamente complexo é estabelecer relações qualitativas e/ou quantitativas entre efeitos adversos a sistemas ecológicos e contaminantes ambientais, para desenvolver parâmetros indicadores daquela relação, de maneira rápida, simples e de baixo custo, e com um grau de acuracidade aceitável para serem utilizados no controle da poluição ambiental. Cresce, no mundo, a necessidade de se estabelecer tais parâmetros indicadores ecológicamente válidos. Eles devem expressar quantitativamente valores normativos de efeitos ecológicos, tendo que ser integrador de um limitado número de variáveis representativas das condições do ecossistema, as quais possam ser medidas com baixo custo.

A avaliação do potencial risco ecológico pode ser definida como a probabilidade de se observar um específico efeito como resultado da exposição a agente químico. Estes específicos efeitos indesejáveis são o ponto terminal da estimativa de risco ecológico potencial.

A avaliação ecológica ou avaliação de risco ecológico deve fornecer informações sobre os problemas causados ao ambiente natural pela liberação de contaminantes ou com as ações moderadoras designadas para moderar os impactos ambientais negativos. A avaliação ecológica é uma estimativa qualitativa e/ou quantitativa de potenciais ou reais, atuais ou futuros, efeitos de poluentes ou contaminantes sobre plantas e animais, exceto o homem e animais domesticados. A avaliação de risco ecológico deve focar todos habitats importantes e os contaminantes de interesse, deve identificar todos os potenciais receptores e todas as potenciais vias de exposição e caracterizar todos os potenciais problemas ecológicos significativos, e, por fim, deve descrever as incertezas associadas ao processo de avaliação ecológica. O método preconizado pela EPA intenciona reduzir a inevitável incerteza associada com a compreensão dos efeitos adversos ao meio ambiente por exposição a contaminantes e, inclusive, por suas ações moderadoras, dando uma específica dimensão para aquela incerteza. Uma avaliação ecológica eficiente requer o estudo das características específicas do local do estudo para que interesses específicos sejam enfocados. Escolher quais das muitas variáveis possíveis para se investigar dependerá da natureza do local, do tipo de biota presente e dos objetivos do estudo.

– A proposta do método é fornecer uma estrutura científica para propor estudos em um apropriado nível de esforço, avaliando aspectos ecológicos pertinentes ao local do estudo, para avaliar, inclusive, as ações de moderação. Estes aspectos ecológicos incluem

- Recursos biológicos (biota) que vivam no local do estudo ou próximo dele, os quais requerem proteção;
- efeitos dos contaminantes liberados na área do estudo sobre estes recursos biológicos; e
- efeitos das ações moderadoras sobre tais recursos biológicos.

A avaliação de risco ecológico pode se dar antes, durante e depois da remoção das fontes contaminantes e das ações moderadoras.

Quando uma resposta de emergência está sob consideração, os dados da avaliação de risco ecológico devem ser usados para propor a remoção das potenciais fontes. Quando uma resposta de emergência não está sob consideração, os dados da avaliação de risco ecológico podem ser usados para:

- determinar o nível apropriado de detalhamento para a avaliação ecológica;
- decidir se há necessidade de ações moderadoras no local do estudo;
- avaliar os efeitos ecológicos potenciais das próprias medidas moderadoras, determinando se as alternativas de moderação não provocarão, elas mesmas, efeitos deletérios. Por exemplo, os efeitos de dragagem sobre os organismos aquáticos que vivem sobre ou no sedimento, deverão ser considerados ; e

- elaborar estratégias de monitoramento para avaliar o progresso e eficácia da ação moderadora. Por exemplo, testes de toxicidade realizados com organismos do local estudado, com a água, sedimentos e solos do local, podem ser mais sensíveis a baixos níveis de contaminantes do que outros métodos de monitoramento, e podem indicar a toxicidade das misturas de contaminantes, muito mais realista do que utilizando apenas um agente químico.

Abaixo apresentamos uma breve explicação de cada uma das etapas envolvidas na avaliação de potencial risco ecológico.

## 1. COLETA E AVALIAÇÃO DE DADOS DISPONÍVEIS

### a) reunião e análise de dados relevantes sobre o local de estudo

Descrever o local do estudo e a área do estudo:

O estudo numa avaliação ecológica deve abranger toda a área onde os contaminantes possam estar sendo liberados ou estocados. Por exemplo, dependendo da disponibilidade de vias para exposição e habitats potencialmente expostos à contaminação, a área sob investigação deve incluir porções de vários tributários de um rio potencialmente afetado. A descrição da área deve fornecer informações para uma compreensão do ecossistema e das populações potencialmente expostas. Deve vir acompanhada de uma descrição narrativa de cada habitat, acompanhada por listas e tabelas das espécies coletadas ou observadas. Flora e fauna residente e transiente deve ser descrita.

Outras informações tais como usos da terra atuais e futuros; proximidade de centros populacionais, indústria, agricultura, condições climáticas especiais, disponibilidade e efeito dos contaminantes.

Deve haver uma descrição narrativa das prováveis ou presumíveis vias de exposição, tais como água superficial, ar, solo, sedimentos, ou vegetação; e de qualquer efeito observado potencialmente atribuível à contaminação, tais como vegetação morta, peixes mortos, etc.

b) formulação de modelo conceitual em bases qualitativas

Embora a avaliação ecológica varie grandemente entre diferentes locais de estudo, alguns fatores são comuns. Preliminarmente, informações sobre as propriedades físico/químicas dos contaminantes, sobre os processos de transporte envolvidos na dispersão de cada um dos contaminantes, potencial de bioacumulação e outras características devem ser usadas para conduzir os estudos de uma avaliação ecológica. Estimar o comportamento e transporte dos agentes químicos é peça-chave para a quantificação da exposição.

c) identificação dos agentes tóxicos

Descrição dos contaminantes de interesse:

A avaliação ecológica deve ser específica para agentes químicos de interesse do ponto de vista ecológico, o que nem sempre coincide com o ponto de vista da saúde humana.

d) Especificar o objetivo da avaliação ecológica

“O objetivo deste trabalho foi determinar se os compostos..... presentes na água e nos sedimentos da bacia do rio ..... resultam em um impacto ecológico adverso. Os dados coletados foram usados em conjunto com os dados que existiam para determinar a biodisponibilidade e toxicidade da contaminação por ..... para as comunidades biológicas aquáticas, e para avaliar quantitativamente estes impactos.”

## 2. AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO

a) análise da liberação do contaminante

b) determinação das concentrações nos meios ambientais nos quais os contaminantes podem estar ou de onde podem estar sendo liberados.

Com poucas exceções, as publicações enfocam efeitos letais diretos dos contaminantes sobre os organismos. Menos atenção tem sido dada para desenvolver a capacidade para avaliar efeitos crônicos em sistemas estruturalmente complexos. A biota em um sistema eutrófico não receberá a mesma dose de um contaminante do que em um sistema oligotrófico, porque mais contaminante se ligará em maiores níveis em particulados e matéria orgânica dissolvida, e portanto, torna-se menos disponível para a biota e exerce menos efeito tóxico.

É necessário que se avalie os níveis dos contaminantes de interesse nos meios ambientais importantes, identificados pela caracterização das vias de exposição potenciais, uma vez que se tenha selecionado um ponto terminal para as avaliações. As concen-

trações dos agentes químicos determinadas na biota e nos meios ambientais devem estar em tabelas com valores médios e faixas de concentração.

Dependendo do meio a ser amostrado, dos contaminantes de interesse, e dos organismos em estudo, a avaliação requer dados sobre as condições ambientais. No caso do ambiente aquático, por exemplo, estes dados incluem:

- parâmetros de qualidade de água, tais como dureza, pH, oxigênio dissolvido, temperatura, presença ou ausência de termoclina, cor, carbono orgânico dissolvido, condutividade e total de sólidos suspensos;

- características hidrológicas, tais como fluxo, taxa de carga e descarga de águas subterrâneas, condutividade hidráulica, profundidade, velocidade e direção da corrente, ciclos e amplitude de marés, entrada de águas superficiais e fluxos de saída; e

- parâmetros de sedimentos, tais como, distribuição dos tamanhos do grãos, permeabilidade e porosidade, densidade total, conteúdo de carbono orgânico, pH, cor, composição mineralógica geral, condições de oxigênio benthico e conteúdo de água.

Para estudo de solos potencialmente contaminados, são necessárias informações sobre tamanho da partícula de solo, permeabilidade e porosidade, fração de carbono orgânico total, pH, potencial redox, cor, conteúdo de água e tipo de solo.

c) avaliar o potencial para exposição: identificar os organismos que podem estar em contato com os contaminantes e as concentrações dos contaminantes nos meios biológicos.

Análise das concentrações de contaminantes em tecidos de organismos expostos pode ajudar elaborando uma ligação entre concentrações ambientais e a quantidade de contaminante que provavelmente atinge aquele sítio de ação específico.

Também devem ser coletados dados biológicos, tais como peso úmido dos tecidos ou organismos, conteúdo de lipídio e tamanho ou idade ou estágio de vida dos organismos. As concentrações dos contaminantes devem necessariamente ser expressadas relativas ao peso total do organismo ou relativo ao peso da porção comestível, para ser usado na avaliação de risco à saúde humana.

d) seleção de pontos terminais.

O risco ecológico pode ser definido como a probabilidade de se observar um específico efeito como resultado da exposição a agente químico. Estes específicos efeitos indesejáveis são o ponto terminal da estimativa de risco. Os pontos terminais devem ser relativamente fáceis de se medir com os métodos quantitativos correntes disponíveis e devem estimular o interesse da sociedade e também ser de fundamental importância ecológica.

Baseado nas informações a respeito do local de estudo, dos contaminantes de interesse, e das prováveis vias de exposição, deve-se identificar e selecionar apropriados pontos terminais para a avaliação. Pontos terminais para a avaliação são aqueles que descrevem os efeitos que dirigem as decisões, tal como a redução de populações chave ou rompimento na estrutura de comunidades. Pontos terminais de medida são aqueles usados nos trabalhos de campo para aproximar, representar pontos terminais que

Identificação das vias de exposição e meios ambientais contaminados devem levar à seleção das mais apropriadas espécies animais e vegetais a serem amostrados para analisar as concentrações dos contaminantes, testar toxicidade, ou outras medidas de efeitos potenciais. Se há suspeita de transferência de contaminantes através da cadeia trófica, as informações sobre estrutura trófica dos ecossistemas afetados devem ser examinadas para determinar quais espécies devem ser examinadas em relação ao teor de contaminante em seus tecidos.

Podem ser estabelecidos específicos pontos terminais de avaliação, tais como redução na abundância da população ou redução de fecundidade. Estes pontos terminais podem ser quantificados para desenvolver um ponto terminal de medida específico para o local, tal como “significantes diferenças entre a área contaminada e a área controle com respeito ao número de organismos ou número de organismos jovens por fêmea.” Mesmo que apareçam tais diferenças, é uma tarefa complexa demonstrar que o efeito observado é resultado da contaminação, mais do que qualquer outro fator.

Na avaliação de risco ecológico é importante obter informações sobre quais espécies são recreacional ou comercialmente importantes na área e avaliar potenciais efeitos de contaminantes sobre estas espécies e sobre as espécies que são fonte de alimento que diretamente suportam aquelas espécies importantes, e também, avaliar seus habitats essenciais para reprodução e sobrevivência.

### 3. AVALIAÇÃO DE TOXICIDADE

- a) coleta de informações toxicológicas qualitativas e quantitativas.
- b) toxicidade dos contaminantes.

Na prática, a avaliação de risco ecológico é baseado em dados oriundos de estudos de campo, medidas laboratoriais e dados de literatura. Cada uma destas origens tem incertezas características, as quais devem ser consideradas no relatório final. Acuracidade e precisão na estimativa de risco ecológico é amplamente determinado pela quantidade e qualidade dos dados químicos, toxicológicos e ecológicos disponíveis para a análise.

Estimativas da avaliação de risco são geralmente constrangidas pela disponibilidade de dados para a quantificação do transporte, acumulação e toxicidade dos agentes químicos no meio ambiente. Os dados, assim constrangidos, impõem limitações nas extrapolações de efeitos medidos no laboratório para os sistemas naturais. Em geral, dados de campo, dados de monitoramento e dados de toxicidade do meio ambiente contaminado são mais úteis do que estimativas da literatura, embora ela possa indicar o ponto terminal para os testes de toxicidade conduzidos com material do local do estudo. Os dados de toxicidade determinados em laboratório são freqüentemente usados para desenvolver funções de dose e resposta quantificando exposições associadas a doses e subsequentes efeitos tóxicos de agentes químicos (96h-LC<sub>50</sub>, 48h-LD<sub>50</sub>, etc). Além disso, bioensaios de toxicidade aguda continuam contribuindo muito para a formação de dados básicos de toxicologia para a estimativa de risco ecológico. Testes laboratoriais indicando baixa toxicidade podem significar, ou não, baixa toxicidade no campo, uma vez que as melhores simulações

laboratoriais não podem espelhar as condições do campo. Portanto, quando possível, a avaliação de risco ecológico deve ser baseada em dados de campo.

É esperado que diferentes espécies difiram em sua sensibilidade para um dado agente químico tóxico. Então, métodos para estimar riscos ecológicos devem ter a capacidade de incorporar sensibilidade interespecies para agentes químicos tóxicos, quando esta informação é disponível. Diferentes sensibilidades para agentes tóxicos podem alterar as interações competitivas entre populações de predador- presa em altamente conectadas estruturas tróficas.

Para caracterizar os efeitos dos contaminantes sobre populações, comunidades, e ecossistemas, deve-se escolher uma ou mais variáveis a serem medidas, dependendo do objetivo do trabalho. Os dados são críticos porque é contra a dinâmica de uma população ou ecossistema natural controle ("background") que efeitos previstos do agente químico tóxico podem ser medidos. Os dados ecológicos podem ser convenientemente classificados como estruturais ou funcionais. Dados estruturais são medidas usadas para avaliar mudanças no estado do sistema. Medidas de biomassa ou número são exemplos de dados estruturais para medir tamanho da população. Outras variáveis não necessariamente correlacionadas com um indivíduo ou com uma população também caem nesta categoria, como por exemplo, determinação da concentração de adenosina trifosfato (ATP) ou concentração de nutrientes. Os dados funcionais quantificam as taxas de fluxos de energia ou de materiais ciclando no sistema. Estas taxas definem a dinâmica do sistema. A nível populacional, estas taxas incluem processos tais como fotossíntese, alimentação, respiração, captação de nutrientes, remineralização e mortalidade. Dados funcionais também incluem taxas suprimento de energia ou matéria que constroem taxas de crescimento e, portanto, limitam o desenvolvimento da estrutura do sistema.

Então, a toxicidade de contaminantes para organismos individuais pode ter conseqüências para populações, comunidades e ecossistemas. Mudanças nas taxas de mortalidade, nascimento, imigração e emigração podem causar aumentos ou decréscimos de uma população em uma área afetada. Estas mudanças podem levar a outras mudanças na distribuição espacial das populações no ambiente. Tais efeitos sobre os níveis das populações podem por sua vez determinar mudanças na estrutura da comunidade, tal como redução na diversidade de espécies e/ou simplificação de estruturas tróficas. Para avaliar efeitos ecológicos de contaminantes em algum local ou de suas ações moderadoras, deve-se considerar o uso de medidas de parâmetros apropriados de comunidade e função de ecossistemas e determinar se o peso da evidência indica que outros efeitos, que não os efeitos tóxicos, são significativos.

A área controle deve ter as mesmas características que a área experimental no que diz respeito à topografia, composição de solos, química de águas, etc.; situada próxima à área contaminada, mas sem aparente via de exposição para a área contaminada ou para outra área contaminada.

Alguns exemplos de variáveis que devem ser medidas e que podem ser usadas para comparar área contaminada e área controle:

- abundância de população: número de indivíduos de uma espécie em uma dada área, usualmente medido sob um período de tempo;
- estrutura etária: o número de indivíduos na população em cada uma das

várias classes de idade ou estágios de vida, o qual pode ser um indicador de se a população está crescendo, decrescendo ou estável;

– potencial de reprodutividade ou fecundidade: expressado como a proporção de fêmeas em idade reprodutiva, o número de fêmeas grávidas, o número de ovos ou de ninhadas por fêmea, ou a percentagem de fêmeas sobreviventes na idade reprodutiva;

– diversidade de espécies: o número de espécies em uma área (riqueza de espécie), distribuição e abundância entre espécies; ou um índice combinando as duas;

– cadeia trófica ou diversidade trófica: calculado da mesma maneira que a diversidade de espécies, mas classificando os organismos de acordo com seu lugar na cadeia trófica;

– retenção ou perda de nutriente: a quantidade de serapilheira não decomposta ou, ao contrário, a quantidade de nutrientes perdido para as águas superficiais ou subterrâneas.

– “standing crop” ou “standing stock”: total de biomassa em uma área

– produtividade: por exemplo, algumas vezes é determinada indiretamente pela medida de oxigênio produzido por comunidade de planta por unidade de tempo; ou determinação da razão produção/respiração (P/B) como medida de eficiência do sistema.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO DE RISCO

##### a) caracterização do potencial de ocorrência de efeitos adversos ao meio ambiente

Para uma abordagem quantitativa de risco, pode-se utilizar uma série de modelos matemáticos. Muitos modelos têm sido desenvolvidos para examinar diversos fenômenos, físicos, químicos e biológicos; e especificamente em ecologia, há modelos que descrevem a dinâmica de populações, especialmente de organismos aquáticos em lagos. Uma grande variedade de modelos tem sido desenvolvidos para uma variedade de habitats aquáticos incluindo rios, reservatórios, lagos, estuários e oceanos. Qualquer modelo, por definição, é uma simplificada representação de um sistema de interesse. É impossível capturar a complexidade ecológica inteira do sistema natural, em parte porque nenhum sistema ecológico natural já tenha sido completamente descrito.

Fundamentalmente, para a avaliação de risco ecológico em meios aquáticos, podemos sugerir dois modelos amplamente utilizados pela comunidade científica internacional para avaliação de risco ecológico: o modelo da coluna de água padrão (Bartell, *et al.*, 1992) e os modelos propostos por Hakanson (1980 e 1984) para o desenvolvimento de um índice de risco ecológico para controle de poluição aquática, com uma abordagem sedimentológica. No caso do presente estudo, apenas os metais pesados foram avaliados quanto ao potencial de efeitos adversos ao ecossistema como um todo. Para atingir a demanda de acuracidade, simplicidade e rapidez, e quando os dados coletados disponíveis são limitados, a avaliação de potencial risco ecológico deve ser baseada sobre dados de concentração de metais em sedimento, enfocando a estrutura total do sistema. Foi utilizada a metodologia de índice de risco para controle de poluição aquática através de uma abordagem sedimentológica, que está brevemente descrito no relatório dos resultados da avaliação de risco ecológico na região carbonífera do Rio Grande do Sul. É possível priorizar as substâncias em uma classificação de maior ou menor grau

de periculosidade nas atuais condições do estudo e prognosticar graus de periculosidade no futuro, considerando cenários alternativos.

b) avaliação de incertezas

É especialmente devotada a se levar em consideração toda e qualquer incerteza sobre as variáveis utilizadas na avaliação de risco ecológico de natureza qualitativa e quantitativa, indicando o grau de confiança nos dados usados para avaliar o local do estudos e seus contaminantes. Específicas fontes de incerteza incluem:

- variabilidade nas estimativas numéricas para todas as variáveis estatísticas;
- as suposições na utilização de modelos estatísticos, índices e modelos em geral (por exemplo, incertezas quanto à extrapolação de modelos determinísticos para modelos probabilísticos);
- a faixa de condições sob as quais modelos ou índices são aplicáveis; e
- explicações narrativas sobre outras fontes de potenciais erros nos dados (inesperadas condições climáticas, etc.)

c) resumo das informações sobre a avaliação de risco toxicológico

Na caracterização do risco ou de problemas para receptores ambientais associados ao local do estudo, deve-se tentar responder às questões:

- qual a probabilidade de um efeito adverso vir a ocorrer?
- qual a magnitude de cada efeito?
- qual o caráter temporal de cada efeito (transitório, reversível ou irreversível)?
- quais populações receptoras ou habitats serão afetados?

Dependendo dos objetivos da avaliação e da qualidade dos dados coletados, as respostas para estas questões serão expressadas quantitativamente, qualitativamente, ou em uma combinação das duas formas.

O relatório deve apresentar dados sobre:

- as concentrações dos contaminantes nos meios ambientais;
- as concentrações dos contaminantes na biota;
- resultados de teste de toxicidade;
- valores de toxicidade da literatura;
- pesquisa de campo sobre populações receptoras; e
- medidas de estrutura de comunidade e função de ecossistema.

Se os contaminantes exercem um claro efeito, os dados de todos estes estudos, em geral, suportarão a conclusão de que um efeito está ocorrendo. Se os dados são ambíguos, há que se discernir as razões para os dados conflitantes e apresentar tais razões.

Por fim, a avaliação de risco ecológico é, e continuará sendo, um processo de combinação de cuidadosas observações de campo, coleta de dados, análise e julgamento profissional, cuja confiança nas conclusões é dependente da descrição cuidadosa e criteriosa das fontes de incertezas.

## SEÇÃO 3

Avaliação de Risco Potencial à Saúde Humana e Avaliação de Risco Ecológico Potencial na Região Carbonífera do Rio Grande do Sul, por Exposição Ambiental a Metais Pesados.

### RESUMO

Este estudo enfoca a poluição pelos metais pesados arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) nas águas superficiais da região Carbonífera Central do Rio Grande do Sul, através do método de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente aquático, considerando condições específicas do local do estudo. Os resultados demonstraram que ambas, comunidades ecológicas e população humana, estão potencialmente submetidas a riscos de efeitos adversos causados por exposição a estes metais. Em escala de priorização, os resultados sugerem o mercúrio como o poluente de maior potencial de risco à saúde humana, sendo discutidas as incertezas inerentes às análises químicas deste metal em águas naturais; do ponto de vista do potencial de risco ecológico aquático, os resultados sugerem o cádmio seguido pelo mercúrio e zinco como os poluentes de maior potencial de risco toxicológico.

### INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar o risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente pela poluição por metais pesados nas águas superficiais da região Carbonífera Central do Rio Grande do Sul. A metodologia utilizada neste estudo para a avaliação de potencial risco à saúde humana é a Avaliação de Risco à Saúde Humana, preconizada pela Environmental Protection Agency (U.S. EPA, 1989a) e para a avaliação de risco ecológico, a metodologia empregada neste estudo está baseada nos conceitos básicos preconizados pela U.S. EPA (1989b) juntamente com uma metodologia descrita por Lars Hakanson (1980), a qual tem abordagem sedimentológica.

No caso do presente estudo, apenas os metais pesados foram avaliados quanto ao potencial de efeitos adversos ao ecossistema como um todo. Para atingir a demanda de acuracidade, simplicidade e rapidez, a avaliação de potencial risco ecológico foi baseada em dados de concentração de metais em sedimento, enfocando a estrutura total do sistema. Foi utilizada a metodologia de índice de risco para controle de poluição aquática através de uma abordagem sedimentológica. É possível priorizar as substâncias em uma classificação de maior ou menor grau de periculosidade nas atuais condições do estudo e prognosticar graus de periculosidade no futuro, considerando cenários alternativos.

A área do estudo contém todos os elementos ligados à exploração e uso do carvão. A mineração está representada por minas superficiais e de profundidade; o beneficiamento compreende estações de lavagem, pátio de estocagem a céu aberto; a usi-

nagem é feita por um termoeletrica de 72 MW/h e de uma siderurgica, e a deposição das cinzas e rejeitos é feita em áreas próximas à mineração. A questão tem uma perspectiva de agravamento com a construção de mais uma termoeletrica (UTE Jacuí I) com capacidade de 350 MW/h usando carvão como combustível.

Niagru & Pacyna (1988) avaliaram quantitativamente a contaminação mundial de ar, água e solo por metais pesados oriundos de fontes antropogênicas, sendo que as termoeletricas aparecem como importantes fontes de emissão de metais pesados para cada um dos principais compartimentos ambientais. Eles concluíram que a combustão de carvão mineral ("hard coal, lignites and brown coal") em termoeletricas, indústrias, em residências e comércio é a maior fonte atmosférica de Hg, Mo e Se e uma significativa fonte de As, Cr, Mn, Sb, e Tl. Lacerda *et al.* (1995) calcularam os fatores de emissão de liberação atmosférica para os metais pesados pelas termoeletricas brasileiras, utilizando dados de composição média do carvão brasileiro. Chama a atenção o fato do fator de emissão do elemento Cr calculado para o Brasil ser até 10 vezes maior do que o calculado como média global (Ver Tabela 8). Para os outros elementos, os valores calculados para o Brasil estão compreendidos entre as faixas de variação (ou por se considerar o fator de variação de 2 a 3 vezes, indicado na modelagem proposta por Niagru & Pacyna). As termoeletricas aparecem também como uma das maiores fontes de poluição de ecossistemas aquáticos por metais traço, especialmente, As, Hg e Se. A principal via de contaminação de Pb para ecossistemas aquáticos é a via atmosférica. Foi demonstrado que a disposição das cinzas residuais da queima de carvão e o desperdício de produtos comerciais sobre o solo são as duas principais fontes mundiais de contaminação de solos por metais pesados.

Os metais são um problema particularmente sério por causa dos específicos riscos associados com sua acumulação no meio ambiente podendo ser transferidos através da cadeia trófica. Assim, eles bioacumulam e a natural distribuição deles é progressivamente alterada pela atividade econômica que os libera em concentrações pontuais. As potenciais consequências para as populações expostas foram demonstradas pelo episódio da doença de Minamata, no Japão, no início do anos 60, onde milhares de pessoas, expostas ao mercúrio através do consumo de peixes, apresentaram sintomas neurológicos severos, tendo ocorrido a morte de centenas de pessoas em consequência desta exposição ambiental.

A deposição atmosférica de metais pesados nos solos são importantes porque elas são acumulativas, frequentemente atingem grandes áreas e há dificuldades em se limitar e controlar a sua dispersão. Os metais são geralmente imóveis nos solos. Eles lixiviam muito vagarosamente e são inefficientemente captados pelas raízes das plantas e translocados para as folhas. Conseqüentemente, eles podem residir nas camadas superficiais dos solos após a deposição, por centenas ou mesmo milhares de anos. Entretanto, a imobilidade relativa dos metais nos solos não deve ser inferida como insignificante via de exposição dos vegetais, uma vez que a contaminação de uma colheita é usualmente uma combinação da captação via sistema radicular, direta captação foliar e translocação dentro da planta e, retenção do contaminante depositado sobre a superfície da planta, associado com material particulado fino. Muitas vezes, exposições atmosféricas para as plantas são quantitativamente muito mais importantes do que a exposição ao solo. A

presença a longo prazo de metais nos solos pode representar problemas por causa da contínua contaminação da cadeia alimentar humana (Haygarth, P.M. & Jones, K.C., 1992)

**Tabela 8**

Fator de emissão de liberação de metais pesados para a atmosfera ( $\mu\text{g.MJ}^{-1}$ ) calculados considerando médias ponderadas de emissões globais (1) e usando a composição elementar do carvão brasileiro e a eficiência da produção das termoeletricas brasileiras (2).

Fator de emissão de liberação de metais pesados para a atmosfera ( $\mu\text{g.MJ}^{-1}$ )														
Combustão de carvão mineral	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Zn	Sb	Se	Sn	Tl
Termoeletricidade														
(1)	15-100	5-25	80-500	60-200	10-15	70-450	15-150	90-600	50-300	70-500	10-50	5-50	10-50	10-40
(2)	42,7		5.730	203	0,13			1.333	667	369				

(1) O fator de emissão para a maioria dos elementos traço pode variar de um fator de 2 a 3; os valores medianos estão na tabela, e podem ser considerados como médias ponderadas de emissões globais (Niagrú & Pacyna, 1988).

(2) Estão mostrados os fatores de emissão de metais pesados calculados usando a composição elementar do carvão brasileiro e a eficiência da produção das termoeletricas brasileiras (Lacerda, *et al.*, 1995).

Apresentaremos os principais agentes químicos tóxicos poluentes do ar e das águas, provenientes de atividade industriais (Hettige, *et al.*, 1995) e da utilização do carvão para geração de energia (Sánchez & Formoso, 1991).

Principais agentes químicos tóxicos poluentes do ar:

– Total de Particulados Suspensos e Particulados Finos:

Particulados são líquidos finos ou partículas sólidas tais como poeira, fumaça, névoas e gases encontrados nas emissões aéreas. Em altas concentrações, estas partículas interferem com o funcionamento normal do sistema respiratório humano. Altos níveis de particulados suspensos no ambiente em áreas urbanas e industriais têm sido associados com grande morbidade e mortalidade por doenças respiratórias. Os particulados podem revestir as folhas inibindo o crescimento das plantas. Altas concentrações de particulados suspensos podem também forçar o uso de equipamentos de filtração de alto custo. Partículas finas são menores do que 10 micra de diâmetro. Eles representam os maiores perigos para o sistema respiratório.

– Dióxido de Enxofre ( $\text{SO}_2$ ):

Dióxido de enxofre é um poluente aéreo gasoso, incolor, formado primariamente pela queima de combustíveis fósseis. É associado com morbidade e mortalidade por doenças respiratórias. Além disso,  $\text{SO}_2$  é uma fonte primária de chuva ácida. A chuva ácida e as infiltrações têm aumentado a acidez em numerosos lagos acima da

capacidade de sobrevivência de espécies de peixes originárias dos locais. A chuva ácida também degrada concreto, mármore, metais e plásticos.

– Óxidos de Nitrogênio:

Dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ) e óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) são óxidos de nitrogênio, frequentemente coletivamente referidos como  $\text{No}_x$ . A fonte primária de  $\text{NO}$  é a combustão térmica de combustíveis fósseis, os quais emitem  $\text{NO}$ . Maiores temperaturas de combustão, algumas vezes recomendadas para reduzir as emissões de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) são associados com maiores taxas de produção  $\text{No}_x$ . Emissões de  $\text{No}_x$  têm importantes impactos ecológicos, porque que eles são integrantes para a formação de chuvas ácidas e ozônio da troposfera. Inalação de  $\text{NO}_2$  prejudica o tracto respiratório resultando em uma faixa de efeitos que vai desde uma suave redução na capacidade pulmonar até edema pulmonar com risco de vida.

– Monóxido de Carbono (CO):

Monóxido de carbono é um gás venenoso produzido por incompleta combustão de combustível fóssil. CO liga-se com a hemoglobina humana 200 vezes mais rápido do que o oxigênio. Então, a habilidade do sangue para carrear oxigênio para os tecidos é significativamente reduzida após a exposição até mesmo à pequenas concentrações de CO. Altas doses de CO podem resultar em problemas cardíacos e cerebrais, em comprometimento de percepção e asfixia, e baixas doses podem causar fraqueza, fadiga, dor de cabeça e náusea.

– Compostos Orgânicos Voláteis (COV):

O termo composto orgânico volátil descreve uma classe de milhares de substâncias usadas como solventes e fragrâncias. A principal via de exposição humana aos COVs é a inalação, embora alguns COVs apareçam como contaminantes na água de beber, alimentos e bebidas. Muitos COVs são suspeitos cancerígenos. Efeitos agudos de exposições industriais incluem reações na pele, e efeitos sobre o sistema nervoso central como tonturas e desmaios. Recentemente, síndrome de sensibilidade a múltiplos agentes químicos parece estar ligado a concentrações relativamente baixas (parte por bilhão) de compostos orgânicos voláteis, tipicamente encontradas no meio ambiente. Além disso, compostos orgânicos voláteis formam oxidantes fotoquímicos, os quais podem causar efeitos de irritação nos olhos e pulmões.

Principais agentes químicos tóxicos poluentes da água e/ou seus indicadores:

– Poluentes Tóxicos:

– Substâncias químicas tóxicas:

Muitas substâncias químicas de emissões oriundas de atividades que utilizam

carvão mineral são tóxicas para os seres humanos, tanto por exposições agudas quanto por exposições crônicas, porque eles acumulam nos tecidos humanos. Os seres humanos podem ingerir quantidades prejudiciais à saúde ou até mesmo fatais através de exposições repetidas, ou através de consumo de plantas ou de animais nos quais estes compostos se acumularam. As substâncias químicas podem também causar problemas em órgãos internos e em funções neurológicas; podem resultar em problemas reprodutivos e defeitos congênitos; e pode ser cancerígeno. Quantidades e duração da exposição necessárias para causar estes efeitos variam grandemente.

– Metais com propriedades bioacumuladoras:

Na bioacumulação, relativamente baixas concentrações de contaminantes no ar, água, solo e plantas tornam-se muito mais elevadas à medida que avançam na cadeia alimentar. Alguns metais podem ser convertidos em formas orgânicas por bactérias, aumentando o risco de entrar na cadeia trófica. Os metais com propriedades bioacumuladoras são particularmente perigosos porque eles são dissipados muito vagarosamente pelos sistemas naturais. Eles podem causar tanto defeitos físicos quanto mentais, congênitos. Os metais podem rapidamente tornar-se oxidados e se converter às formas solúveis quando o sedimento é exposto ao oxigênio. Alguns destes metais, mais comumente medidos e particularmente perigosos são mercúrio, chumbo, arsênio, cromo, níquel, zinco e cádmio.

Em águas, alguns dos mais importantes parâmetros indicadores são Demanda Biológica de Oxigênio (DBO, uma medida da quantidade de oxigênio consumido em processos biológicos de transformação da matéria orgânica na água, Total de Sólidos Suspensos (TSS), pH e temperatura. Na atmosfera, os mais importantes são dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), material particulado (MP), partículas finas e compostos orgânicos voláteis.

– Principais indicadores de poluentes tóxicos:

– Demanda Biológica de Oxigênio (DBO):

Poluentes orgânicos na água são oxidados por microorganismos que naturalmente existem no meio aquático. Esta “demanda biológica de oxigênio” retira o oxigênio dissolvido da água e pode causar sérios problemas a espécies de peixes que tenham se adaptado a maiores níveis de oxigênio. Baixos níveis de oxigênio dissolvido permitem que microorganismos patogênicos persistam por mais tempo no meio aquoso. Poluentes orgânicos em águas podem também acelerar o crescimento de algas, o que poderá inibir o crescimento de outras espécies de plantas. A eventual morte e decomposição de algas é outra fonte de depleção de oxigênio. As mais comuns medidas para DBO é a quantidade de oxigênio usada por microorganismos para oxidar efluentes orgânicos numa amostra padrão de poluentes durante um período de 5 dias.

– Sólidos Suspensos:

Pequenas partículas não-orgânicas, sólidos suspensos não tóxicos sedimentam

como uma camada de lama em áreas de águas calmas de rios e lagos. Isto pode sufocar a planta e acabar com os microorganismos purificadores, causando sérios problemas para os ecossistemas aquáticos. A perda daqueles microorganismos purificadores, permite que os patogênicos possam viver por mais tempo, aumentando os riscos de doenças. Quando sólidos orgânicos são parte do lama, sua progressiva decomposição irá depletar o oxigênio na água e gerar gases com mau cheiro.

O método preconizado pela U.S.EPA- Environmental Protection Agency dos Estados Unidos da América (1989), intitulado “Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana e ao Meio Ambiente”, tem sido utilizado em vários trabalhos na área de Gestão Ambiental, desenvolvidos no Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense, sob orientação do Dr. Edison Dausacker Bidone. Neste método, é fundamental que se estabeleça um modelo conceitual (cf. Figura 6 do Anexo I), considerando, pelo menos de maneira qualitativa, as interrelações entre as fontes de contaminação, as potenciais vias de exposição, e os potenciais receptores. Este é o ponto de partida para a avaliação de risco toxicológico, pois permite, após a identificação dos contaminantes de interesse à análise, que as potenciais vias de exposição sejam identificadas para posterior investigação e quantificação.

Como regra geral, é admissível começar a avaliação de impactos ambientais com o estudo da “pior situação (worst criterium)” (Zapponi, 1988). Este estudo é muito mais simplista do que estimativas exatas. Entretanto, se a análise da “pior situação” indicar que níveis hipotéticos de exposição são aceitáveis do ponto de vista da saúde pública, é geralmente possível evitar estudos detalhados posteriores. Portanto, abordagem utilizada neste trabalho é a chamada abordagem “upper-bound”, ou seja, os valores máximos de concentração de poluentes medidos nos pontos experimentais foram utilizados nos cálculos para derivar estimativas conservadoras para o risco associado com a liberação de cada agente químico e os valores padrões utilizados nas variáveis dos modelos para estimativas de doses administradas são derivados por se considerar exposição crônica por toda a vida humana. Ainda, não foi levado em consideração o fluxo das substâncias nos corpos hídricos, sendo que o ambiente lótico foi considerado como um ambiente lêntico. Sendo assim, o presente trabalho deve ser utilizado (encarado, visto) como um guia para caracterizar prováveis problemas de poluição (ou a ausência de problemas), mesmo não sendo possível realizar estimativas exatas. Usando estas estimativas é possível desenvolver procedimentos simples com os quais podemos ajustar os parâmetros para diferentes condições, ou seja, comparar diferentes cenários, desde a pior situação potencial até a mais realista, ou mesmo, comparar impactos de diferentes ações mitigadoras, quando desejável, e também, comparar com a área controle para obtermos indicação a respeito do decréscimo da qualidade do recurso natural sob influência (impactada) da área do estudo.

A metodologia de avaliação de risco proposta pela EPA e descrita na seção 2 é uma metodologia na qual as substâncias tóxicas são divididas em dois grupos: um grupo de contaminantes não-cancerígenos e um grupo de contaminantes cancerígenos. Os agentes tóxicos não-cancerígenos podem ser definidos como aqueles que causam efeitos adversos à saúde humana e que não resultam em nenhum tipo de câncer. A toxicidade não-cancerígena é tratada de uma maneira na qual um limite de exposição pode ser estabelecido (um limiar abaixo do qual não se espera a manifestação de efeitos adversos). No caso dos

contaminantes cancerígenos não é possível estabelecer um limiar, porque nenhuma dose pode ser determinada como completamente segura. Ou seja, qualquer nível de exposição a agentes poluentes cancerígenos está associada a uma probabilidade, mesmo que finita, de aparecimento de câncer decorrente da exposição. O risco potencial associado com a exposição a poluentes cancerígenos ou não-cancerígenos está, em última análise, relacionada à dose. A dose é definida como a quantidade de uma substância química administrada ou recebida por quilograma de indivíduo (ou grupos) exposto.

No caso dos agentes químicos não-cancerígenos, propõem-se que o perigo potencial de efeitos adversos à saúde decorrente da exposição ambiental seja dado pelo quociente de risco, o qual é a razão entre a dose administrada (DA) e a dose de referência (DR), conforme mostrado na equação 1:

$$QP = DA / DR$$

onde:

QP= quociente de perigo (adimensional),

DA= dose administrada (mg/Kg.dia) e

DR= dose de referência (mg/Kg.dia).

Para a estimativa de dose administrada, conforme exposto na seção 2, podemos simplificar a formulação quando há suposição de exposição crônica por toda a vida de uma pessoa (em média 70 anos), restando:

$$DA = C * TI / P_c$$

onde:

DA= dose administrada (mg/Kg.dia),

C= concentração do metal pesado na água (mg/L),

TI= taxa de ingestão (2L/dia) e

P<sub>c</sub> = média de peso corporal de pessoa adulta (70Kg).

Para o quociente de perigo, um valor maior do que 1 indica potencial de ocorrência de efeitos adversos à saúde humana, embora não represente probabilidade de ocorrência. O risco devido a exposição a múltiplas substâncias é obtido pela adição dos quocientes de risco derivados para cada elemento químico e é denominado índice de perigo. Quando se avalia diversas vias de exposição, o somatório dos índices de perigo para os múltiplos elementos e para as diversas vias representa o perigo total.

No caso de substâncias cancerígenas, o risco é estimado como a probabilidade de um indivíduo desenvolver câncer como resultado de uma exposição ambiental crônica a um elemento cancerígeno, em qualquer momento de sua vida.

A equação 2, para avaliar potenciais riscos de efeitos cancerígenos em baixas doses é:

$$R = DA * FI$$

onde:

R= probabilidade de aparecimento de câncer (adimensional);

DA= dose administrada (mg/Kg.dia) e

FI= potência de câncer ou fator de inclinação (mg/Kg.dia)<sup>-1</sup>.

O risco cancerígeno devido à exposição a múltiplas substâncias pode ser obtido pelo somatório dos riscos individuais das substâncias, e é denominado índice de risco. Quando se avalia diversas vias de exposição, o somatório dos índices de risco para os múltiplos elementos e para as diversas vias representa o risco total para efeitos cancerígenos.

Estimar riscos ou perigo potencial para um determinado agente químico deve significativamente subestimar os riscos associados com exposições simultâneas a diversas substâncias químicas. Então, para a avaliação do risco de efeitos cancerígenos ou perigo de efeitos não-cancerígenos, no caso de exposições simultâneas a diversos elementos químicos de várias fontes e por mais do que uma via de exposição, devemos utilizar procedimentos de cálculos para efeitos cancerígenos e efeitos não-cancerígenos. Ambos procedimentos consideram a aditividade de dose na ausência de informação específica sobre as misturas de elementos químicos, o que ocorre freqüentemente. Afirma-se que a aditividade de dose (ou de resposta) é teóricamente válida e portanto, é a que melhor se aplica para avaliar exposições a múltiplos elementos, de ação similar e que não interatuam. Propõem-se que a suposição de aditividade produza geralmente cálculos neutros de risco (ou seja, nem conservador nem indulgentes) e que seja aceitável para compostos que induzam tipos similares de efeitos nos mesmos locais de ação (CPEHS, 1988). O índice de perigo, assim como o índice de risco, é uma reafirmação deduzida facilmente da aditividade da dose, e portanto, é sumamente acertado quando se está considerando compostos que tenham ação tóxica similar. Quando se usa para componentes de ação desconhecida ou distintas, o índice de perigo é menos exato, e deverá interpretar-se apenas como uma indicação incipiente. Da mesma maneira que com a adição de dose, a incerteza associada com o índice de perigo e com o índice de risco aumenta conforme aumenta o número de substâncias consideradas no estudo.

O ambiente aquático pode ser definido por diversas variáveis, por exemplo, salinidade, temperatura, tempo de residência da água, profundidade média, alcalinidade, pH, índice de bioprodutividade, concentrações de oxigênio, etc. A maior parte das substâncias tóxicas podem apresentar diferentes formas químicas com diferentes características e diferentes afinidades para vários carreadores naturais dos sistemas aquáticos (substâncias húmicas, óxidos de Fe/Mn, detritos orgânicos, etc). Estes carreadores podem alterar as propriedades tóxicas das substâncias quando comparadas com as respostas tóxicas obtidas em laboratório. Um problema bastante complexo é, portanto, estabelecer relações qualitativas e/ou quantitativas entre efeitos adversos a sistemas ecológicos e contaminantes ambientais, para desenvolver parâmetros indicadores daquela relação, de maneira rápida, simples e de baixo custo e com um grau de acuracidade aceitável, para serem utilizados no controle da poluição ambiental. Todas estas variáveis ambientais podem, diretamente ou indiretamente, separadamente ou em conjunto, ter um impacto sobre a distribuição na água, sedimento e biota e também sobre o efeito ecológico potencial de uma dada substância química ou misturas

de substâncias químicas. Vários sistemas aquáticos, neste contexto, têm diferentes sensibilidades a substâncias tóxicas (Hakanson, 1984).

Para atingir a demanda de acuracidade, simplicidade e rapidez, e, considerando que os dados coletados disponíveis no presente estudo são limitados, a avaliação de potencial risco ecológico foi baseada sobre dados de concentração de metais em sedimento, enfocando a estrutura total do sistema. Foi utilizada a metodologia de índice de risco para controle de poluição aquática através de uma abordagem sedimentológica, a qual permite derivar um índice de risco ecológico para controle de poluição ambiental. Este índice é baseado na hipótese de que a sensibilidade de um sistema aquático é uma função de sua produtividade. Qualquer modelo, por definição, é uma simplificada representação de um sistema de interesse. É impossível capturar a complexidade ecológica inteira do sistema natural, em parte porque nenhum sistema ecológico natural já tenha sido completamente descrito. Um conceito fundamental na abordagem utilizada é o termo “residual”, que descreve o fato de que é impossível em contextos ecológicos, atingir um completo entendimento do sistema. O ponto crucial desta abordagem é expressar quantitativamente valores normativos de um parâmetro que expressa efeitos ecológicos (risco ecológico potencial), integrador de um limitado número de variáveis representativas, de rápido acesso e de baixo custo.

Então, para a avaliação de risco ecológico, em ambiente aquático, foi utilizada a metodologia desenvolvida por Hakanson (1980). Neste método é assumido que o estado trófico de um corpo hídrico está correlacionado com o conteúdo de nitrogênio e fósforo do sedimento. Um índice de Bioprodutividade (IBP) de um específico corpo hídrico é definido como o conteúdo de N ou P sobre uma linha de regressão do conteúdo de N ou P, para dar conta da sensibilidade do corpo hídrico aos agentes tóxicos, podendo ser encontrado também em valores tabelados, levando-se em consideração parâmetros que caracterizam tal nível trófico, como por exemplo, total de fósforo, total de nitrogênio, transparência de disco de Secchi, entre outros.

O potencial de risco ecológico de um dado contaminante é definido, de acordo com a metodologia de Hakanson, como:

$$RE^i = FRT^i \times C^i$$

onde,

$RE^i$  = risco ecológico para uma dada substância;

$FRT^i$  = fator de resposta tóxica de uma dada substância; e

$C^i$  = fator de contaminação.

O somatório dos riscos ecológicos para substâncias individuais é definido como risco ecológico potencial total (RET) para um dado corpo hídrico. Assim:

$$RET = \sum RE^i = \sum FRT^i \times C^i$$

O fator de resposta tóxica ( $FRT^i$ ) combina parâmetros que avaliam a sensibilidade do específico corpo hídrico, dada pelo índice de bioprodutividade (IBP) com as

diferentes toxicidades dos diferentes metais pesados aos ecossistemas potencialmente expostos, tendo sido definida da seguinte maneira, conforme Tabela 9.

**Tabela 9**  
**FATOR DE RESPOSTA TÓXICA (FRT<sup>1</sup>)**  
**PARA OS DIFERENTES METAIS ENVOLVIDOS NO PRESENTE ESTUDO**

Metal	Valor do Fator de Resposta Tóxica
As	10
Hg	40.5 / IBP
Cd	30. $\sqrt{5}$ / $\sqrt{IBP}$
Cu	5. $\sqrt{5}$ / $\sqrt{IBP}$
Pb	5. $\sqrt{5}$ / $\sqrt{IBP}$
Cr	2. $\sqrt{5}$ / $\sqrt{IBP}$
Zn	1. $\sqrt{5}$ / $\sqrt{IBP}$

De acordo com Hakanson, a seguinte terminologia deve ser usada para o valor de RET:

- RET < 150 = baixo risco ecológico para o corpo hídrico;
- 150 < RET < 300 = moderado risco ecológico para o corpo hídrico;
- 300 < RET < 600 = considerável risco ecológico para o corpo hídrico; e,
- RET > 600 = alto risco ecológico para o corpo hídrico.

É possível, assim, priorizar as substâncias em uma classificação de maior ou menor grau de periculosidade nas atuais condições do estudo e prognosticar graus de periculosidade no futuro, considerando cenários alternativos.

Neste estudo, a avaliação dos potenciais riscos à saúde humana e ao meio ambiente, decorrentes de exposição ambiental crônica a metais pesados na região carbonífera central do Rio Grande do Sul, leva em conta os metais pesados de interesse toxicológico do ponto de vista da saúde humana e do ponto de vista do meio ambiente, cujas concentrações em água e em sedimento tenham sido determinadas. Assim, elas podem ser utilizadas na avaliação de risco à saúde humana e na avaliação de risco ao meio ambiente, respectivamente. Nenhuma tentativa foi feita para avaliar as demais potenciais vias de exposição humanas aos metais pesados decorrente das transferências entre compartimentos ambientais e metabolismo nestes compartimentos (mostrados na Figura 1), nem para avaliar o risco associado aos compostos orgânicos.

Resultados da avaliação de risco potencial à saúde humana:

A única via de exposição da população humana aos metais, considerada neste estudo foi a ingestão de água, porque há carência de dados para avaliar as outras vias de exposição potenciais, como por exemplo, concentração dos metais na atmosfera ou concentração dos metais em alimentos, especialmente no peixe.

Os efeitos adversos à saúde humana causados pela contaminação dos metais pesados arsênio (As), cromo (Cr), manganês (Mn), mercúrio (Hg), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn), através da ingestão de água, não são reconhecidos como relacionados

ao câncer. Entretanto, o cádmio (Cd) tem sido classificado recentemente como provável cancerígeno humano, embora ainda não tenha sido derivado um fator de potência de câncer para este elemento químico. Por isto, a avaliação de risco à saúde humana do presente trabalho está restrita à avaliação de efeitos não-cancerígenos.

Utilizando a equação 1 foi calculado o quociente de perigo para cada um dos metais. Foi adotada uma taxa de consumo médio diário de água de 2L para uma pessoa adulta, de peso médio de 70 Kg. As concentrações dos metais utilizadas para o cálculo da dose administrada foram os máximos valores determinados considerando todas as estações de coleta de água, exceto quando se avaliou a estação da área controle, para onde foram utilizados os valores médios. Os valores de DR usados para cada metal, a dose administrada, os quocientes de perigo calculados e índice de perigo para a exposição simultânea aos múltiplos metais pesados pela potencial via de ingestão de água, estão listados na Tabela 10:

**Tabela 10**

Valor de dose de referência (DR), dose administrada (DA), quociente de perigo (QP) e índice de perigo (IP) para a avaliação de risco potencial à saúde humana por exposição ambiental aos metais pesados via ingestão de água

Metal	DR (mg/Kg.dia)	DA (mg/Kg.dia)	QP
As	1 E-03	0,8 E-05	8 E-03
Cd	1 E-03	0,4 E-05	4 E-03
Cr	5 E-03	0,2 E-03	4 E-02
Mn	2 E-01	0,2 E-01	1 E-01
Hg	3 E-04	3 E-04	1 E+00
Ni	2 E-02	0,1 E-02	5 E-02
Se	3 E-03	3,0 E-06	1 E-03
Zn	2 E-01	0,4 E-02	2 E-02
		Índice de Perigo =	1,24

Os resultados sugerem que a população humana do local do estudo está sujeita a potenciais efeitos adversos à saúde por exposição ambiental aos metais pesados analisados, via ingestão de água, pois o valor resultante do índice de perigo está acima da unidade. Quando fazemos estes mesmos cálculos utilizando os valores de concentração de metais em águas coletadas na área controle (ponto de coleta no. 01; não mostrados), o índice de perigo resulta em um valor aproximadamente 3,5 vezes mais baixo. Levando-se em consideração as premissas do método, pode-se concluir que na área controle as concentrações de metais em água não representam risco potencial à saúde da população, e que, na área experimental, há um incremento nas concentrações destes metais, resultando em um índice de perigo acima da unidade. Os valores de quociente de perigo mostram que o mercúrio é o único metal responsável pelo valor do índice de perigo acima da unidade, uma vez que o próprio quociente de perigo para o mercúrio tem valor igual a 1. Ou seja, a dose administrada é igual à dose de referência do mercúrio. O problema do Hg, no entanto, devido à sua alta toxidez ambiental

(ver, como exemplo, Bidone *et al.*, 1997), tem de ser considerado com cuidado. Em comunicação pessoal, o Prof. Luís Drude de Lacerda do Dpto. de Geoquímica da UFF, nos transmitiu sua preocupação com dados de concentração de Hg em águas. Segundo Lacerda, em geral esses dados devem ser tratados com reservas tendo em vista problemas de coleta, conservação e análise laboratorial. Procedimentos de reavaliações destes dados através de intercalibrações, por exemplo, podem ajudar a solucionar este problema.

Evidentemente, não estão sendo levados em consideração os decréscimos nas concentrações de metais pesados que ocorreriam com o tratamento convencional de água para beber (cf. Travassos & Bidone, 1995). Entretanto, não podemos esquecer que foi levada em consideração apenas uma via de exposição das 3 potenciais vias de exposição (Ver Seção 2, Tabela 1) e provavelmente, sendo esta a menos importante do ponto de vista da saúde pública, uma vez que o local do estudo está envolvido com a exploração de carvão e geração de energia termoelétrica e, portanto, a via de exposição que deveria ter sido considerada prioritariamente, seria a via inalatória. Isto quer dizer que devemos ter em mente, para a discussão dos resultados e conclusão dos trabalhos, as dificuldades analíticas para a determinação do mercúrio em águas naturais, as vias de exposição que não foram consideradas e que são extremamente importantes, sobretudo a via inalatória, e a via ingestão de alimentos, em especial a ingestão de peixes, sobretudo para o mercúrio, reconhecidamente um metal que bioacumula em organismos aquáticos. Justifica-se ainda mais o estudo desta potencial via de exposição quando visto o estudo sobre a pesca realizado na área experimental. Além disso, seria uma maneira de se confrontar os resultados de concentração de mercúrio em peixes com os resultados de mercúrio em águas e além disso, tendo-se os valores de fator de bioconcentração para os metais, torna-se possível derivar critério de qualidade de água para os mesmos metais, conforme dito na Seção 2.

É possível inferir sobre a toxicidade dos elementos químicos à saúde humana considerando-se o valor da dose de referência para cada um deles. Então, considera-se que, se a dose de referência for menor do que  $0,01 \text{ mg.Kg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ , o elemento químico pertence ao grupo I na potencia toxicológica, sendo considerado o tipo mais tóxico. No presente estudo, 6 dos 8 metais estão classificados neste grupo (cf. Tabela 10). Entretanto, os metais considerados de maior interesse toxicológico ambiental do ponto de vista da saúde humana são, atualmente, o arsênio, o cádmio, o chumbo e o mercúrio (Klaaseen, 1997). Critérios de qualidade de águas para diversos elementos químicos, derivados através do método de avaliação de risco à saúde humana são apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11**  
**TABELA DE ALGUNS VALORES REFERENCIAIS**  
**DE QUALIDADE DE ÁGUAS FLUVIAIS**

Elementos Químicos	CONAMA Res. n 20 (µg/L)			Padrões Norte-Americanos* (µg/L)				Critérios Numéricos <sup>b</sup> EPA (mg/L)		
	Classe I	Classe II	Classe III	SMCLs	NIPD-WR	MCLG	MCL	RCRA/MCL	(1)	(2)
As	50				50	zero		50	0,0022	0,0175
Al			100	50-20						
Cd	1				10	5	10		10	10
CdIII	500								170 mg/L	3433 mg/L
CrVI	50				50	100	50		50	50
Cu	20		500	1000		1300	1300		1000	1000
Pb	30				50	zero	5		50	50
Mn	100		500	50					50	
Hg	0,2		2						0,14	0,15
Ni	25		25			100	100		632	730
Se									10	10
Zn	180			5000					5000	5000

<sup>a</sup> SMCLs= Secondary Maximum Contaminant Level; NIPDWR= National Primary Drinking Water Regulations; MCLG= Maximum Contaminant Level Goal; MCL= Maximum Contaminant Level; RCRA/MCL= Resource Conservation and Recovery Act/ Maximum Concentration Limits

<sup>b</sup> Critérios de qualidade de águas fluviais para a proteção da saúde humana, para efeitos adversos não-cancerígenos e cancerígenos (risco de 10E-06), derivados a partir do Método de Avaliação de Risco à Saúde Humana proposto pela EPA; (1): exposição através de ingestão de água e de organismos aquáticos; (2): exposição através de ingestão de organismos aquáticos somente.

O arsênio é um elemento classificado como cancerígeno humano. Por isto, para a máxima proteção da saúde humana de potenciais efeitos cancerígenos devido à exposição ao arsênio através da ingestão de águas e/ou de organismos aquáticos, a concentração deste elemento em águas ambientais deveria ser zero, baseado na suposição da não existência de limiar de dose para este tipo de efeito. Entretanto, um nível zero não pode ser obtido, pois o arsênio é encontrado nos solos, água e ar, como um contaminante ambiental. Por isto, é necessário se trabalhar admitindo diferentes níveis de risco potencial à saúde humana. Para uma pessoa adulta, calcula-se uma dose diária média de arsênio de cerca de 300µg. Quase toda a dose diária é por via ingestão de água e alimentos. Há evidências experimentais de que a absorção gastrointestinal é eficiente. O arsênio deposita-se principalmente no fígado, rins, coração e pulmões. O arsênio atravessa a barreira placentária, sendo um potencial teratogênico. Pouco se sabe sobre as biotransformações do arsênio no organismo humano. Os arsenicais orgânicos são excretados mais rapidamente que os inorgânicos e há evidências de que o arsênio é metilado no organismo humano. A excreção é fundamentalmente via urina. O tempo de meia-vida para a excreção urinária é cerca de 3 a 5 dias. Intoxicação crônica por arsênio apresenta

sintomas não específicos, tipo fraqueza, anorexia, náusea, vômito, etc. Os efeitos cancerígenos foram pesquisados em animais experimentais e em humanos, havendo evidências de que a exposição crônica ao arsênio, via ingestão de água, predispõem a carcinomas de pele. Efeitos teratogênicos foram demonstrados em hamsters (Klaassen, 1997).

O Cd ocorre em apenas um tipo de valência (+2) e não forma compostos alquílicos ou outros compostos organometálicos de conhecido significado toxicológico. O cádmio (Cd) tem sido classificado recentemente como provável cancerígeno humano, embora ainda não tenha sido derivado um fator de potência de câncer para este elemento químico. As maiores relevâncias da exposição humana ao Cd são os efeitos sobre os pulmões pela inalação aguda e os efeitos sobre os rins da exposição crônica, induzindo proteinúria irreversível, atingida por uma dose diária de 140 a 260µg de Cd. Quando a carga acumulada de Cd nos rins excede a 200µg/g, ocorre o comprometimento renal. Os rins são considerados os órgãos alvo da exposição ambiental crônica ao Cd para a população em geral. A principal via de exposição da população em geral, não fumante, é via alimentação. A contribuição de outras vias para a captação total, é muito pequena. Via pulmonar por fumar cigarros é muito importante quando se considera a exposição ao Cd. Em áreas contaminadas, a exposição ao Cd via alimentos pode chegar a várias centenas mg/ dia. Dados em animais experimentais e em humanos mostram que a absorção pulmonar é extremamente eficiente (50% do Cd inalado é absorvido) e muito maior do que a absorção gastrointestinal, a qual é influenciada pelo tipo de dieta e estado nutricional. Há um gradiente materno-fetal de Cd. Embora o Cd acumule na placenta, pouco é transferido para feto. O Cd absorvido pelos pulmões ou pelo sistema gastrointestinal é estocado principalmente no fígado e rins. O tempo de meia-vida biológica é muito longa (décadas) no músculo, rins, fígado e em todo o organismo humano. As concentrações de Cd na maioria dos tecidos aumenta com a idade. Metalotioneína é uma importante proteína de transporte e estocagem de Cd e de outros metais pesados. O Cd pode induzir a síntese de metalotioneína em muitos órgãos, incluindo fígado e rins (Klaassen & Jie, 1997). Os níveis de Cd nas fezes é um bom indicador de exposição recente, via alimentos, na ausência de exposição via inalação. O Cd no sangue ocorre principalmente nas hemácias, sendo as concentrações plasmáticas geralmente muito baixas. A dose diária de Cd via alimentos em áreas não contaminadas com Cd é em torno de 10 a 40µg (WHO, 1992a).

Concentração de chumbo no sangue humano é uma indicação de absorção recente do metal. A tendência mundial é o decréscimo nos níveis de Pb no sangue, como visto em sangue de crianças nos Estados Unidos, onde os níveis mostraram um decréscimo de 10µg/dl entre a década de 70 para a década de 90 (atingindo atualmente, teores em torno de 6µg/dl). Teores de 30µg/dl de Pb em sangue de pessoas adultas é considerado limite máximo, sendo que para valores acima de 75µg/dl aparecem sintomas claros de envenenamento por Pb (Lessler, 1988; Klaassen, 1997).

A população em geral está primariamente exposta ao mercúrio através da dieta e de amálgama dentário. Do amálgama dentário o mercúrio inorgânico é liberado como vapor. Dependendo das concentrações de mercúrio inorgânico no ar e na água, podem ocorrer significantes contribuições para a dose diária. Resultados de estudos em animais experimentais e em humanos indicam que cerca de 80% do vapor de mercúrio metálico

inalado é absorvido, enquanto o mercúrio metálico líquido é pobremente absorvido via sistema gastrointestinal (menos do que 1%). O mercúrio inorgânico inalado como aerossol é depositado no trato respiratório e absorvido, sendo a taxa de absorção dependente do tamanho da partícula. Compostos de mercúrio inorgânico são absorvidos pelo trato gastrointestinal com baixa eficiência. Os rins são os principais acumuladores de mercúrio inorgânico e somente pequena fração atravessa a barreira placentária (WHO, 1990 e 1991). O peixe (ou outros alimentos aquáticos) é a fonte dominante de exposição humana ao metilmercúrio. O metilmercúrio é um reconhecido composto neurotóxico, que atravessa a placenta e pode causar sérios danos teratogênicos, de natureza neurológica, irreversíveis (Chang, 1977; Louria, 1992; Klaassen, 1997), enquanto que o mercúrio inorgânico não apresenta tais efeitos. O metilmercúrio está listado pelo Programa Internacional de Segurança de Agentes Químicos como um dos seis mais perigosos agentes químicos ambientais. O peixe acumula metilmercúrio em muitas vezes a concentração do metilmercúrio presente na água em que vive (bioconcentração) ou no alimento que consome. Esta espécie de mercúrio representa até 95% do mercúrio total encontrado em tecidos de peixes (Huckabee, 1979). O mercúrio apresenta níveis de concentrações não tóxicas em torno de 3 a 4 µg/dl no sangue de pessoas adultas. Como o metilmercúrio está concentrado nas hemácias e o mercúrio inorgânico não, a distribuição do mercúrio nas hemácias e plasma pode indicar se o envenenamento é por mercúrio inorgânico ou orgânico. As concentrações de mercúrio na urina da população em geral não ultrapassa 5 µg/l (Klaassen, 1997).

Resultados da avaliação de risco potencial ao meio ambiente, Tabela 6.

**Tabela 6**

Valor médio das concentrações máximas de metais em sedimentos na área experimental (MAE), concentrações médias de metais em sedimentos na área controle (MAC), fator de Contaminação (C), Grau de Contaminação ( $GC = \sum C$ ), Fator de resposta Tóxica (FRT), considerando um índice de bioprodutividade (IBP) igual a 10, Risco Ecológico (RE) e Risco Ecológico Potencial Total ( $RET = \sum RE$ ) na avaliação de risco ecológico.

Metal	MAE (mg/Kg)	MAC (mg/Kg)	C	FTR	RE
As	0,005	0,0036	1,27	10	12,7
Cd	0,005	0,0015	3,70	21,2	78,6
Cr	0,098	0,05	1,97	1,41	2,79
Cu	1,40	0,46	3,06	3,53	10,8
Hg	0,075	0,045	1,67	20	33,3
Pb	1,05	0,60	1,75	3,53	6,18
Zn	3,76	0,081	46,41	0,70	32,8
			GC = 59,85	RET = 177,3	

O valor do grau de contaminação deste estudo ( $GC=59,85$ ) é considerado muito alto, indicando séria contaminação antropogênica. Pode-se observar, através dos valores dos fatores de contaminação (C) que o principal contribuinte para tal valor é o Zn, metal reconhecidamente presente em efluentes domésticos. O Fator de resposta Tóxica (FRT), considerando um índice de bioprodutividade (IBP) igual a 10, o que representa um situação intermediária e não a “pior situação”, demonstram que os mais

importantes metais do ponto de vista da toxicologia ao ambiente aquático são o Cd e o Hg, seguidos pelo As. Entretanto, os valores calculados para o Risco Ecológico (RE) demonstram que as altas concentrações de Zn o colocam como um importante contaminante depois do Cd e do Hg, na área do estudo. Pelo valor do Risco Ecológico Total podemos concluir que a área experimental do estudo apresenta-se sob risco ecológico moderado para o corpo hídrico. A área controle (resultados não mostrados) apresenta-se sob baixo risco ecológico potencial, sendo o incremento de risco calculado para a área experimental em torno de 2,5 vezes.

Os critérios de qualidade de águas para diversos elementos químicos, derivados através do método de avaliação de risco ao meio ambiente aquático são apresentados na Tabela 7. Pode-se observar que o Cd e o Hg são os metais mais tóxicos aos organismos aquáticos, sendo seus níveis de contaminação aceitáveis, de uma a três ordens de grandeza mais restritivos que os demais metais analisados.

**Tabela 7**  
TABELA DE CRITÉRIOS NUMÉRICOS (MG/L) DE QUALIDADE DE ÁGUAS FLUVIAIS PARA A PROTEÇÃO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, DERIVADOS PELA EPA A PARTIR DAS EQUAÇÕES APRESENTADAS NA SEÇÃO 2.

<i>Elementos Químicos</i>	<i>Concentração média de 24h</i>	<i>Concentração Máxima</i>
As		440
Cd	0,0129*	3*
Cr III	44	4.700*
Cr VI	0,29	21
Cu	5,6*	22*
Hg	0,00057	0,017
Pb	0,75*	74*
Se	35	260
Zn	47	180*

\*= critério dependente da dureza da água, como exemplo está colocado o critério considerando a dureza de 50mg/L como CaCO<sub>3</sub>.

Fatores ambientais afetam a captação e, portanto o impacto tóxico do Cd sobre organismos aquáticos. Aumento na dureza da água decresce a captação e o impacto tóxico do Cd. O conteúdo orgânico da água geralmente decresce a captação do Cd por se ligar ao Cd e reduzir sua biodisponibilidade. Entretanto, há evidências de que alguns tipos de matéria orgânica atuem de maneira oposta. O Cd é rapidamente acumulado por muitos organismos aquáticos, particularmente por microorganismos e moluscos, onde o fator de bioconcentração atinge até ordem de grandeza de milhares. Alguns invertebrados do solo

também acumulam Cd. A maioria dos organismos mostram baixos a moderados fatores de bioconcentração de Cd, geralmente inferiores a 10. O Cd tende a permanecer ligado a proteínas de diversos tecidos vivos. Específicas metalotioneínas (proteínas que se ligam a metais pesados) têm sido isoladas de organismos expostos ao Cd. A concentração de Cd é maior nos rins e fígado (ou órgãos equivalentes). A eliminação deste metal ocorre principalmente via rins, embora significativa quantidade deste metal seja eliminado via exoesqueleto em crustáceos. Nas plantas o Cd é concentrado especialmente nas raízes, e em menor extensão, nas folhas. O Zn aumenta a toxicidade do Cd para invertebrados aquáticos. Não há consistente interação entre Cd e Zn em peixes. Águas fluviais contém Cd dissolvido em concentrações entre <1 e 14 ng/L. Em áreas não habitadas, as concentrações de Cd na atmosfera é geralmente menor do que 1 ng/m<sup>3</sup>, e em áreas não poluídas, as concentrações de Cd tem sido reportadas entre 0,2 a 0,4mg/Kg. Entretanto, ocasionalmente são encontrados valores até 160mg/Kg (WHO, 1992b)

Os sais de mercúrio, sobretudo o mercúrio orgânico, são rapidamente absorvidos pelos organismos aquáticos, sendo geralmente, o metilmercúrio mais tóxico a organismos aquáticos e pássaros, do que o mercúrio inorgânico. O peixe retém em seus tecidos principalmente o metilmercúrio em altas concentrações, embora a maioria do mercúrio ambiental ao qual ele está exposto, na água, seja mercúrio inorgânico. As indicações são de que o mercúrio inorgânico é metilado especialmente por via microbiológica. A eliminação do metilmercúrio do peixe é lenta, com o tempo de meia vida na ordem de vários meses a anos), bem como de outros organismos aquáticos. A perda de mercúrio inorgânico é muito mais rápida, sendo que o acúmulo em peixes é predominantemente de metilmercúrio. O peixe acumula metilmercúrio em muitas vezes a concentração do metilmercúrio presente na água em que vive (bioconcentração) ou no alimento que consome. Esta espécie de mercúrio representa até 95% do mercúrio total encontrado em tecidos de peixes (Huckabee, *et al.*, 1979). O mercúrio mesmo em baixas concentrações ambientais representa perigo aos microorganismos. Para os organismos aquáticos, o metilmercúrio é considerado mais tóxico do que as formas inorgânicas. A toxicidade do mercúrio a organismos aquáticos é afetada pela temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e dureza da água, embora tais parâmetros não estejam indicados na formulação para derivação de critério numérico de qualidade de águas para o mercúrio, pelo método da avaliação de risco ecológico (Federal Register, 1980). A reprodução de peixes parece ser afetada adversamente pelo mercúrio. As plantas são geralmente insensíveis aos efeitos tóxicos dos compostos de mercúrio (WHO, 1989).

Do ponto de vista da saúde pública pode-se considerar as seguintes categorias de impactos ambientais (Giroult, 1988):

Prioridade 1: impactos que afetam a saúde humana ou a segurança.

Prioridade 2: impactos que prejudicam economicamente os recursos naturais disponíveis (incluindo ar, água, solos, floresta, peixes, construções civis, etc.).

Prioridade 3: impactos que podem prejudicar outros valores ecológicos e culturais (espécies ameaçadas, locais arqueológicos, monumentos históricos, paisagismo, etc.).

Então, empregando o método de avaliação de risco à saúde humana e ao meio ambiente para avaliar a contaminação ambiental por metais pesados em corpos hídricos, na região carbonífera do RS e os potenciais efeitos adversos à saúde humana e ao meio

ambiente, podemos concluir pela necessidade de se detalhar estudos relativos a Cd e Hg, priorizando a determinação da exposição especialmente via ingestão de alimentos, sobretudo peixes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRON, M. G. Bioconcentration. Will water-borne organic chemicals accumulate in aquatic animals? *Environ. Sci. Technol.*, v.24, n.11, p.1612-1618, 1990.
- BARTELL, S. M., GARDNER, R. H.; O'NEILL, R. V. *Ecological risk estimation*. Chelsea, USA: Lewis Publishers, 1992. 252p. Series Editor Edward J. Calabrese.
- BIDONE, E.D. Incorporação das externalidades ambientais geradas pela poluição em análises econômicas do tipo benefício-custo (B&C). Estudo de caso: contaminação de águas fluviais. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 6. Salvador, BA, out. 1997.
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; DE SOUZA, T. M. C.; LACERDA, L. D. Fish contamination and human exposure to mercury in the Tapajós river basin, Pará State, Amazon, Brazil. A screening approach. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v.59, n.2, Aug 1997b.
- BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; SANTOS, T. J. S. S.; SOUZA, T. M.; LACERDA, L. D. Fish contamination and human exposure to mercury in Tartarugalzinho River, Amapa State, Northern Amazon, Brazil. *Water, Air and Soil Pollution*, n.97, p.9-15, 1997c.
- CHANG, L. W. Neurotoxic effects of mercury - a review. *Environ. Res.* n.14, p.329, 1977.
- CONAMA. Resolução n.20. *Diário Oficial*, 1986.
- CPEHS. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. *Guías para evaluar riesgos para la salud por mezclas químicas - EPA: Registro Federal Parte IV (1988)*. Metepec, Mexico, 1988.
- FEDERAL Register, v.45; n.231, 1980
- GIROULT, E. *Why and how to strengthen human health considerations in environmental impact assessment*. Presented at 9th International Seminar on Environmental Impact Assessment, organized by Centre for Environmental Management and Planning, 1988. 20p.
- HAKANSON, L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, n.14, p.975-1001, 1980.
- HAKANSON, L. Aquatic contamination and ecological risk. *Water Res.*, v.1818, n.9, p.1107-1118, 1984.
- HATJE, V.; BIDONE, E.D.; MADDOCK, J. L. *Estimation of the natural and anthropogenic components of heavy metal fluxes in fresh water*. Sinos river, Rio Grande do Sul State, South Brazil. 1997. (Submetido à Environmental Technology)
- HAYGARTH, P. M.; JONES, K. C. Atmospheric deposition of metals to agricultural surfaces In: BIOGEOCHEMISTRY OF TRACE METALS (Adriano, D.C. ed.) Lewis Publishers, p.249-275, 1992.
- HETTIGE, H.; MARTIN, P.; SINGH, M.; WHEELER, D. *The industrial pollution projection system*. The World Bank, Policy Research Department, Environment, Infrastructure, and Agriculture Division. 77p.
- HUCKABEE J. W.; ELWOOD J. W.; HILDEBRAND, S. G. Accumulation of mercury in freshwater biota. In: NIAGRU, J. O. (Ed). *The biochemistry of mercury in the environment*. Amsterdam: Elsevier North Holland, 1979. p.277-302
- IAEA. International Atomic Energy Agency. The application of the principles for limiting releases of radioactive effluents in the case of the mining and milling of radioactives ores. *Safety Series*, n.90, 1989. 75p.

- KLAASSEN, C. D. Heavy metals and heavy metals antagonists. In: GOODMAN & GILMAN'S. The pharmacological basis of therapeutics. GILMAN, A.G., GOODMAN, L.S., RALL, T.W.; MURAD, F. p.1605-1627. Macmillan Publishing Company, 1997.
- KLAASSEN, C. D.; JIE, L. Role of metallothionein in cadmium-induced hepatotoxicity and nephrotoxicity. *Drug Metabolism Reviews* (Frederick J. Di Carlo, editor), v.29, n1/2), p.79-109, 1997.
- KOCHER, D. C.; HOFFMAN, F. O. Regulating environmental carcinogens: where do we draw line? *Environ. Sci. Technol.*, v.25, n.12, p.1987-1989, 1991.
- LACERDA et al. Heavy metals atmospheric inputs from energy generation in Brazil. *Heavy Metals in the Environment* (R-D. Wilken, U. Förstner, A. Knöchel, editors), v.1, p.81-83, 1995.
- LAYBAUER, L.; BIDONE, E. D. Mass balance estimation of natural and anthropogenic heavy metal fluxes in streams near Camaquã Copper Mines, Rio Grande do Sul State, southern Brazil. *Environmental Geochemistry in the Tropics* (Wasserman, J. C.; Silva-Filho, E. V.; Villas-Boas, R., editores), Lecture Notes in Earth Science Series, Springer-Verlag, Berlin, p.105-120, 1997. 249p. (No prelo.)
- LESSLER, M.A. Lead and lead poisoning from antiquity to modern times. *Ohio J. Sci.*, v. 88, n.3, p.78-84, 1988
- LOURIA D. B. Trace metal poisoning In: WYNGAARDEN, J. B.; SMITH JR, L.H.; BENNET, J. C. (Ed.) *Cecil textbook of medicine*. 19.ed Philadelphia: Saunders, v.2, 1992. 2380p.
- NIAGRU, J. O.; Pacyna, J. M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, v.333, n.6169, p.134-139, 1988.
- TRAVASSOS, M. P.; BIDONE, E. D. Avaliação da contaminação por metais pesados na Bacia do Rio Cai-RS através de uma análise dinâmica. *Desenvolvimento Sustentável dos Recursos Hídricos*. Associação Brasileira dos Recursos Hídricos, n.3, p.205-11, 1995. Publ. n.1.
- US EPA. United States Environmental Protection Agency. *Risk assessment guidance for superfund*. v.1: Human health evaluation manual. 1989a.
- US EPA. United States Environmental Protection Agency. *Risk assessment guidance for superfund*. v.2: Environmental evaluation manual, 1989b.
- SÁNCHEZ, J. C. D.; FORMOSO, M. L. L. *Utilização do carvão e meio ambiente*. Porto Alegre: CIEN-TEC, 1991. Boletim Técnico n.20, 34p.
- WHO:1989. Environmental Health Criteria 86. Mercury-environmental aspects. Geneva: World Health Organization, 114p.
- WHO:1990. Environmental Health Criteria 101. Methylmercury. Geneva: World Health Organization, 144p.
- WHO:1991. Environmental Health Criteria 118. Inorganic mercury. Geneva: World Health Organization, 166p.
- WHO:1992a. Environmental Health Criteria 134. Cadmium. Geneva: World Health Organization, 280p.
- WHO:1992b. Environmental Health Criteria 135. Cd-environmental aspects. Geneva: World Health Organization, 156p.
- ZAPPONI, G. Methods for the component of industrial development projects. INTERNATIONAL SEMINAR ON ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT, 9. Centre for Environmental Management and Planning, 1988. 19p.

# MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS: O ESTUDO DE CASO DO PROJETO PADCT/CIAMB

Jugurta Lisboa Filho  
Cirano Lochpe  
Heinrich Hasenack  
Eliseu José Weber

## INTRODUÇÃO

Projetar o banco de dados é uma das tarefas mais importantes no desenvolvimento de um sistema de informação. O projeto do banco de dados requer o uso de diferentes instrumentos, uma vez que as atividades necessárias a sua elaboração variam de acordo com a complexidade do sistema, com o tipo de pessoal envolvido, o sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) utilizado, etc. Desta forma, o desenvolvimento de sistemas de banco de dados deve estar baseado em uma metodologia eficaz, a partir da qual são empregados instrumentos específicos de apoio às diferentes etapas do projeto.

A abordagem clássica de projeto de banco de dados consiste em dividir o processo em três etapas: *projeto conceitual*, *projeto lógico*, e *projeto físico* (Elmasri e Navathe, 1994). Na fase do projeto conceitual é elaborado o esquema conceitual do banco de dados, com base em modelos de dados que fornecem construtores de abstração de alto nível para descrever os requisitos de dados da aplicação. Para facilitar a comunicação entre usuários e projetistas são utilizadas linguagens bastante simples, como o modelo E-R (Chen, 1976). No projeto conceitual não são considerados aspectos sobre o sistema de computação (*software/hardware*) utilizado.

Na fase de projeto lógico é elaborado o esquema lógico do banco de dados com base no modelo de SGBD que será utilizado. O esquema lógico é gerado, aplicando-se regras de transformação (mapeamento) dos construtores utilizados no esquema conceitual em elementos de representação de dados de um dos modelos de banco de

dados implementados pelos SGBD disponíveis no mercado (ex.: relacional, hierárquico, objeto-relacional).

No projeto físico, define-se os aspectos de implementação física do banco de dados como, por exemplo, estruturas de armazenamento, caminhos de acesso, particionamento e agrupamento de dados. Estes fatores estão, diretamente, relacionados a um SGBD específico e permitem, ao projetista, planejar aspectos ligados à eficiência do sistema de banco de dados.

Este capítulo enfoca o processo de elaboração do esquema conceitual de dados do Projeto Energia e Meio Ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul (PADCT/CIAMB).

O sistema de informação geográfica do Projeto PADCT/CIAMB foi desenvolvido para servir de apoio aos diversos sub-projetos realizados. Estes sub-projetos foram executados por um grupo diversificado de profissionais e não houve a análise inicial dos requisitos do sistema. A modelagem conceitual do Projeto PADCT/CIAMB foi realizada posteriormente ao desenvolvimento do mesmo em um processo conhecido como engenharia reversa. Desta forma, a elaboração do esquema conceitual teve como objetivo servir de instrumento para a integração e a documentação dos dados produzidos durante a execução dos diversos sub-projetos.

## MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Um modelo de dados fornece uma base formal (notacional e semântica) para ferramentas e técnicas usadas para suportar a modelagem de dados. Modelagem de dados é o processo de abstração onde somente os elementos essenciais da realidade observada são enfatizados, descartando-se os elementos não essenciais. O processo de modelagem conceitual de banco de dados compreende a descrição e definição dos possíveis conteúdos dos dados, além de estruturas e de regras a eles aplicáveis (Figura 1).

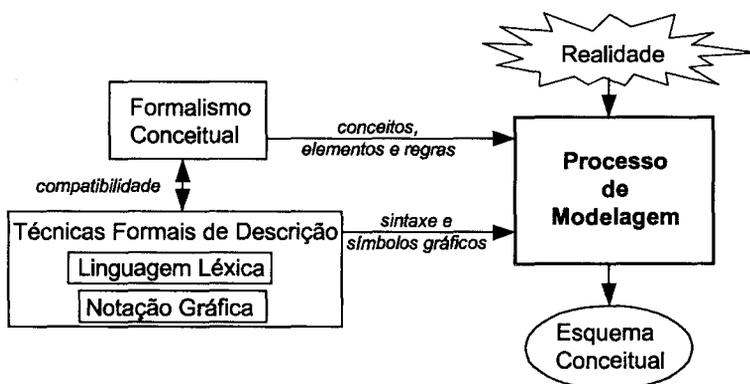


Figura 1 - Processo de modelagem conceitual

A modelagem conceitual é sempre feita com base em algum formalismo conceitual (ex.: Entidade-Relacionamento, Orientação a Objetos), independentemente do nível de abstração empregado (CEN, 1996). O resultado do processo de modelagem, denominado esquema conceitual, é apresentado através de uma linguagem formal de descrição que possui uma sintaxe e uma notação gráfica. Para cada formalismo conceitual, existem diversas linguagens de descrição de esquema que são compatíveis com o formalismo.

O formalismo fornece um conjunto de conceitos, elementos e regras que são usados no processo de modelagem da realidade, enquanto que a linguagem de descrição fornece uma gramática para a apresentação do esquema conceitual resultante da modelagem. A linguagem léxica possibilita o processamento computacional do esquema, enquanto a notação gráfica é mais adequada para facilitar o entendimento e a comunicação entre seres humanos (ex.: usuários e projetistas).

Existem diversos modelos conceituais de dados propostos na literatura especificamente para aplicações de sistemas de informação geográfica (SIG) como, por exemplo, Modul-R (Bédard e outros, 1996), GeoOOA (Kösters e outros, 1997), Geo-ER (Hadzilacos e Tryfona, 1997), GMOD (Pires, 1997), Geo-OMT (Borges, 1997) e MADS (Parent e outros, 1998). A maioria deles baseada nos formalismos Entidade-Relacionamento e da Orientação a Objetos. No entanto, os modelos se diferem muito com relação à notação gráfica e quanto à linguagem léxica (quando definida).

A modelagem conceitual apresenta diversas vantagens para a modelagem de aplicações geográficas. Primeiro, por facilitar a execução do projeto lógico, o qual necessita atender as particularidades de um SIG específico. Os usuários podem expressar seus conhecimentos sobre a aplicação usando conceitos que estão mais próximos a eles sem a necessidade de utilizar jargões computacionais. Como a modelagem conceitual independe do *software* no qual o sistema é implementado, o projeto resultante se mantém válido caso ocorram mudanças de tecnologia. Neste caso, apenas a transformação entre os esquemas conceitual e lógico é afetada. No caso da tecnologia de SIG, isso se torna um fator muito importante, uma vez que grandes investimentos são preservados e há uma redução de custos e aumento das chances de sucesso em caso de mudança para tecnologias mais modernas. Por último, a modelagem conceitual facilita a troca de informações entre parceiros de diferentes organizações, uma vez que aumenta a capacidade de entendimento da semântica da informação, facilitando o uso correto da mesma.

## **Modelagem orientada a objetos**

Um banco de dados pode ser visto como um modelo abstrato de uma porção da realidade, uma vez que seus dados representam um subconjunto de elementos pertencentes a esta realidade (Bédard e outros, 1996). Abstrair uma porção da realidade para projetar um banco de dados implica em selecionar os elementos (objetos) da realidade que são significativos (dentro do objetivo pretendido), identificar como eles podem ser estruturados e os relacionamentos entre eles.

O processo de modelagem conceitual é realizado, utilizando-se mecanismos de abstração, ou seja, construtores básicos definidos pelo formalismo. Uma descrição com-

pleta sobre modelagem de objetos pode ser obtida em (Furlan, 1998). Os principais mecanismos de abstração presentes no formalismo da orientação a objetos estão resumidos a seguir.

– *Classificação* - processo de abstração através do qual os objetos que representam elementos semelhantes têm suas propriedades descritas em uma única *classe*. Estas propriedades podem ser estáticas (estruturais) ou dinâmicas (comportamentais). Todo objeto é *instância* de uma classe. Todas as instâncias de uma classe possuem as mesmas propriedades estáticas, definidas como atributos da classe, e as mesmas propriedades dinâmicas, definidas como operações da classe.

– *Generalização e especialização* - classes que descrevem objetos semelhantes podem ser generalizadas em uma nova classe de mais alto nível. *Generalização* é o processo de definir classes mais genéricas a partir de classes com características semelhantes. *Especialização* é o processo inverso no qual classes mais específicas são detalhadas a partir de classes genéricas, adicionando-se novas propriedades na forma de atributos e/ou operações. Este tipo de abstração estabelece uma hierarquia na qual classes especializadas (denominadas subclasses) herdam as propriedades das classes genéricas (denominadas superclasses).

– *Associação* - tipo de abstração através do qual os relacionamentos entre objetos são especificados. A multiplicidade (ou cardinalidade) de uma associação indica quantos objetos podem estar relacionados através dessa associação. Por exemplo, se uma classe *Município* está associada com uma classe *Estado* com multiplicidade (N:1), significa que toda instância de *Município* está associada a, no máximo, uma instância de *Estado* e cada instância de *Estado* pode estar associada a N instâncias de *Município*.

– *Agregação* - tipo especial de associação que descreve relacionamentos do tipo “é parte de”, onde um objeto complexo é definido como uma agregação de suas partes (ou objetos componentes). Uma variação deste tipo de abstração é a *composição*. Um objeto pertencente a um relacionamento do tipo composição só pode pertencer a um único objeto composto e tem sua existência dependente da existência do objeto composto.

Existem diversas linguagens para especificação de diagramas de classes segundo o formalismo da orientação a objetos. Entre as mais conhecidas pode-se citar OOA (Coad e Yourdon, 1991), OMT (Rumbaugh e outros, 1991) e UML (Booch e outros, 1998). Neste trabalho optou-se por utilizar a notação gráfica do diagrama de classes UML - *Unified Modeling Language* (Booch *et al.*, 1998), seguindo a tendência das áreas de Engenharia de Software e Banco de Dados, reforçado pelo surgimento de ferramentas CASE para projeto de aplicações de SIG como, por exemplo, Perceptory (Bédard, 1999) e REGIS (Isoware, 1999).

A Figura 2 apresenta os principais símbolos gráficos utilizados no diagrama de classes UML. Além dos construtores descritos anteriormente, a figura mostra o elemento *pacote*. Um pacote constitui-se de um conjunto de elementos do modelo UML podendo ser de qualquer tipo como, por exemplo, classes, associações e outros pacotes (Booch e outros, 1998). Pacotes são usados para dividir um esquema de classes em sub-esquemas de forma a tornar seu entendimento mais simples.

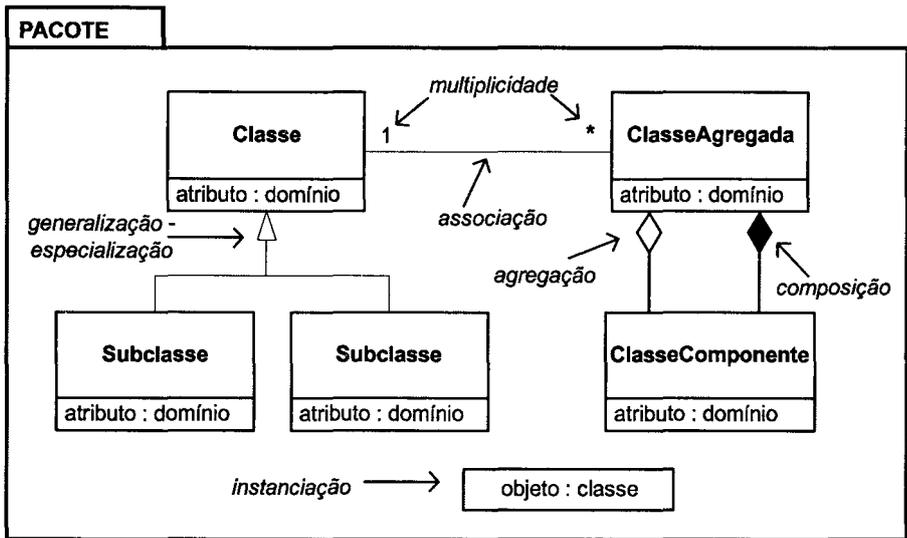


Figura 2 - Notação gráfica do diagrama de classes UML (resumido)

A seguir são descritos os instrumentos de reutilização utilizados no desenvolvimento da modelagem conceitual do Projeto PADCT/CIAMB.

### O framework GeoFrame

GeoFrame é um *framework* conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista tanto na modelagem conceitual de dados geográficos como, também, na especificação de padrões de análise em bancos de dados geográficos (Lisboa Filho e Iochpe, 1999).

Souza (1998) define um *framework* como “um projeto genérico em um domínio que pode ser adaptado a aplicações específicas, servindo como um molde para a construção de aplicações”. Esta definição fornece uma visão bem mais abrangente sobre a potencialidade de um *framework* do que as definições apresentadas por autores mais ligados à programação orientada a objetos. Por exemplo, Johnson (1992) define um *framework* como sendo “um projeto reutilizável de um programa, ou parte de um programa, expresso como um conjunto de classes”. GeoFrame é um *framework* definido sob o enfoque mais genérico, onde o mesmo expressa a idéia de um projeto conceitual parcial para uma família de aplicações.

O GeoFrame foi definido de acordo com as regras do formalismo da orientação a objetos, utilizando a notação gráfica do diagrama de classes da linguagem UML (Booch e outros, 1998). A Figura 3 mostra o diagrama de classes do GeoFrame. A seguir, estas classes são descritas em maior detalhe.

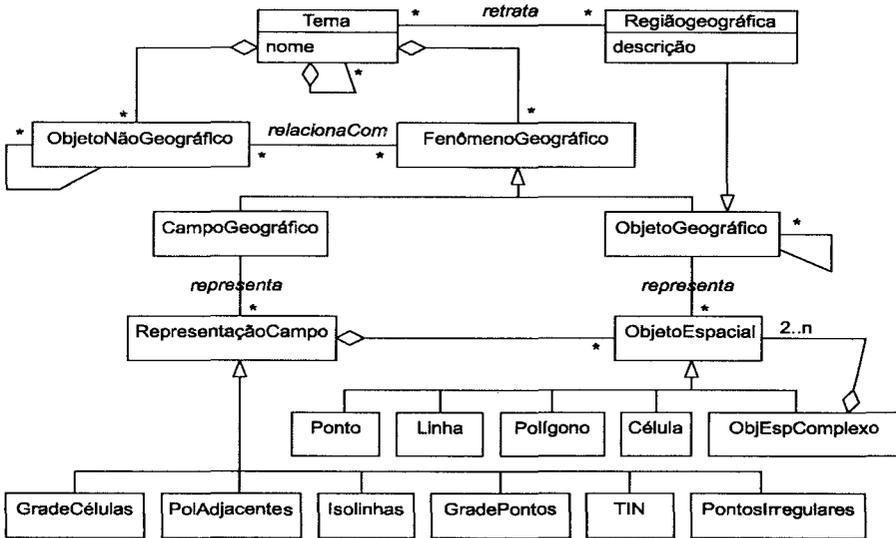


Figura 3 - Diagrama de Classes do GeoFrame

## Tema e RegiãoGeográfica

As classes TEMA e REGIÃO GEOGRÁFICA formam a base de qualquer aplicação geográfica. Cada aplicação geográfica tem como objetivo o gerenciamento e a manipulação de um conjunto de dados para uma determinada região de interesse, constituindo o banco de dados geográfico.

Para cada região geográfica pode-se especificar uma coleção de temas. O agrupamento de classes que descrevem os fenômenos geográficos em temas funciona como um mecanismo para redução da complexidade em grandes esquemas de dados. O uso de temas permite, ao projetista, dividir o esquema de dados em subesquemas coesos, nos quais são agrupadas classes que estão fortemente relacionadas entre si. Conjuntos de temas afins podem ser agrupados em um tema mais genérico, formando uma hierarquia de temas.

## ObjetoNãoGeográfico e FenômenoGeográfico

Em um banco de dados geográficos podem existir, além dos dados referentes a fenômenos georreferenciados, objetos convencionais presentes em qualquer sistema de informação. Objetos que não possuem referência a uma posição geográfica dão origem a subclasses da classe OBJETO NÃO GEOGRÁFICO.

A classe FENÔMENO GEOGRÁFICO generaliza qualquer fenômeno cuja localização em relação à superfície terrestre seja considerada. Por exemplo, um distrito municipal é uma instância de FENÔMENO GEOGRÁFICO, se seus atributos espaciais estiverem representados no banco de dados. Caso contrário, o distrito é definido como um objeto

não geográfico. Fenômenos geográficos e objetos não geográficos estão, muitas vezes, relacionados entre si (associação *relacionaCom* - Figura 3).

### **CampoGeográfico e ObjetoGeográfico**

Fenômenos geográficos são percebidos, na realidade geográfica, segundo as visões dicotômicas de campo e de objeto (Goodchild, 1992). Essas duas visões acarretam diferentes maneiras de modelagem dos fenômenos geográficos. As classes CAMPOGEOGRÁFICO e OBJETO GEOGRÁFICO especializam a classe FENÔMENOGEOGRÁFICO, permitindo ao projetista especificar, de forma distinta porém integrada, os campos e os objetos geográficos respectivamente.

A classe OBJETO GEOGRÁFICO é uma generalização de todas as classes do domínio da aplicação que são percebidas na visão de objetos. Neste caso estão incluídas aquelas classes que representam fenômenos geográficos que podem ser individualizados, ou seja, que possuem identidade própria e suas características podem ser descritas através de atributos (ex.: *Mina, Rio, Rodovia, Município*).

A classe CAMPOGEOGRÁFICO generaliza os fenômenos que se enquadram na visão de campo. Campos geográficos são modelados como funções sobre variáveis. Alguns campos referem-se a variáveis distribuídas sobre a superfície, de forma contínua (ex.: *Altimetria, Temperatura e Cobertura do Solo*), enquanto outros referem-se a variáveis distribuídas de forma discreta (ex.: *População e Ocorrências Epidemiológicas*) (Pires, 1997).

### **ObjetoEspacial**

Em um SIG, a implementação da representação espacial e dos relacionamentos espaciais de um conjunto de objetos geográficos é feita com base em estruturas de dados espaciais. A escolha da melhor estrutura de dados para implementar a representação espacial de cada fenômeno geográfico é uma tarefa posterior ao projeto conceitual, não devendo ser considerada ao longo do mesmo.

Um dos princípios fundamentais da modelagem conceitual é que um esquema conceitual deve conter apenas os elementos do domínio, desconsiderando os aspectos de implementação (Parent e outros, 1998). O objetivo de se incluir, no esquema conceitual, informações sobre objetos espaciais relacionados a fenômenos geográficos é o de permitir a realização da modelagem (abstração) do componente espacial de cada fenômeno.

Portanto, quando se considera pontos, polígonos, isolinhas ou grade de células no GeoFrame, estão sendo tratadas as formas de abstração do componente espacial dos fenômenos geográficos, mas não as formas com que eles serão armazenados no banco de dados, embora na maioria dos SIG atuais existam estruturas de dados muito semelhantes para o armazenamento destes construtores abstratos.

Para efeito de modelagem, o que importa é determinar, por exemplo, se o componente espacial de uma estação meteorológica terá representação pontual ou se um rio terá representação linear. Não é necessário, no entanto, considerar que a representação do rio será armazenada por meio de um arco em uma estrutura vetorial com topologia.

Alguns fenômenos geográficos podem apresentar dimensão espacial complexa, ou seja, composta por outros objetos espaciais (ex.: um arquipélago). A classe OBJETOESPACIAL generaliza as classes necessárias para a especificação da representação do componente espacial dos fenômenos geográficos percebidos na visão de objetos. São elas: PONTO, LINHA, POLÍGONO, CÉLULA e OBJESPACIALCOMPLEXO.

## Representação Campo

Os aspectos espaciais de um campo geográfico são abstraídos de forma diferente dos aspectos espaciais de um objeto geográfico. Chrisman (1997) descreve diversos modelos geográficos através dos quais pode-se abstrair o componente espacial da informação geográfica. Os modelos relacionados por Chrisman, os quais são adequados à modelagem de fenômenos na visão de campo, podem ser resumidos nos seis modelos espaciais descritos por Goodchild (1992). São eles: grade de células; polígonos adjacentes; isolinhas; grade de pontos; rede triangular irregular, e pontos amostrados irregularmente. No GeoFrame, esses seis modelos correspondem às subclasses da classe REPRESENTAÇÃO CAMPO.

Em um SIG, esses modelos serão, posteriormente, implementados através dos modelos de representação matricial e vetorial. Cada um dos seis modelos de representação de campos geográficos pode ser implementado tanto no modelo matricial como no modelo vetorial, embora alguns mapeamentos sejam mais naturais. Por exemplo, um campo geográfico cujo componente tenha sido abstraído por meio de uma grade de pontos é mapeado para o modelo de representação matricial.

Um mesmo campo geográfico pode ter seu componente espacial abstraído de diferentes formas, ou seja, através de mais de um desses modelos. Por exemplo, o campo *Temperatura* pode ser abstraído por meio de um conjunto de pontos irregularmente distribuídos ou por meio de isolinhas. Situação semelhante ocorre com os objetos geográficos cujos componentes espaciais podem ser percebidos ora por formas alternativas (ex.: municípios podem ser representados por pontos ou polígonos), ora por formas duplas (ex.: um mesmo rio pode ter um trecho representado por uma linha e outro trecho representado por um polígono), dependendo de aspectos como a escala com a qual se pretende capturar a forma espacial de cada fenômeno.

## Criando esquemas de dados a partir do GeoFrame

Um esquema conceitual de banco de dados geográficos pode ser elaborado a partir da especialização das classes do GeoFrame. A modelagem conceitual de banco de dados geográficos, usando o GeoFrame, é realizada segundo uma abordagem *top-down* composta de três etapas. Inicialmente são identificados, para cada área geográfica, os diversos temas (e sub-temas) a serem projetados. Na segunda etapa é definido um subesquema de classes para cada tema identificado. Ainda nessa etapa, é feita a especificação das associações entre classes de diferentes temas. Por último, é realizada a análise e modelagem do tipo de representação espacial de cada fenômeno geográfico identificado. A seguir, cada uma dessas fases é descrita. Ao longo desta descrição serão introduzidos alguns mecanismos de simplificação de esquemas do GeoFrame.

## Diagrama de temas

Conforme mostrado na Figura 3, cada região geográfica é retratada por zero ou mais temas. No entanto, um mesmo tema também pode estar associado a mais de uma região geográfica. Um tema é especificado como uma agregação de classes de fenômenos geográficos, de objetos não geográficos e de outros temas mais específicos.

Para aumentar a legibilidade do esquema resultante, os temas definidos pelo projetista não são modelados como subclasses da classe TEMA, mas através do construtor *Pacote*, da linguagem UML.

## Especificando fenômenos geográficos e objetos não-geográficos

Na abordagem orientada a objetos, um esquema de banco de dados geográficos é representado pelo diagrama de classes que descrevem os fenômenos geográficos, os objetos não-geográficos e os possíveis relacionamentos entre eles.

Cada classe identificada no domínio da aplicação deve ser modelada como subclasse de uma das seguintes classes do GeoFrame: OBJETO NÃO GEOGRÁFICO; CAMPO GEOGRÁFICO; ou OBJETO GEOGRÁFICO.

Para evitar a sobrecarga visual do diagrama devido ao grande número de ligações, é utilizado um mecanismo de simplificação de esquemas denominado *estereótipo*. Um estereótipo estende o vocabulário UML permitindo ao projetista criar novos tipos de construtores que podem ser empregados como qualquer outro elemento da linguagem (Booch *et al.*, 1998). Para substituir os relacionamentos de generalização entre as classes do domínio e as classes do GeoFrame, são utilizados três estereótipos (Figura 4).

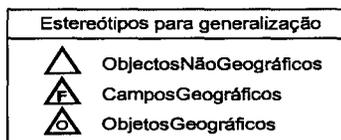


Figura 4 - Estereótipos para generalização

## Especificando o componente espacial dos fenômenos geográficos

No GeoFrame todo campo e objeto geográfico pode ser representado por múltiplas instâncias das classes REPRESENTAÇÃO CAMPO e OBJETO ESPACIAL respectivamente. Um fenômeno geográfico pode ter múltiplas representações por vários motivos. Dentre eles, pode-se citar a necessidade de múltiplas escalas, usuários com diferentes visões de um mesmo fenômeno e versões temporais.

A possibilidade de se ter múltiplas representações para um mesmo fenômeno geográfico é modelada através de diferentes associações entre o fenômeno geográfico e as possíveis formas de abstração de seu componente espacial (associação *representa* na Figura 3). No GeoFrame estas variações podem ser especificadas através da combinação livre de diferentes estereótipos em uma mesma classe com documentação adicional no dicionário de dados.

Um segundo conjunto de estereótipos (Figura 5) é usado para substituir as associações que resultam da modelagem do componente espacial dos fenômenos geográficos. A semântica de cada estereótipo, neste caso, é a substituição de uma associação entre o fenômeno geográfico e sua representação espacial, além da indicação da forma geométrica de tal representação.

ObjetoEspacial	RepresentaçãoCampo	
 Ponto	 GradeCélulas	 GradePontos
 Linha	 PolAdjacentes	 TIN
 Polígono	 Isolinhas	 PontosIrregulares
 ObjComplexo		

Figura 5 - Estereótipos para associação

## Padrões de análise

O segundo instrumento de reutilização empregado na modelagem do Projeto PADCT/CIAMB é o padrão de análise. Normalmente, durante a fase de modelagem conceitual de dados de aplicações geográficas, um grande número de fenômenos geográficos (e de relacionamentos entre eles) é identificado. Segundo Gordillo e Balguer (1998), um projetista experiente desenvolve seus modelos a partir do conhecimento prévio de um conjunto de entidades interrelacionadas, ao invés de sempre partir da estaca zero. Estes projetistas reutilizam parte de trabalhos desenvolvidos anteriormente para resolver novos problemas similares. No entanto, projetistas menos experientes não podem reutilizar soluções já validadas pois, normalmente, a documentação dos sistemas ou não existe, ou é insuficiente.

Conceitos como *frameworks* e padrões (do inglês *patterns*) estão se tornando, cada vez mais, importantes instrumentos no desenvolvimento de sistemas orientados a objetos. Segundo Buschmann (1996), existem três categorias de padrões: *padrões de arquitetura*, *padrões de projeto*, e *idiomas*. As duas primeiras categorias incluem os padrões relacionados com a fase de projeto do sistema, mas são aplicadas em problemas de diferentes escalas. Os padrões de projeto são mais abstratos (e menores) do que os padrões de arquitetura, enquanto que idiomas são usados em nível de linguagens de programação.

Uma quarta categoria de padrões, introduzida por Fowler (1997), inclui os *padrões de análise*. Estes padrões são usados para descrever soluções empregadas durante as fases de análise de requisitos e modelagem conceitual dos dados. Padrões de análise refletem estruturas conceituais do domínio da aplicação e não soluções computacionais. Fowler define um padrão de análise como *uma idéia que se provou útil em um contexto prático e que, provavelmente, será útil em outras situações similares*.

O emprego de padrões de análise no projeto de aplicações geográficas facilita a modelagem dessas aplicações devido à grande interseção entre conjuntos de fenômenos geográficos que interessam às aplicações de um mesmo domínio (Lisboa Filho e outros, 1998). Por exemplo, aplicações na área de controle ambiental, como é o caso do

Projeto PADCT/CIAMB, manipulam fenômenos geográficos pertencentes a temas comuns da área (ex.: hidrografia, clima, vegetação). Embora existam diferenças, principalmente em relação aos atributos modelados, pois dependem do enfoque definido pelo usuário, o conjunto de classes e seus relacionamentos quase sempre é o mesmo dentro de um tema específico.

A modelagem conceitual de dados do Projeto PADCT/CIAMB baseou-se em padrões de análise identificados durante o desenvolvimento de outras aplicações geográficas na área de controle ambiental (Lisboa Filho e Iochpe, 1996 e Lisboa Filho e outros, 1997). Além disso, possibilitou a identificação de novos candidatos a padrões de análise.

## **MODELAGEM CONCEITUAL DE DADOS DO PROJETO PADCT/CIAMB**

### **Descrição do Projeto**

O projeto Energia e Meio Ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul (PADCT/CIAMB) é um trabalho que envolveu inúmeras equipes de pesquisadores e estudantes de diferentes unidades da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 1997). O objetivo foi o exercício de um trabalho interdisciplinar tendo como tema o estudo de uma região tradicionalmente produtora e consumidora de carvão, produto de potencial econômico limitado e grande potencial poluidor. O carvão já vem sendo explorado na região do baixo Jacuí (Figura 6) desde a segunda metade do século passado em minas subterrâneas e há algumas décadas também a céu aberto. O comprometimento ambiental da extração e uso é bastante conhecido, embora estudado sempre parcialmente.

Para possibilitar a realização de uma análise multidisciplinar e integrativa, buscou-se investigar os aspectos socioeconômicos e ambientais de modo a realizar um diagnóstico do potencial econômico regional e dos meios de recuperação ambiental de áreas degradadas em função da exploração ou da deposição dos rejeitos. Também a busca de alternativas tecnológicas para recuperação de áreas, para uma exploração mais racional bem como o encaminhamento político e jurídico de questões ligadas ao acompanhamento da exploração e a conscientização da população sobre as vantagens e as limitações da exploração carbonífera (efeitos na economia e na saúde pública) foram alvo do projeto.

Esta gama variada de objetivos, ora de abrangência regional ora local, gerou um conjunto de dados amplo e complexo, devido à natureza e abrangência temporal e espacial dos dados gerados. Estes dados estão distribuídos em diversos meios digitais (SIG) e analógicos (relatórios técnicos). A integração dos diversos grupos de pesquisadores passa necessariamente pelo intercâmbio de dados, tanto para verificação quanto para a geração de novos dados derivados.

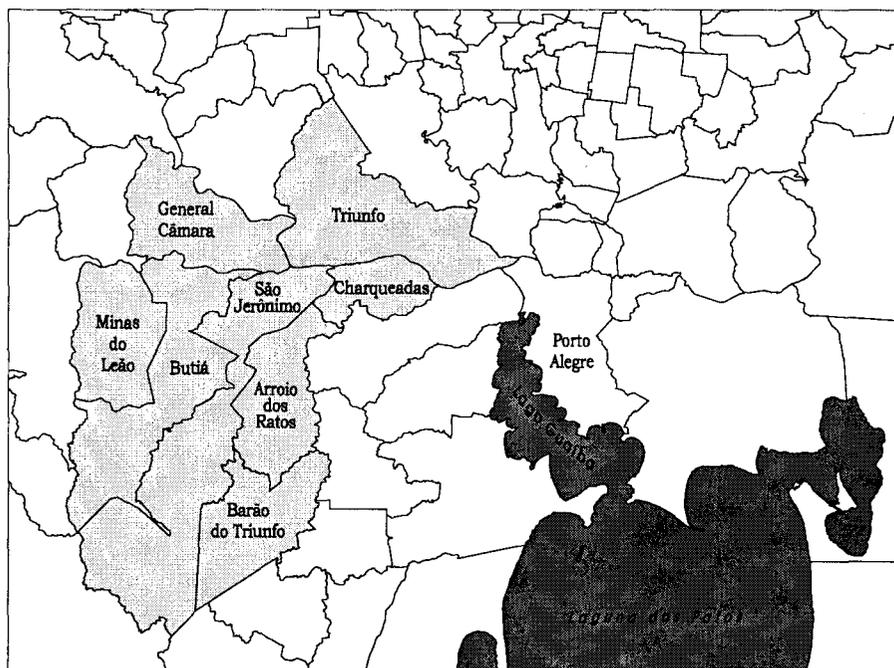


Figura 6 - Região Carbonífera do RS, Micro-região São Jerônimo

### Esquema conceitual de dados do Projeto PADCT/CIAMB

A metodologia empregada na modelagem conceitual dos dados do Projeto PADCT/CIAMB seguiu uma abordagem inversa a que ocorre na maioria dos sistemas. Utilizando-se técnicas da engenharia reversa (Heuser, 1998), partiu-se de uma análise dos dados existentes no SIG do projeto, bem como de análise em outras fontes como relatórios e entrevistas com executores do projeto, para gerar o esquema conceitual, tendo como base o GeoFrame e padrões de análise existentes.

Inicialmente, identificou-se os diversos temas para os quais existe algum tipo de dado. Tais temas, denominados de sub-temas, foram agrupados em dois temas mais genéricos: *Meio\_Antropico* e *Meio\_Biótico\_e\_Abiótico* (Figura 7). De acordo com o GeoFrame, os temas retratam uma região geográfica. A região geográfica em questão é a região carbonífera do baixo Jacuí, representada como uma instância da classe REGIÃOGEGRÁFICA.

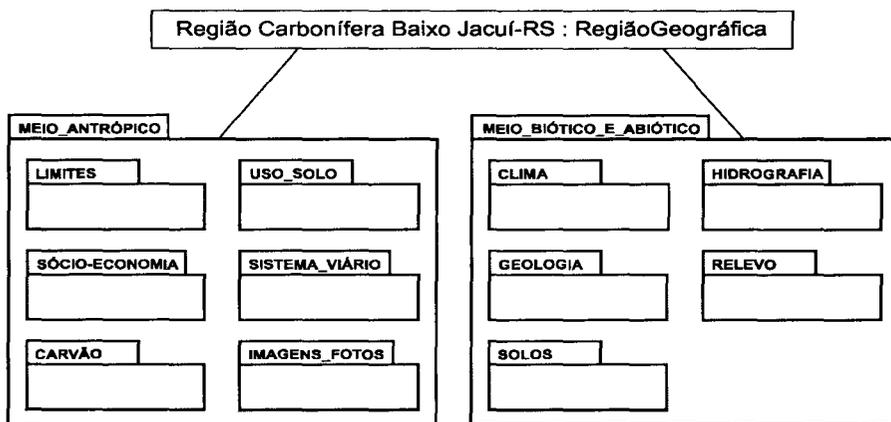


Figura 7 - Diagrama de temas

As Figuras 8 e 9 apresentam, respectivamente, o detalhamento (diagramas de classes) dos diversos sub-temas dos temas *Meio Antrópico* e *Meio Biótico e Abiótico*. A seguir é apresentada uma descrição sucinta das principais classes identificadas em cada tema.

### Tema Meio Antrópico

O tema *Meio Antrópico* (Figura 8) agrega seis sub-temas: *Socioeconomia*, *Uso\_Solo*, *Limites*, *Ativ\_Carbonífera*, *Sistema\_Viário*, e *Imagens\_Fotos*.

O sub-tema *Limites* engloba as classes daqueles fenômenos geográficos que são utilizados como unidades espaciais. A classe *Município*, subclasse de OBJETO GEOGRÁFICO, é a principal unidade de mapeamento do projeto, cujos dados foram obtidos a partir de mapas analógicos em escala 1:50.000. Todos os municípios cadastrados fazem parte da única micro-região do projeto, a micro região de São Jerônimo. Um município possui diversos distritos (sem representação espacial), sendo que um deles, o distrito sede do município, possui representação espacial pontual. Dados de vários censos demográficos foram levantados junto ao IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Neves e Chaves, 1997). Para cada ano do censo demográfico existe uma divisão de setores censitários, modelados no classe *Setor\_Censitário*, subclasse de OBJ GEOGRÁFICO com representação espacial do tipo polígono. A classe *Censo*, subclasse de OBJ NÃO GEOGRÁFICO contém, para cada ano do censo, os dados sobre população rural e urbana.

O sub-tema *Socioeconomia* agrupa, apenas, dados descritivos modelados como subclasses de OBJETO NÃO GEOGRÁFICO. Todos eles estão associados à classe *Município*. Exemplos de tipos de atividade econômica incluem indústria geral, agricultura, extração mineral e comércio. Informações sobre número de empregados estão separadas por gênero industrial como, por exemplo, extração de minerais, metalurgia, madeira, química e têxtil (Souza e Bittencourt, 1997). Para cada município, também é mantido o valor do produto interno bruto (PIB) anual.

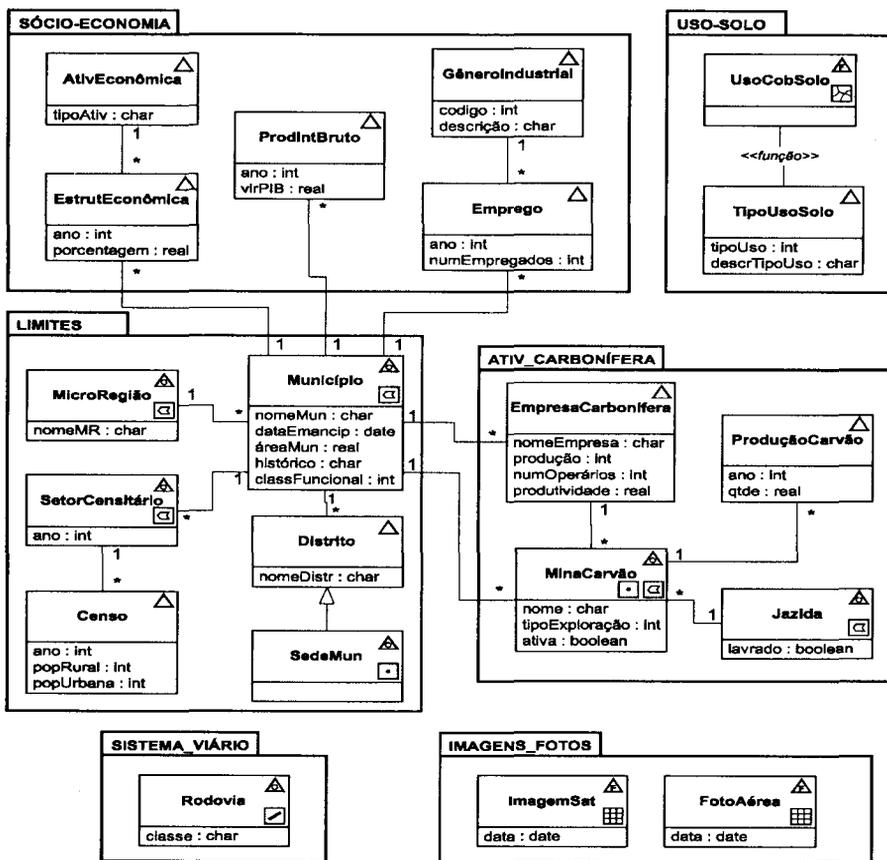


Figura 8 - Tema Meio Antrópico

O sub-tema *Uso-Solo* foi modelado com base no padrão de análise *Campo Geográfico Categórico* (Lisboa Filho, 1997). A classe *UsoCobSolo*, subclasse de *CAMPOGEOGRÁFICO* tem seu componente espacial abstraído como polígonos adjacentes. Os tipos de uso identificados são modelados na classe *TipoUsoSolo*, subclasse de *OBJNÃOGEOGRÁFICO*. A associação entre as classes *UsoCobSolo* e *TipoUsoSolo* é uma associação do tipo estereótipo, representada pela expressão <<função>>. O estereótipo, neste caso, foi usado para reforçar a idéia de que esta associação é uma função do espaço (região sobre a qual ocorre o campo *Uso e Cobertura do Solo*) em um domínio (*Tipos de Uso do Solo*), mas não uma simples associação entre duas instâncias de objetos.

Por último, os sub-temas *Sistema\_Viário* e *Imagens\_Fotos* são temas básicos, cujas informações são utilizadas para gerar outras informações. Por exemplo, imagens Landsat foram utilizadas para confecção do mapa de uso e cobertura do solo, enquanto fotos aéreas foram usadas na confecção do mapa de solos. As rodovias não estão individualizadas, estando apenas classificadas como principal, secundária e caminho.

## Tema Meio\_Biótico\_e\_Abiótico

O tema *Meio\_Biótico\_e\_Abiótico* (Figura 9) agrega cinco sub-temas: *Hidrografia*, *Clima*, *Solos*, *Geologia*, e *Relevo*.

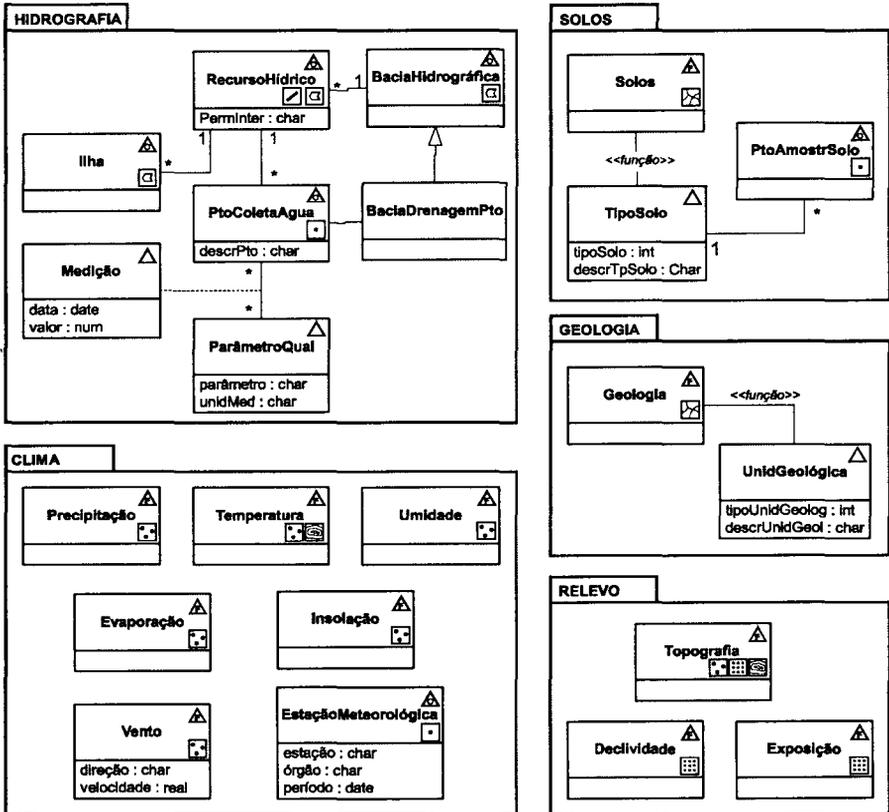


Figura 9 - Tema Meio Biótico e Abiótico

O sub-tema *Hidrografia* engloba classes como *RecursoHídrico*, que tem como principal instância o rio Jacuí em sua parte mais próxima da foz no lago do Guaíba. Os recursos hídricos estão classificados apenas como permanentes ou intermitentes. O rio Jacuí possui representação espacial poligonal, enquanto os demais rios da região estão representados de forma linear. Existem diversos pontos de coleta de amostragem de água, para os quais foram realizadas análises envolvendo diversos parâmetros (Almada e Würdig, 1997). Além das bacias hidrográficas dos principais afluentes do rio Jacuí, foram definidas bacias de drenagem para alguns pontos de amostragem. Devido à herança de propriedades na especialização, a classe *BaciaDrenagemPto* é uma subclasse de *OBJGEOGRÁFICO* com representação espacial do tipo polígono. A existência de algumas peque-

nas ilhas originou a classe *Ilha*, para a qual existe apenas representação espacial. A modelagem do sub-tema *Hidrografia* foi realizada com base nos padrões de análise *Hidrografia* e *Parâmetros de Qualidade Ambiental*, definidos em (Lisboa Filho e Iochpe, 1997).

O sub-tema *Clima* foi especificado com base no padrão de análise *Campo Geográfico Numérico* (Lisboa Filho e Iochpe, 1997). Com base em informações coletadas em uma série de estações meteorológicas, cuja classe é subclasse de *Objeto Geográfico* (com representação pontual), várias variáveis contínuas foram medidas, as quais deram origem aos seguintes campos geográficos: *Precipitação*, *Temperatura*, *Umidade*, *Vento*, *Evaporação* e *Insolação* (Ferraro e Hasenack, 1997).

O sub-tema *Relevo* engloba três classes: *Topografia*, *Declividade*, e *Exposição*. A classe *Topografia* foi modelada com três formas espaciais, ou seja, três formas distintas de abstração de seu componente espacial: *Pontos Irregulares* (pontos contados); *Isolinhas* (curvas de nível); e *GradePontos* (modelo numérico de terreno - MNT). As classes *Declividade* e *Exposição* são derivadas do modelo numérico de terreno, mantendo o mesmo tipo de componente espacial, ou seja, *GradePontos*.

Como o sub-tema *Uso\_Solo* (Figura 8), os sub-temas *Solos* e *Geologia* foram modelados com base no padrão de análise *Campo Geográfico Categórico* (Lisboa Filho e Iochpe, 1997). O sub-tema *Solos* possui ainda a classe *Pto.AmostrSolo*, cujas instâncias indicam a localização dos pontos de coleta para os quais existem uma série de dados referentes às análises de solos realizadas com as amostras de solos coletadas nestes pontos (Schneider *et al.*, 1997).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto conceitual de banco de dados, embora seja uma etapa a ser realizada no início do ciclo de vida do desenvolvimento de sistemas, mostrou-se útil mesmo sendo realizado após a existência do sistema. Isto porque o esquema conceitual do banco de dados do Projeto PADCT/CIAMB possibilita ao usuário obter uma visão global dos dados produzidos durante o desenvolvimento do projeto.

Embora as metodologias de desenvolvimento de *software* incluam uma etapa inicial de projeto conceitual, o desenvolvimento de aplicações apoiadas em SIG tem sido realizado, muitas vezes, de forma incremental e diretamente no *software* de SIG. A consequência disso é que, com frequência, ocorrem problemas que poderiam ter sido evitados através da modelagem conceitual (ex.: redundância de dados e ausência de relacionamentos importantes).

Durante a elaboração do esquema conceitual do Projeto PADCT/CIAMB, alguns conjuntos de dados redundantes foram identificados (ex.: dados sobre senso demográfico obtidos de diferentes fontes e estruturados de forma distinta e não relacionada). Também foram identificados alguns dados muito específicos a um determinado sub-projeto, que não foram incorporados ao esquema, uma vez que esses dados permanecerão apenas registrados nos relatórios dos sub-projetos e não farão parte do banco de dados digital (ex.: dados sobre índices de contaminação do sangue humano através de resíduos de carvão).

A elaboração do esquema conceitual com base no GeoFrame apresenta algumas vantagens importantes. Dentre as quais, pode-se citar:

– o esquema de dados final torna-se bastante claro, uma vez que apenas os elementos essenciais da aplicação são modelados;

– o uso de estereótipos permite, sem sobrecarregar visualmente o esquema, a fácil diferenciação entre os objetos não geográficos e os fenômenos geográficos (campos e objetos);

– a divisão do diagrama de classes em temas, especificado através de pacotes, torna o esquema fácil de ser lido, uma vez que a atenção do leitor pode se ater a apenas uma pequena parte do esquema por vez;

– devido ao alto nível de acoplamento entre as classes dentro de um mesmo tema, o número de associações entre classes de diferentes temas fica reduzido, contribuindo para a clareza do esquema.

A ocorrência de um mesmo tema em diversas aplicações de SIG possibilita ao projetista identificar padrões de análise a serem reutilizados durante a modelagem de uma nova aplicação. O uso dos padrões de análise *Parâmetros de Qualidade Ambiental*, *Campo Geográfico Categórico*, *Campo Geográfico Numérico* e *Hidrografia* reduziu o tempo gasto no projeto e a possibilidade de erros de modelagem, uma vez que esses padrões já foram testados anteriormente em outros sistemas (Lisboa Filho e Iochpe, 1996 e Lisboa Filho e outros, 1997). Um novo sub-esquema candidato a padrão de análise diz respeito ao tema *Limites*, cujas classes (ex.: *Município*, *Distrito*) parecem ser recorrentes em outras aplicações de SIG.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMADA, C. M. W.; WÜRDIG, N. L. Avaliação da fauna bentônica em ambiente aquático da região carbonífera. In: *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Sedimentologia. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS. Relatório final Projeto PADCT-CIAMB, 1997. v.5
- BÉDARD, Y.; CARON, C.; MAAMAR, Z.; MOULIN, B.; VALLIÈRE, D. Adapting data models for the design of spatio-temporal databases. *Computer, Environment, and Urban Systems*, v.20, n.1, 1996.
- BÉDARD, Y. Visual modeling of spatial databases: towards spatial PVL and UML. *Geomatica*, June, 1999.
- BOOCH, G.; JACOBSON, I.; RUMBAUGH, J. *The unified modeling language user guide*. Addison-Wesley, 1998)
- BORGES, K. A. V. *Modelagem de dados geográficos: uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas*. Belo Horizonte, 199. Dissertação de Mestrado - Fundação João Pinheiro.
- BUSCHMANN, F.; MEUNIER, R.; ROHNERT, H.; SOMMERLAD, P.; STAL, M. *Pattern-oriented software architecture: a system of patterns*. New York: John Wiley, 1996.
- CHRISMAN, N. *Exploring geographic information systems*. New York: John Wiley, 1997.
- COAD, P.; YOURDON, E. *Object-oriented analysis*. 2.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- CEN. European committee for Standardization. *Geographic information – data description – conceptual schema language*. Brussels: CEN, 1996. (Report CR 287005.)

- CHEN, P. P. S. The entity-relationship model: towards a unified view of data. *ACM Trans. Database System*, New York, n.1, 1976.
- ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. *Fundamentals of database systems*. 2.ed. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1994.
- FERRARO, L. W.; HASENACK, H. Avaliação das variáveis climáticas de superfície do baixo Jacuí, RS. In: *Energia e Meio Ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Clima e recursos hídricos, v.4. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS. 1997. Relatório final Projeto PADCT-CIAMB.
- FOWLER, M. *Analysis patterns: reusable object models*. Menlo Park, CA: Addison Wesley Longman, 1997..
- FURLAN, J. D. *Modelagem de objetos através da UML: the unified modeling language*. São Paulo: Makron Books, 1998.
- GOODCHILD, M. F. Geographical data modeling. *Computers & Geosciences*, London, v.18, n.4, 1992.
- GORDILLO, S.; BALAGUER, F. Refining an object-oriented GIS design model: topologies and field data. ACM SYMPOSIUM ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 6. *Proceedings...*, Washington, 1998.
- HADZILACOS, T.; TRYFONA, N. An extended entity-relationship model for geographic applications. *SIGMOD Record*, v.26, n.3, 1997.
- HEUSER, C. A. *Projeto de banco de dados*. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1998. (Série livros didáticos, número 4.)
- ISOWARE. *CASE-Toll REGIS*. Available at <http://www.isoware.de/>, 1999.
- JOHNSON, R. E. Documenting frameworks using patterns. *OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING SYSTEMS, LANGUAGES AND APPLICATIONS CONFERENCE - OOPSLA, Proceedings...*, Vancouver, 1992.
- KÖSTERS, G.; PAGEL, B. U.; SIX, H. W. GIS - Application development with GeoOOA. *International Journal of Geographical Information Science*, v.11, n.4, 1997.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. Adaptando o modelo de objetos OMT para modelagem conceitual de aplicações de SIG. SEGEO-RJ, 1. *Anais...*, Rio de Janeiro, 1996.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; GARAFFA, I. M. Modelos conceituais de dados para aplicações geográficas: uma experiência com um SIG interinstitucional. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 4. *Anais...*, São Paulo, 1997.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; BEARD, K. Applying analysis patterns in the GIS domain. ANNUAL COLLOQUIUM OF THE SPATIAL INFORMATION RESEARCH CENTRE, 10. *Proceedings...*, Dunedin, NZ, 1998.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. Specifying analysis patterns for geographic databases on the basis of a conceptual framework. ACM SYMPOSIUM ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 7. *Proceedings...*, Kansas City, USA. 1999.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C. *Padrões de análise para banco de dados geográficos*, 1997. A ser publicado.
- NEVES, G. R.; CHAVES, S. H. A. Notas para o estudo da região carbonífera tradicional do Rio Grande do Sul. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Meio antrópico. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. v.2. Relatório final Projeto PADCT-CIAMB.
- PARENT, C.; SPACCAPIETRA, S.; ZIMANYI, E.; DOMINI, P.; PLAZANET, C.; VANGENOT, C. Modeling spatial data in the MADS conceptual model. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPATIAL DATA HANDLING. *Proceedings...*, Vancouver, Canada, 1998.
- PIRES, F. *Um ambiente computacional para modelagem de aplicações geográficas*. Campinas, 1997. Tese de Doutorado - Unicamp, Instituto de Computação.

- RUMBAUGH, J.; BLAHA, M.; PREMERLANI, W.; EDDY, F.; LORENSEN, W. *Object-oriented modeling and design*. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- SCHNEIDER, P.; KÄMPF, N.; GIASSON, E. Solos da bacia carbonífera do Baixo Jacuí, RS. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Vegetação e solos. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. v.3. Relatório final Projeto PADCT-CIAMB.
- SOUZA, N. J.; BITTENCOURT, J. L. Aspectos globais da região carbonífera do Rio Grande do Sul. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Meio antrópico. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS, 1997. v.2. Relatório final Projeto PADCT-CIAMB.
- SOUZA, C. R. B. *Um framework para editores de diagramas cooperativos baseados em anotações*. Campinas, 1998. Dissertação de Mestrado - Unicamp.
- UFRGS. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Centro de Ecologia/UFRGS. 1997. v.1. Relatório final Projeto PADCT-CIAMB.

Parte III  
Alterações ambientais  
no meio físico

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS CINZAS DE CARVÃO

Geraldo Mario Rohde  
Maria Teresa Raya Rodriguez

## INTRODUÇÃO

A região carbonífera do baixo Jacuí situa-se na parte leste do Estado do Rio Grande do Sul, na margem direita do Rio Jacuí, a cerca de 80 a 60 quilômetros de Porto Alegre (Figura 1). Nesta região, especialmente nos municípios de São Jerônimo e Charqueadas, localiza-se um complexo carbo-energético que visa aproveitar as jazidas de carvão mineral de Butiá, Charqueadas e Minas do Leão para a produção de energia

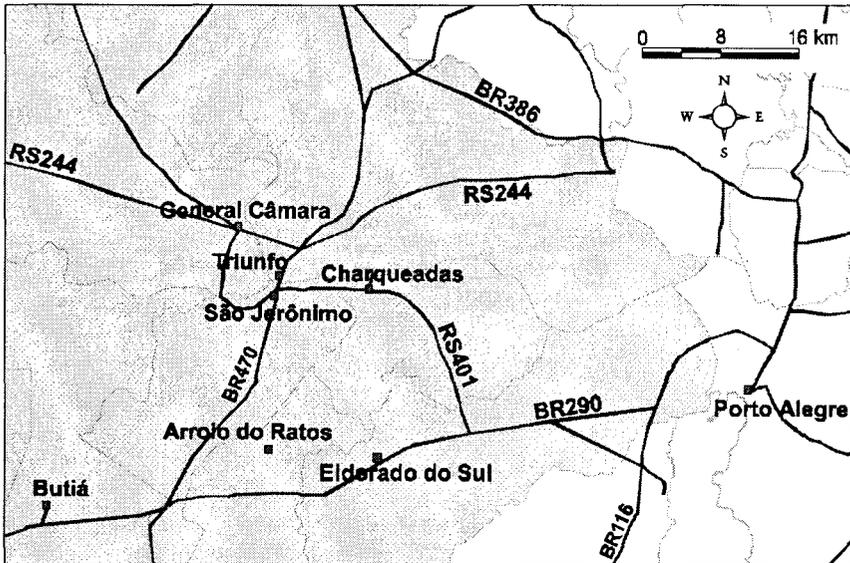


Figura 1 - Região Carbonífera do baixo Jacuí, RS.

elétrica e carvão redutor. As duas fontes antropogênicas de cinzas de carvão na área do baixo Jacuí são as Usinas Termelétricas de Charqueadas (ELETROSUL) e de São Jerônimo (CEEE).

A geologia da região é composta, conforme o “Mapa Geológico - 1:1.000.000” (Projeto RADAMBRASIL, 1986), por rochas do Pré-Cambriano (associação heterogênea de rochas metamórficas e migmáticas - 670 MA), granitos cambriordovicianos (570 MA), rochas sedimentares do Permiano (Formações rio Bonito e Palermo; Sub-Grupo Estrada Nova e Formação rio do Rasto) e por depósitos aluvionares holocênicos (devidos aos rios - rio Taquari, rio Jacuí e outras drenagens).

Os solos presentes na região, conforme o “Mapa exploratório de Solos - 1:1.000.000” (Projeto RADAMBRASIL, 1986), são os podzólicos vermelho-escuro álicos (distróficos), os podzólicos vermelho-escuro latossólicos álicos e os planossolos eutróficos (“solos de várzea”).

O relevo se caracteriza por apresentar amplas planícies aluviais e coxilhas das formações sedimentares. A região pode ser dividida em três compartimentos geomorfológicos, que têm sua individualidade originada nas seqüências geológicas que as compõem:

1. uma faixa mais íngreme, com altitudes que chegam aos 150 metros, nas bordas e no escudo cristalino;
2. uma planície levemente ondulada, com altitudes variando entre 20 e 50 metros, na zona das camadas geológicas finas (arenitos finos e siltitos);
3. uma planície de inundação adjacente aos rios Jacuí e Taquari e aos arroios dos Ratos, Leão e Porteirinha, na qual se localizam as cidades de São Jerônimo e Charqueadas e suas periferias urbanas.

Justamente neste último compartimento geomorfológico, o mais vulnerável do ponto de vista ambiental, é que se localizam, também, os complexos termelétricos de São Jerônimo e Charqueadas. A utilização de carvão como recurso energético gera quantidades significativas de resíduos cinzas e rejeitos, os quais constituem grande problema ambiental. Uma parcela significativa dos resíduos não tem aproveitamento, sendo disposta de forma indiscriminada dentro do perímetro urbano e nas zonas rurais, contaminando águas, solos e ar.

A vulnerabilidade deste compartimento geomorfológico vem de dois aspectos:

1. a já referida inundabilidade, quando há o contato direto dos resíduos de carvão e outras atividades industriais com o sistema de drenagem fluvial;
2. a ocorrência do nível freático próximo à superfície ou - até - aflorante.

Os principais objetivos desta pesquisa, foram os seguintes: 1. realizar a caracterização das cinzas produzidas na região do baixo Jacuí, RS (física, mecânica, hidrogeológica, mineralógica, química, toxicológica e radiológica); 2. mapear a distribuição espaço-temporal dos depósitos de cinzas (incluindo outros resíduos) no baixo Jacuí, RS; 3. apresentar a situação atual das cinzas no Estado do Rio Grande do Sul (produção, usos/destinos e comercialização); 4. tematizar o aspecto histórico da apropriação espacial e ambiental da região do baixo Jacuí em função do uso das cinzas de carvão como material de construção ou urbanização.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a amostragem ambiental das cinzas de carvão mineral foram utilizadas cinco normas, de onde foram extraídos os critérios para os procedimentos adotados:

1. NBR 8291 (1983) - "Amostragem de carvão mineral bruto e/ou beneficiado";
2. NBR 10007 (1987) - "Amostragem de resíduos";
3. ASTM E300-86 (1986) - "Standard Practice for Sampling Industrial Chemicals";
4. ASTM D2234-89 - "Standard Test Methods for Collection of a Gross Sample of Coal";
5. ASTM C311-90 - "Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture in Portland-Cement Concrete".

Os critérios para a amostragem ambiental, originados destas cinco normas, levaram a várias exigências para as amostragens realizadas:

- o número mínimo de incrementos para cada tipo de cinza foi igual a 15;
  - a massa mínima de amostra bruta a ser coletada para cada tipo de cinza foi de 45 kg;
  - para as cinzas leves, a amostragem foi realizada em 01 (uma) semana de coletas sistemáticas;
  - para as pilhas de cinza grossa da U. T. E. São Jerônimo, o procedimento das coletas foi realizado conforme a NBR 10007, TABELA 3 (p. 13, em relação aos incrementos e sua posição em relação aos montes ou pilhas);
  - para a coleta nas cubas dos decantadores da cinza pesada da TERMOCHAR foi empregado o procedimento constante na NBR 10007, TABELA 4 (p. 14, que estipula uma amostra composta por alíquota coletada de diferentes pontos ou profundidades).
- Estes critérios de amostragem ambiental permitem satisfazer as exigências disciplinares geológicas, pedológicas, químicas, toxicológicas e de resíduos envolvidas nesta abordagem empírica.

Os procedimentos adotados para as coletas das amostras de cinzas foram a aplicação dos critérios de amostragem ambiental obtidos pelas normas utilizadas, além das recomendações de amostradores para os tipos de resíduo (cinza) em questão (Norma NBR 10007, TABELA 2, p. 12). Foram coletados os seguintes materiais: cinza leve da U.T.E. São Jerônimo (170,5 kg); cinza grossa da U.T.E. São Jerônimo (123,5 kg); cinza leve da TERMOCHAR (126,0 kg); cinza pesada da TERMOCHAR (177,5 kg).

### Mapeamento dos depósitos de cinzas

O levantamento dos depósitos de resíduos de carvão foi realizado, em escala 1:25.000. O Quadro 1 mostra os nomes destes depósitos, suas características materiais e o período (ou época) de sua realização. O Quadro 2 registra depósitos em andamento ou planejados.

**Quadro 1**  
**DEPÓSITOS DE RESÍDUOS DE CARVÃO LEVANTADOS**  
**NA REGIÃO DE CHARQUEADAS E SÃO JERÔNIMO, RS.**

Número no Mapa	NOME DO DEPÓSITO	MATERIAIS PRESENTES	PERÍODO-ÉPOCA
1	Jacuí I (ELETROSUL)	cinza TERMOCHAR	jan.1993-jan.1994
2	Ex-Colônia Penal	Oeste: cinza TERMOCHARSul; escória e rejeito	1962-19801983-1986
3	Dep.Estratégico Carvão (CRM)	carvão	até 1988
4		rejeitos de lavador existente na área 3	
5		char (carvão desgaseificado da AFP) e lixão	
6	Aços Finos Piratini	cinzas TERMOCHAR; pouco de rejeitos e escórias	1968-1971
7	Ouro Negro (COPELMI)	rejeitos de carvão	1983-1985
8	Capão da Roça	cinzas	1970-1992 (?)
9	Capão da Roça (COPELMI)	rejeitos de carvão	1978(?) - 1988
10	Vila Orvisa	escória; carepa (ferro)	1990
11	Vila Geromina (COPELMI)	rejeito carvão; cinzas	1978-1984
12	Área Central da Cidade	cinzas	1962-1970
13	Dep.Estratégico de Carvão (COPELMI)	carvão	até 1987(?)
14	Vila Cruz de Malta	cinzas	1962-1966
15	Vilas Rosa, Cinza, Coqueiros	cinzas; na parte norte há rejeitos de carvão	Rosa 1967-1968Cinza 1967-1970Coqueiros 1968-1970
16		cinzas e escórias	1985-1988
17	Vila Limeira (Nova COHAB); Área Raguzzi	cinzas (e rejeitos carvão)	1985-1988 em andamento
18	Gomes	cinzas e escórias	1986-1988
19	Gomes	cinzas	
20		cinzas (escórias)	1980-1988
21	Passo da Cruz - COPELMI	rejeitos, escórias, cinzas	
22		escória	
23		rejeito de carvão	1985-1988
24		cinza e rejeitos	1985-1988
25	Vilas Lindos Ares	cinza TERMOCHAR	

**Quadro 2**  
DEPÓSITOS EM ANDAMENTO OU PLANEJADOS LEVANTADOS.

NÚMERO NO MAPA	NOME DO DEPÓSITO	MATERIAIS PRESENTES	PERÍODO/ÉPOCA
1A	Área de movimentação de carvão (COPELMI, PORTOBRÁS, ELETROSUL)	carvão	atual
2A		rejeitos de carvão e lixão	atual
3A		escórias (forno elétrico) AFP	atual
1FA	Empresa Albarus	cinzas	futuro(andamento)
2F	Distrito Industrial	cinzas	futuro
3F	Distrito Industrial	cinzas	futuro

## RESULTADOS

As fontes de informação para estabelecer as conclusões atingidas foram as caracterizações realizadas (física, hidrogeológica, químico-mineralógica, químico-toxicológica e radiológica), bem como o mapeamento dos depósitos de resíduos de carvão e a revisão bibliográfica.

A caracterização física estabelece que:

- a cinza leve de São Jerônimo constitui-se, do ponto de vista granulométrico, uma mistura de argila (3%), silte (15%), areia fina (67%) e areia média (15%);
- a cinza grossa de São Jerônimo constitui-se, do ponto de vista granulométrico, uma mistura de argila (2%), silte (19%), areia fina (25%) e areia média (54%);
- a cinza leve de Charqueadas constitui-se, do ponto de vista granulométrico, uma mistura de argila (4%), silte (70%) e areia fina (26%);
- a cinza pesada de Charqueadas constitui-se, do ponto de vista granulométrico, uma mistura de argila (3%), silte (28%), areia fina (63%) e areia média (6%);
- as distribuições granulométricas das cinzas leves (de São Jerônimo e de Charqueadas) mostram que existem partículas que estão na faixa de maior dano aos pulmões.

A caracterização hidrogeológica mostra que:

- a permeabilidade das cinzas soltas é da ordem de 10-3 (com exceção da cinza pesada de Charqueadas, que é de 10-4), ambas consideradas altas;
- estes valores de permeabilidades são compatíveis com as distribuições granulométricas (que mostram misturas de silte e areias) encontradas para as cinzas.

A partir da caracterização químico-mineralógica, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- as amostras de cinzas estudadas, são quimicamente muito semelhantes, a exceção dos teores de ferro, marcadamente mais elevados nas cinzas de Charqueadas e dos resultados mais altos de perda ao fogo nas cinzas de São Jerônimo;
- há uma quantidade maior de materiais voláteis nas cinzas de São Jerônimo e,

entre eles, destaca-se o carbono que ocorre em teores muito superiores aos determinados nas cinzas de Charqueadas;

- tanto o teor de nitrogênio quanto o de enxofre são significativamente maiores nas cinzas pesada de Charqueadas e na grossa de São Jerônimo;

- as cinzas são, quimicamente, sílico-aluminosas, diferenciando-se pelo teor mais elevado de ferro nas cinzas de Charqueadas e de carbono nas de São Jerônimo; contrariamente ao esperado, verifica-se um teor de carbono mais elevado na cinza leve do que na cinza grossa de São Jerônimo;

- as diferenças químicas refletem-se na mineralogia, com a ocorrência de hematita nas cinzas de Charqueadas;

- morfologicamente predominam esferólitos (isolados ou agrupados) nas cinzas de Charqueadas e de formas irregulares, vesiculares nas cinzas de São Jerônimo;

- as diferenças químicas e mineralógicas identificadas decorrem, essencialmente, das diferenças das matérias-primas utilizadas nas termelétricas;

- as diferenças morfológica e no teor de carbono determinado, no entanto, estão relacionadas ao próprio processo de queima, mais eficiente na termelétrica de Charqueadas do que na de São Jerônimo;

- as cinzas leves de Charqueadas, do ponto de vista de aplicação como materiais de construção, são mais adequadas como pozolanas, dada a composição morfológica e conteúdo de carbono.

A caracterização químico-toxicológica, levando em conta as normas NBR 10006 (ABNT, 1987), NBR 10005 (ABNT, 1987) e NBR 10004 (ABNT, 1987), permite chegar às seguintes conclusões quanto à classificação toxicológica das cinzas:

- a cinza leve de São Jerônimo constitui resíduo sólido “não-inerte” tendo em vista os resultados obtidos no ensaio de solubilização (As=51,4 mg/L; Al=0,47 mg/L; surfactantes=0,33 mg/L; fenol=0,33 mg/L e fluoreto=2,0 mg/L);

- a cinza grossa de São Jerônimo constitui resíduo sólido “não-inerte” tendo em vista os resultados obtidos no ensaio de solubilização (Al=0,66 mg/L; fenol=0,04 mg/L e fluoreto=1,5 mg/L);

- a cinza leve de Charqueadas constitui resíduo sólido “não-inerte” tendo em vista os resultados obtidos no ensaio de solubilização (Al=4,10 mg/L; surfactantes=0,31 mg/L; fenol=0,04 mg/L; dureza=611 mg/L e fluoreto=1,8 mg/L);

- a cinza pesada de Charqueadas constitui resíduo sólido “não-inerte” tendo em vista os resultados obtidos no ensaio de solubilização (Al=2,30 mg/L; surfactantes=0,37 mg/L; fenol=0,02 mg/L; dureza=511 mg/L e fluoreto=2,5 mg/L);

- os resultados toxicológicos indicam (conforme a norma NBR 10004, ABNT, 1987), que as cinzas constituem resíduos “não-inertes” e, por conseguinte, deveriam ser destinadas, quando dispostas no solo, seguindo - no mínimo - a norma NBR 8419 (ABNT, 1984).

A caracterização radiológica das cinzas permite afirmar que:

- não se observa diferença significativa nas radiatividades beta e gama entre as cinzas antigas e as cinzas produzidas mais recentemente;

- as amostras de solo têm, em cada tipo de contagem, radiatividades levemente inferiores às amostras de cinzas, no mesmo aparelho; isto pode ser atribuído à presença,

nas cinzas, de uma maior concentração de isótopos naturalmente radioativos; entretanto, esta atividade não é importante, pois ainda está muito abaixo dos valores necessários para produzir uma dose de radiação superior àquela considerada como “radiação de fundo”, ou seja, cerca de 2,4 mSv de dose acumulada durante um ano, em que mSv=mili-Sievert, unidade de medida de dose de radiação que combina a energia das partículas, a atividade da fonte e o efeito biológico potencialmente produzido pela radiação;

- embora as amostras de cinzas tenham efetivamente radiatividades acima do fundo, esta atividade é muito baixa, como se pode observar pela comparação com as determinações realizadas nas amostras de solo da região;

- esta pequena radiatividade observada pode ser atribuída a um enriquecimento das cinzas em radionuclídeos como o  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , etc.;

- os baixos valores de radiatividades obtidas nas amostras analisadas evidenciam que não ocorre aumento significativo da “radiação de fundo” a que estão submetidas as populações eventualmente expostas a estas cinzas.

## CONCLUSÕES

O mapeamento dos depósitos de resíduos de carvão (cinzas e outros) permite realizar conclusões histórico-sociais e urbanístico-ambientais.

As conclusões histórico-sociais mais importantes são:

- a evolução do espaço urbano de Charqueadas teve ligação estreita e decisiva com o uso das cinzas da TERMOCHAR e outros materiais residuais usados como materiais de construção e urbanização;

- houve um equacionamento tecnicista muito simplificado para o meio urbano de Charqueadas (filtros para a Usina e pavimentação nas ruas), para diminuir o impacto das cinzas volantes;

- resultante deste equacionamento, houve uma espécie de esquecimento social da problemática ambiental.

As conclusões urbanístico-ambientais mostram o seguinte:

- a urbanização periférica de Charqueadas (e também de São Jerônimo) mantém os mesmos procedimentos de imprudência ambiental (ou ilegalidade até, em certos casos), mesmo após o advento de normas ambientais e técnicas reguladoras;

- os depósitos de resíduos (cinzas e outros) não possuem preocupação ambiental e são realizados, na sua ampla maioria, utilizando tão somente critérios locais meramente econômicos;

- existe um cinturão de resíduos ao redor do espaço urbano da região, principalmente na área de Charqueadas, em situação totalmente irregular se forem levadas em conta as normas ambientais e técnicas contemporaneamente vigentes; esta situação ambiental é de responsabilidade do setor termelétrico nacional (ELETROSUL) e estadual (CEEE), que mantém as antigas práticas de depositar as cinzas de carvão e outros resíduos em qualquer tipo de terreno, sem nenhum estudo adequado destes locais e sem avaliação ambiental.

Também é possível, para a finalização das conclusões, estabelecer algumas conclusões institucionais:

– o Estado do Rio Grande do Sul, notável produtor de cinzas de carvão, carece de uma estrutura institucionalizada visando uma quantificação mais apropriada e efetiva da sua produção e destino final;

– em que pese a atuação de universidades e instituições de pesquisa (por exemplo Universidade de Caxias do Sul e CIENTEC) há uma lacuna muito grande de informações quanto ao reaproveitamento e reciclagem das cinzas;

– existe uma necessidade imperiosa de se estabelecer um sistema de monitoramento, (contínuo, sistemático e institucional) das características toxicológicas e radiológicas das cinzas de carvão produzidas no Rio Grande do Sul, sendo que esta necessidade implica em um reaparelhamento e informatização dos laboratórios e institutos que se dedicam à tarefa de estudá-las do ponto de vista ambiental ( por exemplo, CIENTEC, UFRGS etc.).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PROJETO RADAMBRASIL. *Folha SH.22 Porto Alegre e parte das folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. 796p., il., 6 mapas em escala 1:1.000.000. [Levantamento de Recursos Naturais, v.33.]
- ROHDE, Geraldo Mario. *Epistemologia das ciências ambientais: as cinzas de carvão no Baixo Jacuí, RS; uma investigação filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e de seus arredores planetários*. Porto Alegre, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - UFRGS, 255p., il., anexos.

# METAIS TÓXICOS ASSOCIADOS AO PARTICULADO ATMOSFÉRICO DA REGIÃO CARBONÍFERA DO BAIXO JACUÍ, RS – BRASIL

Miguel Vassiliou  
Tuiskon Dick

## INTRODUÇÃO

No Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a combustão do carvão é uma importante fonte emissora de material particulado, e a concentração dos elementos gerados durante a queima depende da composição química do carvão original (SÁNCHEZ e outros, 1982). Porém, não deve ser desprezada a decisiva participação dos veículos que utilizam combustível derivado do petróleo nos grandes centros urbanos.

A emissão de metais-traço no meio ambiente por termoelétricas está relacionada a diferentes fatores: 1. Características químicas dos elementos, 2. Eficiência de combustão do gerador e, 3. Temperatura do efluente gasoso (SÁNCHEZ e outros, 1982). Além disso, a emissão de poluentes primários pode dar origem a poluentes secundários, através de interações químicas e fotoquímicas com o meio ambiente, tais como a formação de nevoeiros ou o smog (combinação de névoa e partículas em suspensão).

Segundo SÁNCHEZ (1987) na queima de 1.940.000 toneladas de carvão no Rio Grande do Sul são gerados, anualmente, 48,5 kg de Cd, 65,9 t de Pb, 4 t de Zn, 38,8 t de Cu, além de Be e Hg, respectivamente com 1.396,8 t e 349,2 kg.

Outro fator de importância está relacionado à absorção e acumulação dessas partículas através das vias respiratórias. Há uma seletividade para os locais de deposição, conforme o tamanho da partícula. Assim, partículas > 10µm restringem-se à faringe e a laringe, enquanto que partículas < 1µm atingem facilmente os bronquíolos (MASTERS, 1971). Em geral, possuem elevado grau de toxidez, uma vez que as mesmas podem passar por processos de enriquecimento, concentrando elementos metálicos tóxicos (SÁNCHEZ e outros, 1982; NRIAGU, 1990; LACERDA e outros, 1995).

No que refere-se às “partículas em suspensão”, o termo abrange uma enorme gama de tamanhos, formas e densidades, apresentando também, composição química distinta (LYNN, 1976; MANAHAN, 1984). Podem apresentar-se finamente divididos, sendo provenientes de processos de combustão, atividades industriais ou oriundas de fontes naturais, tais como: atividade vulcânica, pela ação de ventos sobre a superfície terrestre, por incêndios florestais, etc. (ELSOM, 1987)

A composição do material particulado em suspensão depende dos tipos de fontes que contribuem para a sua formação, e a definição geral estabelece-se em termos da velocidade de deposição das partículas. Tal velocidade de sedimentação está diretamente relacionada ao diâmetro da partícula e sua densidade, importante na determinação do comportamento da partícula na atmosfera. (MANAHAN, 1984)

Em partículas com tamanhos inferiores a 10 µm, a velocidade de sedimentação é insignificante se comparada ao movimento produzido pelo vento e a turbulência do ar. Essas partículas tendem a permanecer em suspensão por longos períodos (horas ou dias), até que sejam eliminadas por impacto, quando atingem superfícies, por deposição seca, ou úmida quando arrastadas pelas precipitações chuvosas. Altas concentrações de material particulado na atmosfera podem ocasionar redução da visibilidade, além de participar de reações com outros contaminantes atmosféricos. (TORREIRA, 1992)

A presença de material particulado num centro urbano caracteriza a mais visível e evidente forma de poluição do ar, estando intrinsecamente relacionada a uma fonte emissora (REIS, 1993). Quanto à origem das fontes emissoras, estas podem ser fixas, pontuais (chaminés) ou móveis (produzidas por veículos a combustão).

Segundo GIORGIO (1977) a existência de contaminação atmosférica numa determinada área ou região está condicionada à presença de três elementos básicos: 1. Fontes de emissão de contaminantes: indústrias, metalúrgicas, termoelétricas, etc; 2. Condições meteorológicas que determinem a dispersão de contaminantes na baixa atmosfera (troposfera); 3. Receptores bióticos e abióticos sobre os quais incidem os contaminantes atmosféricos dispersados, além da ação destes sobre edificações, monumentos e demais estruturas, bem como interferência estética na paisagem.

A presença de complexos carbo-elétricos (Termochar e Usina Temoelétrica de São Jerônimo) e de uma Usina Siderúrgica de porte médio provocou, ao longo dos anos, profundas alterações ambientais, notadamente, no que concerne a qualidade do ar, na região do Baixo Jacuí. Este trabalho visa contribuir com informações sobre a presença de partículas totais em suspensão (PTS) e metais tóxicos associados ao PTS em Charqueadas e São Jerônimo, pertencentes à região carbonífera do baixo Jacuí no Rio Grande do Sul.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo foi realizado de forma conjunta com a rede de monitoramento da qualidade do ar da Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM). Foram utilizados três amostradores de ar instalados na zona urbana de Charqueadas e São Jerônimo, ambas situando-se na parte centro-leste do Estado, respectivamente a 60 e 68 km de Porto Alegre.

Na Figura 1 encontram-se dispostas as coordenadas geográficas de ambos os municípios avaliados, bem como, a localização das estações de amostragem e das fontes geradoras de poluentes.

Foram realizadas filtragens do ar atmosférico nas três estações avaliadas, em 56 dias, num período compreendido entre julho/1994 a maio/1995, numa frequência semanal e no decorrer de 24 horas. Posteriormente foram determinados os teores de Partículas Totais em Suspensão (PTS) retidos nos filtros, bem como a concentração de metais tóxicos (Cu, Ni, Mn, Zn, Pb e Cd) associados ao material particulado, efetuando-se 2.016 análises dos elementos metálicos.

Para a coleta das partículas totais em suspensão foram empregados equipamentos do tipo Hi-vol (high-volume) ou amostradores de grandes volumes, da marca Energética.

Os métodos de amostragem basearam-se em EPA (1979, 1981 e 1987). Para a determinação da concentração de PTS na atmosfera foram empregados os critérios estabelecidos pela ABNT-NBR N° 9547/1998.

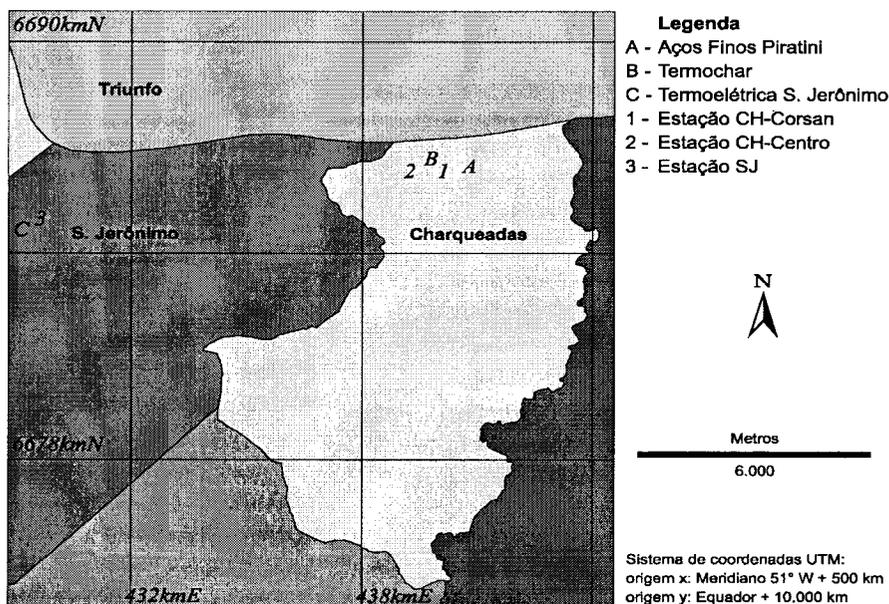


Figura 1 - Localização dos pontos de amostragem e das principais fontes poluidoras

Uma vez instalado num local de medição adequado, o aparelho aspira um certo volume de partículas totais em suspensão do ar ambiente, através de um filtro posicionado sob um suporte no interior de uma casinhola de abrigo. O Hi-Vol opera por um período de 24 horas ininterruptas, sendo que o volume de ar amostrado é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração de partículas totais em suspensão (PTS) na atmosfera é obtida dividindo-se o peso de partículas amostradas pelo volume de ar filtrado, o resultado é expresso em microgramas por metro cúbico.

$$PTS = \frac{\text{peso de partículas } (\mu\text{g})}{\text{volume de ar filtrado } (\text{m}^3)} = \mu\text{g} / \text{m}^3$$

Os filtros utilizados eram pesados antes e após a amostragem, sendo que os mesmos permaneciam por 24 horas no interior de uma câmara acrílica hermeticamente selada, com umidade relativa a  $\cong 33\%$  e temperatura ambiente oscilando entre  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . A câmara continha uma balança analítica, sendo que ao final da operação registrava-se o peso do filtro.

A faixa de captação do método, está compreendida entre aproximadamente 2 a  $750 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ENERGÉTICA, 1994). Após um determinado período de funcionamento do amostrador verifica-se uma perda de carga ocasionada pela colmatação gradual do filtro, ou seja, a vazão especificada não é mantida pelo aparelho, sendo este considerado o limite superior. Por sua vez, o limite inferior é determinado pela sensibilidade da balança analítica, quando efetua-se a pesagem do filtro contendo o material particulado. Para a extração dos elementos metálicos (Cu, Ni, Mn, Zn, Pb e Cd) retidos no filtro, após exposição, empregou-se o método da digestão ácida de Tölg. Posteriormente, efetuava-se a análise da amostra solubilizada com o emprego de um Espectrofotômetro de Absorção Atômica PERKIN ELMER, modelo 2380 com forno de grafite HGA 400, com plataforma, e lâmpada de deutério como corretor de interferências. Para as análises dos elementos Cu, Ni, Pb e Cd utilizou-se o forno de grafite; os metais Mn, Zn foram analisados em chama ar-acetileno no Laboratório de Absorção Atômica do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com o objetivo de verificar-se os níveis de metais presentes na sua constituição.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Material Particulado Total

O Particulado Total em Suspensão (PTS) na área de estudo foi variável ao longo do tempo de amostragem (Figura 2). Na estação CHCS, no período de julho a dezembro de 1994, apenas dois dias (20.07.94) e (24.09.94) ultrapassaram, respectivamente, os padrões primário e secundário. Entretanto, no período compreendido entre 04.01.95 a 08.06.95, foram registradas seis ocorrências (dias) onde as concentrações de PTS excederam os valores referentes à legislação.

Na estação CHCT, apenas dois dias (24.09.94) e (06.10.94), foram responsáveis pelas concentrações de PTS acima do padrão primário, enquanto que em 1995 as concentrações permaneceram abaixo dos padrões primário e secundário.

Na estação SJ, em ambos os períodos, 1994 e 1995, a concentração de PTS atmosférico apresentou-se abaixo dos limites estabelecidos pela legislação. Os valores (média geométrica) de concentração de PTS na estação CHCS ( $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) superou o padrão primário em 75%, enquanto que o padrão secundário foi excedido em 133%. No entanto, a estação CHCT, com concentração de  $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de PTS, ultrapassou apenas o padrão secundário ( $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A concentração de partículas registradas na estação SJ ( $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) em São Jerônimo, permaneceu abaixo do que é estabelecido pela legislação federal (Figura 3).

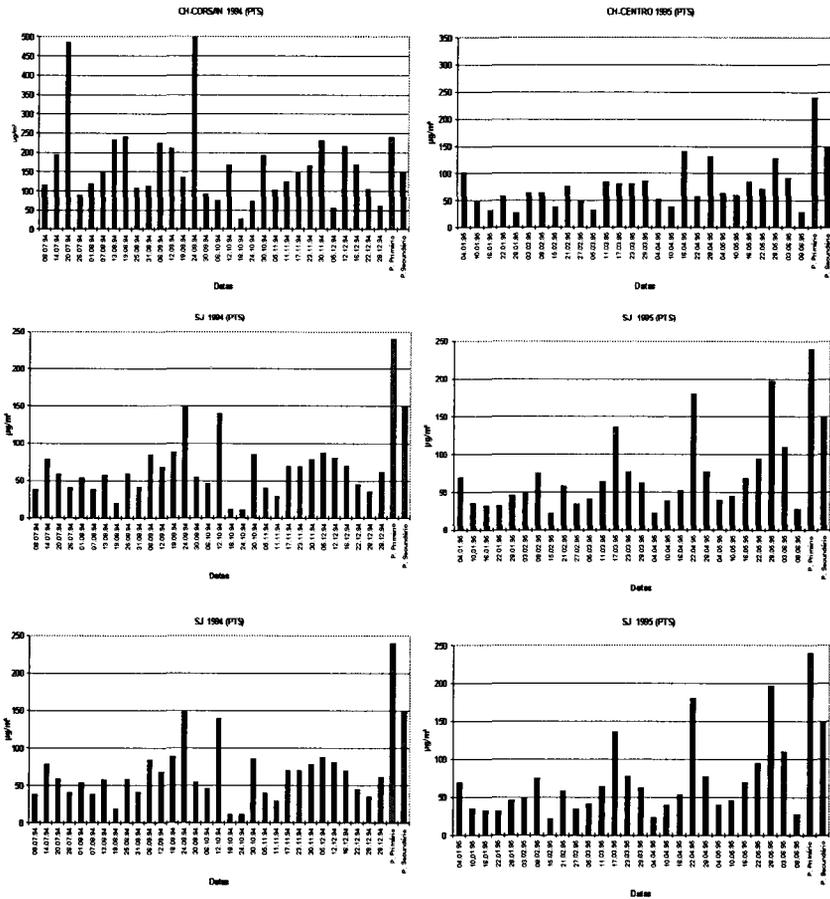


Figura 2 - Distribuição temporal das Partículas Totais em Suspensão (PTS) no Baixo Jacuí, RS.

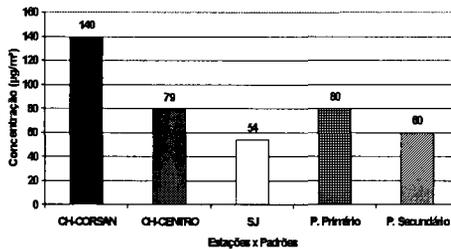


Figura 3 - Partículas Totais amostradas nas estações de Charqueadas (CHCS, CHCT) e São Jerônimo (SJ) e Padrões Primário e Secundário de Emissão segundo Resolução CONAMA 003/90.

Ressalta-se aqui, a posição mais amena da estação SJ. Entretanto, a concentração mais elevada registrada para a estação CHCS, deve-se principalmente, a proximidade do Hi-vol junto às fontes emissoras locais: Usina Siderúrgica e Termochar, no município de Charqueadas. Pode-se inferir com relativa segurança, que as partículas de reduzido tamanho são transportadas para locais distantes, em função da direção e da velocidade dos ventos predominantes, Sudeste (direção preferencial), precedido por ventos oriundos do quadrante Leste; este último foi tomado como referencial, em função do posicionamento das estações de amostragem. A ação sinérgica dos fenômenos atmosféricos citados, propiciam a acumulação ambiental dos elementos metálicos no município de São Jerônimo.

Os reflexos mais imediatos, provavelmente, incidem sobre a saúde dos habitantes locais. ANDRADE (1989), em estudo epidemiológico realizado naquela cidade, constatou os efeitos negativos da poluição atmosférica sobre a saúde da população. Estudos realizados por ELETROSUL (1987) e (JABLONSKI, 1992 *apud* FEPAM, 1996) também confirmam o comprometimento da qualidade do ar na área de estudo.

A proximidade do Hi-vol junto às fontes emissoras, Termochar (Termoelétrica) e Aços Finos Piratini (Siderúrgica), explica mais realisticamente a interferência local, ocasionando as altas concentrações de PTS.

Percebe-se que a concentração de partículas totais em suspensão sofre sensível redução a partir do local de maior concentração ambiental (estação CHCS) no município de Charqueadas, para o local de menor concentração ambiental (estação SJ), no município de São Jerônimo. Destaca-se aqui, o efeito diluidor ou dispersivo promovido pela ação dos ventos na região.

SÁNCHEZ (1987) relata que partículas de reduzido tamanho ( $\leq 5 \mu\text{m}$ ) não são retidas pelos precipitadores eletrostáticos, sendo que a sua eficiência abrange partículas com diâmetro  $> 5 \mu\text{m}$ . Constata-se desta forma, que apesar da alta eficiência daqueles equipamentos, os valores relativos aos particulados finos lançados à atmosfera são ainda expressivos. Outrossim, cabe aqui ressaltar, que a Usina Siderúrgica, não dispõe, de nenhum sistema de abatimento de partículas lançadas à atmosfera. Este sistema está em fase final de instalação com início do funcionamento previsto para março de 2000.

## **Metais Associados às Partículas Totais em Suspensão (PTS)**

DAVISON (1974) comenta sobre a existência de uma seletividade por determinados metais, que se concentram sobre a superfície das partículas de diâmetro reduzido, sendo que estas possuem elevada energia superficial. O enriquecimento das partículas por elementos-traços dá-se através de processos de volatilização-condensação.

SMITH e outros (1979) evidenciam a partir da aplicação de fórmula matemática, a existência de correlação entre a concentração de elementos-traços e o diâmetro da partícula, ou seja, a concentração daqueles elementos aumenta com a redução do tamanho da partícula no intervalo compreendido entre 1 a  $10 \mu\text{m}$ .

LACERDA e outros (1995) relatam que os metais pesados são naturalmente enriquecidos durante a queima de combustíveis fósseis. Eles são capturados e concentrados, em particular, por porfirinas, durante a sedimentação e a diagênese da matéria orgânica,

sendo posteriormente volatilizados quando altas temperaturas são atingidas durante a queima em termoelétricas.

O comportamento descrito pode ser explicado pela existência de partículas muito finas, que possuem a particularidade de concentrar os metais sob a sua superfície (NRIAGU, 1990; TAVARES, 1990; FIEDLER, 1993; FEPAM, 1996 e FEPAM, 1998).

O consumo máximo de carvão da Usina Termoelétrica de Charqueadas é de 75 toneladas por hora (t/h), o que possibilita a geração de 38,72 t de cinzas, das quais 30% (11,4 t/h) ficam no fundo da caldeira, constituindo o chamado, “bottom ash”. Das 26,8 t/h que vão para a chaminé, 99,6% são retidos pelos precipitadores eletrostáticos. Assim, pode-se estimar que o percentual restante (0,4%) que escapa aos sistemas de abatimento de partículas, contribui, com 107 kg/h, ou 2.568 t/dia, ou com 93.732 t/ano.

Baseados nas características descritas e daquelas pertinentes às fontes geradoras, pode-se tecer algumas considerações sobre os metais associados ao PTS. Assim, a estação SJ destaca-se pelos elevados valores de metais (Cu, Ni, Mn, Zn, Pb e Cd) analisados (Tabela 1 e Figura 4).

A concentração média de Cu no PTS na estação CHCS foi 277 ng/m<sup>3</sup>, na estação CHCT 639 ng/m<sup>3</sup> e na estação SJ 1.709 ng/m<sup>3</sup>. É importante destacar que o valor mínimo em SJ corresponde a 29 ng/m<sup>3</sup>, atingindo um valor máximo de 23.287 ng/m<sup>3</sup>.

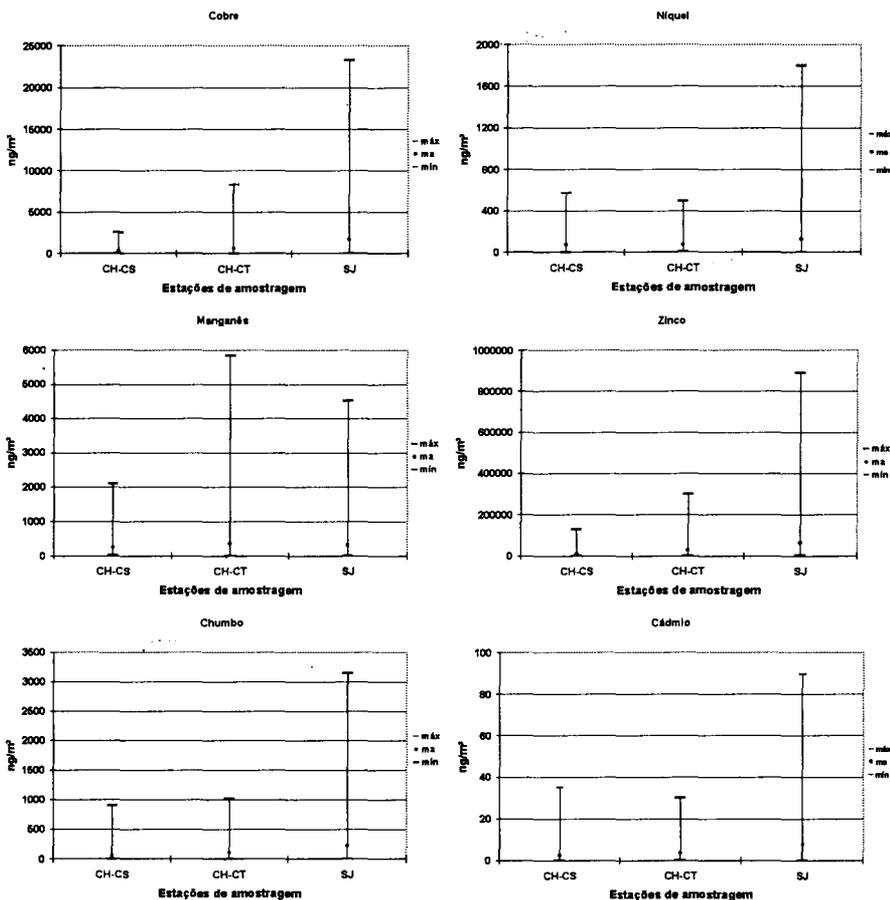
O valor médio de Ni correspondendo a 72 ng/m<sup>3</sup> na estação CHCS, 74 ng/m<sup>3</sup> e na estação SJ 126 ng/m<sup>3</sup>. A concentração de Mn na estação CHCS foi 252 ng/m<sup>3</sup>, na estação CHCT a concentração corresponde aos valores mais elevados 354 ng/m<sup>3</sup>, sendo que na estação SJ os teores de Mn são 322 ng/m<sup>3</sup>.

Neste estudo, destaca-se o Zn pelas elevadas concentrações, quando comparados com os demais metais. Na estação CHCS, as concentrações médias correspondem a 11.324 ng/m<sup>3</sup>, enquanto que a estação CHCT alcança 28.770 ng/m<sup>3</sup>, entretanto, na estação SJ, a concentração de Zn corresponde a 64.448 ng/m<sup>3</sup>. Nesta mesma estação (SJ), as concentrações máximas e mínimas daquele elemento atingem respectivamente, 888.722 ng/m<sup>3</sup> e 1.903 ng/m<sup>3</sup>. O desvio padrão é elevado, confirmando a grande variação na concentração de Zn.

**Tabela 1**

Resumo estatístico dos metais analisados no PTS, em (ng/m<sup>3</sup>), nas estações Charqueadas-Corsan (CHCS), Charqueadas-Centro (CHCT) e São Jerônimo (SJ) no período 1994-1995. Média aritmética (ma), desvio padrão (dp), valores mínimos (mín.) e valores máximos (máx)

Metais	Estatística	Estações		
		CHCS	CHCT	SJ
Cobre	ma	277	639	1.709
	dp	433	1.300	3.849
	mín	13	13	29
	máx	2.577	8.331	23.287
Níquel	ma	72	74	126
	dp	97	106	279
	mín	0,4	2,62	2,0
	máx	573	496	1.798
Manganês	ma	252	354	322
	dp	360	790	714
	mín	19	5,0	5,0
	máx	2.092	5.841	4.517
Zinco	ma	11.324	28.770	64.448
	dp	21.528	51.393	132.826
	mín	331	447	1.903
	máx	127.755	298.021	888.722
Chumbo	ma	53	110	228
	dp	129	168	503
	mín	0,25	2,25	3,0
	máx	903	1.023	3.151
Cádmio	ma	2,0	4,0	8,0
	dp	5,0	6,0	16
	mín	0,02	0,08	0,08
	máx	35	30	90



**Figura 4 -** Concentrações média, máxima e mínima de metais pesados (Cu, Ni, Mn, Zn, Pb e Cd) no particulado atmosférico nas estações de amostragem em Charqueadas (CHCS e CHCT) e São Jerônimo (SJ) no baixo Jacuí, RS.

## CONCLUSÕES

A partir das informações obtidas pode-se concluir que:

O município de Charqueadas apresenta concentrações elevadas no que refere-se ao Particulado Total em Suspensão (PTS), enquanto que no município de São Jerônimo estas concentrações são bastante reduzidas;

O município de Charqueadas caracteriza-se por apresentar a menor concentração ambiental no que refere-se aos elementos metálicos avaliados, enquanto que o município de São Jerônimo caracterizou-se por apresentar concentrações mais elevadas destes elementos;

A presença de partículas de reduzidas dimensões, enriquecidas de elementos

metálicos originados pelas fontes poluidoras localizadas em Charqueadas, permitiu que as mesmas fossem facilmente transportadas pelos ventos predominantes, provavelmente ocasionando a sua acumulação ambiental no município de São Jerônimo.

As emissões aéreas provenientes da Usina Siderúrgica e das Termoelétricas, afetam distintamente a qualidade do ar nos municípios de Charqueadas e São Jerônimo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. *Material particulado em suspensão no ar ambiente - Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume*. NBR 9547. Rio de Janeiro: ABNT, 1988. 15p.
- ANDRADE, P. P. *Estudos dos efeitos da poluição ambiental aérea sobre a saúde da população entre duas cidades da região carbonífera do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1989. Dissertação de Mestrado - UFRGS/CPGP, 104p.
- CONAMA. *Resoluções Conama*: 1984 a 1991. 4.ed. Brasília: CONAMA, 1992. 245p.
- DAVISON, R. S. et al. Trace element in fly ash: dependence of concentration on particle size. *Environ Sci. Technol.*, [S.l.], n.8, p.1107, 1974.
- ELETROSUL. *Relatório de impacto ambiental: aspectos físicos-químicos*: Versão 2. Porto Alegre: ELETROSUL, 1987. v.3.
- ELSON, D. M. *Atmospheric pollution: causes, effects and control policies*. Oxford: Basil Blackwell, 1987. 312p.
- ENERGÉTICA. *Hi-Vol*: manual de operação. Rio de Janeiro: Energética, 1994. 51p.
- EPA. *Environmental protection agency for ambient air monitoring network interagency*. Washington: EPA, 1979. Environmental research and development program report.
- EPA. *Air quality criteria for particulate matter and sulphur oxides*. Washington: EPA, 1981.v.2.
- EPA. *Quality assurance handbook for air pollution measurements systems, ambient air specific methods*. Washington: EPA, 1987. 2v.
- FEPAM. *Avaliação da poluição hídrica e atmosférica em áreas de mineração e processamento de carvão do baixo Jacuí*, RJ. Porto Alegre: FEPAM, 1996. 505p. Relatório técnico.
- FEPAM. *Avaliação da poluição hídrica e atmosférica em áreas de mineração e utilização de carvão do baixo Jacuí*, RJ. Porto Alegre: FEPAM, 1998. Parte 4. Relatório técnico.
- FIEDLER, H. J. ; RÖSLER, H. J. *Spurenelemente in der Umwelt*. 2.ed. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag Jena, 1993. 385p.
- GIORGIO, J. A. del. *Contaminación atmosférica: Métodos de medida y redes de vigilancia*. Madrid: Editorial Alhambra, 1977. 176p.
- LACERDA, L. D. et al. Heavy metals atmospheric inputs from energy generation in Brazil. In: INTERN. CONF. HEAVY METALS IN ENVIRONMENT, 1995, Hamburg. *Proceedings...* [S.l. : s.n], 1995. v.1, p.81-83.
- LYNN, D. A. *Air pollution. threat and response*. Reading: Addison-Wesley, 1976. 388p.
- MANAHAN, S. E. *Environmental chemistry*. 4.ed. London: Brooks/SolePublishing Company, 1984. 612p.
- MASTERS, R. L. Air pollution - human health effects. In: McCORMAC, B. M. (Ed.). *Introductions to the scientific study of atmospheric pollution*. Holland: D.Reidel Publishing Company. 1971, p.96-129.
- NRLAGU, J. O. A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals. *Nature*, [S.l.], v.328, p.47-49, 1989.

- NRIAGU, J. O. Global metal pollution. *Environment*, [S.1], v.32, n7, p.7-11; 28-33, 1990.
- PAGE, A. L.; BINGHAM, F. T. Cadmium residues in the environment. In: GUNTHER, A. F. (Ed.). *Residue Reviews*. New York:Springer-Verlag, 1973. v.48, p.1-45.
- REIS, D. D.; SARTORI, H. J. F. Evolução tecnológica no monitoramento da qualidade do ar em coletores de material particulado. *Cad.Eng.*, Belo Horizonte, v.3, p.27-46, 1993.
- SÁNCHEZ, J.C. D.; GOMES, A. J. P. ; PINTAÚDE, D. A. Alguns elementos-traço nos carvões de Candiota de Hulha e Seival. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, 1982, Salvador. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. v.3. p.1170-1182.
- SÁNCHEZ, J. C. D. *Emissão de elementos-traços provenientes da combustão de carvão em caldeira de grande porte*. Porto Alegre, 1987. Dissertação de Mestrado - UFRGS, PPGEMM, 1987. 147p.
- SMITH, R. D.; CAMPBELL, J. A.; NIELSON, K. K. Concentration dependence upon particle size of volatilized elements in fly ash. *Environ Sci. Technol.*, [S.1], v.13, n.5, p.553-558, 1979.
- STERN, A. C. *Air pollution: the effects of air pollution*. 3.ed. New York: Academic Press, 1977. v.2, 683p.
- TAVARES, T. M. *Avaliação de efeitos das emissões de cádmio e chumbo em Santo Amaro, Bahia*. São Paulo, 1990. Tese de doutorado - USP, Instituto de Química 1990. 273p.
- TORREIRA, R. P. *Salas limpas: projeto, instalação, manutenção*. São Paulo: Hemus, 1992. 318p.
- WELLBURN, A. *Air pollution and acid rain: the biological impact*. Essex: Longman Scientific & Technical, 1988. 274p.
- WALDRON, H. A. *Metals in environment*. London: Academic Press, 1980. 333p.
- VARNEY, R.; McCORMAC, B. M. Atmospheric Pollutants. In: McCORMAC, B. M. (Ed.). *Introductions to the scientific study of atmospheric pollution*. Dordrecht-Holland: D. Reidel, 1971. p.5-51.
- VOLAND, B.; GÖTZE, J. Phasenzusammensetzung von Aerosolen der Industrielandschaft. *Z. Angew. Geol.*, Berlin, v.34, n.9, p.278-281, 1988.

# RECUPERAÇÃO DE ÁREAS UTILIZADAS PARA DEPÓSITOS DE REJEITOS DE MINAS DE CARVÃO

Larisa B. Gaivizzo  
Caio Vidor  
Marino J. Tedesco

## INTRODUÇÃO

As reservas brasileiras de carvão atingem 32 bilhões de toneladas, sendo que 87% encontram-se no Rio Grande do Sul. Apesar de importante recurso energético, a extração, o beneficiamento e a utilização do carvão mineral são atividades potencialmente poluidoras, o que pode representar elevado comprometimento ambiental. As jazidas existentes no Rio Grande do Sul apresentam altos teores de matéria mineral não combustível associados ao carvão, reduzindo o poder calorífico e liberando poluentes gasosos quando queimado. Durante o beneficiamento, 30 a 60 % do material minerado é refugado, resultando na produção de grandes volumes de rejeitos, constituídos basicamente por materiais carbonosos e minerais (pirita e argilominerais) sem valor comercial, que são depositados em áreas próximas ao local de mineração.

A recuperação dos depósitos está associada ao potencial de acidificação dos rejeitos carboníferos (DANIELS & STEWART, 1992). A oxidação da pirita forma ácido sulfúrico, promovendo a solubilização dos minerais presentes no rejeito. Em períodos de intensa precipitação pluviométrica, a água, de escoamento superficial ou a percolada através do rejeito, é ácida e possui alta concentração de metais dissolvidos, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos da região.

A cobertura das pilhas de rejeito carbonífero com solo, após a recuperação topográfica do local, é uma técnica padrão na recomposição de áreas mineradas, pois, além de reduzir o fluxo de entrada de água e ar no material, permite o estabelecimento vegetal. Entretanto, a quantidade de solo disponível dos horizontes superficiais e o elevado custo de cobertura das áreas tornam fundamental o estabele-

cimento de espessura mínima da camada de solo a ser aplicada sobre a superfície do resíduo. Em vista disso, desenvolveu-se o presente estudo com seguintes objetivos: Avaliar o efeito da adição de diferentes camadas de solo aplicadas sobre a superfície do resíduo carbonífero, em posições de subsuperfície e solo misturado ao resíduo sobre a composição química da água de lixiviação, rendimento de matéria seca, extração de nutrientes e metais pesados pelas culturas de milho (*Zea mays*), trevo branco (*Trifolium repens*) e aveia (*Avena strigosa*), Estudar o comportamento da microbiota do solo nessas condições.

## MATERIAL E MÉTODOS

As unidades experimentais (microparcelas) foram constituídas por tubos cilíndricos com 300 mm de diâmetro e 60 cm de altura. As diversas camadas, em centímetros a partir da superfície, de solo (S) e resíduo carbonífero (RC), que constituem os tratamentos encontram-se descritos na Tabela 1. Detalhes referentes à instalação do experimento foram dados por Vidor e outros (1994). Em 1995, cultivou-se aveia (UFRGS 10), semeando-se 50 sementes por vaso, com desbaste para 30 plantas aos 5 dias após a emergência - DAE. Foram feitas suplementações de N, P e K nas formas de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  e KCl, como solução nutritiva para atingir concentrações finais de 400 mg de N, 80 mg de P e 600 mg de K, suficientes para um rendimento aproximado de 20 g de matéria seca por vaso. Aos 40 DAE, colheram-se 10 plantas por vaso para determinação do peso de matéria seca e teor de nutrientes e metais pesados no tecido. Em 1996, semearam-se 10 sementes de milho híbrido simples (PIONNER 3069), desbastando-se para 6 plantas por vaso aos 5 DAE. Foram feitas suplementações de N, P e K nas formas de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  e KCl, como solução nutritiva para atingir concentrações finais de 300 mg de N, 300 mg de P e 920mg de K, suficientes para um rendimento aproximado de 50 g de matéria seca por vaso. Aos 30, 60 e 90 DAE, colheram-se duas plantas por vaso para as mesmas avaliações feitas para a aveia. As análises químicas no tecido vegetal foram executadas conforme metodologia descrita por Tedesco e outros (1995). Para avaliação da densidade populacional de bactérias, actinomicetos e fungos, pelo método de diluições sucessivas e contagem em placas de Petry, realizaram-se amostragens antes e após o cultivo de aveia.

Em 1995, adicionaram-se 3,0 L de água nos tratamentos 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 e 6,0 L nos tratamentos 2 e 3 antes do cultivo da aveia. Após o cultivo, adicionaram-se 2 L em todos os tratamentos. Nos dois períodos, a água de lixiviação foi coletada em garrafões conectados aos fundos das colunas, retirando-se as amostras 72 h após a lixiviação. Na água de lixiviação, foram determinados pH, CE,  $\text{NH}_4^+$ , Na e K (diretamente na amostra) e os teores totais de N, Ca, Mg, P, S, Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Pb e Cd (digestão ácida), conforme metodologia descrita por Tedesco e outros (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os rendimentos de matéria seca - MS das plantas de aveia e milho foram bastante afetados pela espessura da camada de solo aplicada sobre a superfície do resíduo carbonífero - RC (tabela 1). O tratamento 1, contendo apenas solo corrigido, apresentou o maior rendimento de MS para os dois cultivos. Nos tratamentos 2, 3 (com 60 cm de RC) e 5 (com 5 cm de solo sobre o RC), as plântulas de aveia e milho morreram poucos dias após a germinação das sementes, devido à acidez do resíduo. O aumento da espessura da camada de solo de 5 para 10 cm permitiu o estabelecimento da aveia e do milho. Para o cultivo de aveia, não houve diferença de rendimentos entre as camadas de 10 e 15 cm de solo aplicadas sobre o resíduo, sugerindo que uma camada de 10 cm seria suficiente para o estabelecimento dessa espécie. Entre os tratamentos contendo RC, o milho apresentou o maior rendimento de MS no tratamento 7, com uma camada de 15 cm de solo sobre o RC. Observou-se que o tratamento 4 (10 cm S + 1 cm  $\text{CaCO}_3$  aplicados sobre o RC) não apresentou diferença de rendimento de MS em relação ao tratamento 7, provavelmente devido à presença do corretivo. Mesmo assim, o desenvolvimento das plantas foi bastante prejudicado, apresentando sintomas de deficiências de N e P. As plantas também foram prejudicadas pela baixa disponibilidade de água na camada de solo, apesar das irrigações diárias.

A cultura de aveia apresentou diferenças nas concentrações dos elementos analisados na parte aérea das plantas. O alto teor de N foi devido à adição de solução nutritiva, na forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , durante o cultivo (Tabela 2). Observaram-se altas concentrações de Fe, Zn, Mn e B, devido à elevada concentração de íons solúveis na interface solo/resíduo (tabela 3). A adição de P durante o cultivo, através de solução nutritiva, na forma de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , foi responsável pela elevada concentração de Na no tecido (tabela 3). O aumento de concentração de íons solúveis na interface solo/resíduo é evidenciada pela concentração de Cd, Ni e Pb na aveia (tabela 4). Os tratamentos na presença de RC apresentaram maiores concentrações dos elementos que o tratamento 1, contendo apenas solo. As concentrações dos metais pesados nas plantas de milho, trevo e aveia situaram-se abaixo dos limites considerados excessivos ou tóxicos por Kabata-Pendias *et al.* (1986). A aveia extraiu elevadas quantidades de N, K, Mg, S, Na, Fe, B, Cu, Zn e Mn (tabelas 5 e 6). Durante o cultivo, adicionou-se N e K por solução nutritiva, o que determinou maior absorção desses elementos. A acidificação da interface solo/RC durante o período experimental acarretou maior disponibilidade de íons solúveis, sendo absorvidos em altas quantidades pela aveia. Ressalta-se que a aveia foi o cultivo que apresentou maior rendimento de matéria seca entre as espécies cultivadas.

**Tabela 1**  
**RENDIMENTO TOTAL DE MATÉRIA SECA**  
**DAS PLANTAS DE AVEIA E MILHO**

Tratamentos	Aveia	Milho	Média
		g vaso <sup>-1</sup>	
1 - 60 S	37,4	50,0	43,7
2 - 60 RC	0,0	0,0	0,0
3 - RC + PK	0,0	0,0	0,0
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	17,1	18,4	17,7
5 - 5 S + 55 RC	0,0	0,0	0,0
6 - 10 S + 50 RC	13,5	9,2	11,3
7 - 15 S + 45 RC	15,2	19,9	17,5
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	16,7	13,1	14,9
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	13,0	4,4	8,7
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	13,0	11,8	12,4
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	15,0	7,8	11,4
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	13,7	8,7	11,2
Média	13,0	12,0	

**Tabela 2**  
**CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE NITROGÊNIO,**  
**FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO, MAGNÉSIO E ENXOFRE**  
**NA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE AVEIA.**

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S
	%(mm <sup>-1</sup> )					
Aveia	2,33	0,50	2,85	0,20	0,20	0,28

**Tabela 3**  
**CONCENTRAÇÕES MÉDIAS DE FERRO, COBRE, ZINCO, MANGANÊS,**  
**BORO E SÓDIO NA PARTE AÉREA DAS PLANTAS DE AVEIA.**

Espécie	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Na
	ug g <sup>-1</sup>					
Aveia	580	5	25	241	184	459

**Tabela 4**  
**CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO, NÍQUEL E CHUMBO NA PARTE AÉREA**  
**DAS PLANTAS DE AVEIA (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)**

Tratamentos	Cd	Ni	Pb
1- 60 cm S	0,10	1,04	1,80
6 - 10 cm S + 50 cm RC	0,16	3,20	2,80
7 - 15 cm S + 45 cm RC	0,16	1,80	2,00
Média	0,14	2,01	2,20

**Tabela 5**  
**EXTRAÇÃO MÉDIA DE NITROGÊNIO, FÓSFORO, POTÁSSIO, CÁLCIO,**  
**MAGNÉSIO, ENXOFRE, SÓDIO E FERRO PELAS PLANTAS.**

Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Fe
Aveia	2080	70	540	40	50	47	8	10

**Tabela 6**  
**EXTRAÇÃO MÉDIA DE BORO, COBRE, ZINCO, MANGANÊS, SÓDIO,**  
**CÁDMIO, NÍQUEL E CHUMBO PELAS PLANTAS.**

Espécie	B	Cu	Zn	Mn	Cd	Ni	Pb
Aveia	2209	70	420	3820	2	40	40

A microbiota do solo foi sensivelmente afetada pela presença do RC (tabela 7). As menores populações de bactérias, actinomicetos e fungos ocorreram nos tratamentos com mistura solo/resíduo e solo abaixo do resíduo, amostrados a 10 cm do fundo do vaso. Esses resultados refletem a interação da drenagem ácida proveniente do RC com o solo durante as lixiviações. No decorrer do período experimental, constatou-se uma redução da população microbiana, provavelmente, devido à continuidade das reações de oxidação da pirita e conseqüente acidificação do sistema. No solo corrigido, a amostragem a 10 cm do fundo do vaso apresentou maior densidade populacional do que a amostragem efetuada a 10 cm do topo do vaso, provavelmente devido às menores flutuações de temperatura e umidade na parte inferior do vaso.

**Tabela 7**  
**EFEITO TRÊS DA ADIÇÃO DE RESÍDUO CARBONÍFERO**  
**SOBRE A MICROBIOTA DO SOLO EM AMOSTRAGENS**  
**EFETUADAS EM 1995 E 1996 (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).**

Tratamentos	Bactérias		Actinomicetos		Fungos	
	95	96	95	96	95	96
--- log do n <sup>o</sup> de propágulos x g <sup>-1</sup> de solo ---						
Solo sem correção	6,47	5,16	6,04	5,22	5,60	5,03
Solo com correção (amostrado a 10 cm do fundo do vaso)	6,88	5,45	6,07	5,03	4,53	4,28
Solo com correção (amostrado a 10 cm do topo do vaso)	4,25	4,38	4,84	3,80	4,15	3,23
Mistura solo/resíduo (amostrado a 10 cm do fundo do vaso)	3,43	SC <sup>2</sup>	3,18	SC <sup>2</sup>	4,38	2,96
Solo abaixo do resíduo (amostrado a 10 cm do fundo do vaso)	3,72	2,75	SC <sup>1</sup>	2,11	3,85	2,86

<sup>1</sup> Ausência de crescimento na diluição 10<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Ausência de crescimento na diluição 10<sup>1</sup>.

O pH da água de lixiviação-AL foi acentuadamente menor na presença de RC (tabela 8). No tratamento 1, com 60 cm de solo corrigido, o pH da AL foi de 6,8 em julho e 6,5 em novembro de 1995. Os valores de pH da AL nos tratamentos com RC em julho de 1995 ficaram em torno de 0,0 e 1,1 e em novembro entre 0,0 e 1,0. Os tratamentos 2 e 3, com 60 cm de RC, apresentaram os menores valores de pH. Os tratamentos 8 e 9, com mistura (1:1) e camadas alternadas de solo/resíduo, apresentaram uma diminuição na concentração de íons H<sup>+</sup> na AL. Nos tratamentos 10, 11 e 12, que apresentavam camadas de 5, 10 e 15 cm de solo abaixo do resíduo, também ocorreu uma diminuição na concentração de íons H<sup>+</sup> da AL, proporcional ao aumento da espessura da camada de solo.

A condutividade elétrica (CE) foi bastante afetada na presença do RC (tabela 8). Os valores de CE na AL do tratamento 1, com 60 cm de solo corrigido, variaram de 0,0 a 1,4 mS cm<sup>-1</sup> durante o período experimental. Os tratamentos 2 e 3, com 60 cm de RC, apresentaram os maiores valores de condutividade, enquanto os tratamentos 10, 11 e 12 apresentaram os menores valores, sendo proporcional ao aumento da espessura da camada de solo abaixo do resíduo de carvão. Nos tratamentos 8 e 9, com mistura (1:1) e

camadas alternadas de solo/resíduo, também ocorreu uma diminuição da CE na AL. O solo, em posição de subsuperfície e misturado ao resíduo, parece reter parte dos íons liberados durante a solubilização dos componentes do resíduo, diminuindo suas concentrações na AL.

**Tabela 8**  
VALORES DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA ÁGUA  
DE LIXIVIAÇÃO. AMOSTRAGENS EFETUADAS EM JULHO DE 1995 (95J)  
E NOVEMBRO DE 1995 (95N) (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

Tratamentos	pH		Condutividade elétrica	
	95J	95N	95J	95N
			---- mS cm <sup>-1</sup> ----	
1 - 60 S	6,8	6,5	0,8	1,4
2 - 60 RC	0,0	0,1	100,1	112,6
3 - RC + PK	0,0	0,0	102,0	116,7
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	0,5	0,3	75,5	91,9
5 - 5 S + 55 RC	0,2	0,3	80,6	95,6
6 - 10 S + 50 RC	0,5	0,4	71,3	89,2
7 - 15 S + 45 RC	0,3	0,4	82,0	91,8
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	0,9	0,9	33,5	35,9
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	0,5	0,6	46,6	59,9
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	0,7	0,6	49,2	65,3
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	0,8	0,7	48,5	49,6
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	1,1	1,0	45,2	40,6

As concentrações de S e Fe na AL na presença de RC foram significativamente maiores que as determinadas no tratamento 1, contendo 60 cm de solo corrigido. Em julho 1995, a concentração de S nos tratamentos com RC variou de 3,3 a 5,5 g L<sup>-1</sup>, enquanto em novembro de 1995, a variação foi de 10,0 a 23,0 g L<sup>-1</sup>. (tabela 9). A concentração de Fe na lixiviação de julho de 1995 oscilou entre 32,2 a 63,0 g L<sup>-1</sup> e em novembro de 40,8 a 59,8 g L<sup>-1</sup> (tabela 9). A principal fonte de S e Fe na AL é a reação de oxidação da pirita que libera sulfato de ferro e ácido sulfúrico.

O nitrogênio, fósforo e potássio apresentaram concentrações diferenciadas na AL dos tratamentos (tabela 10). Pelos resultados da lixiviação de N, constata-se que na lixiviação de julho de 1995, o tratamento 8, com mistura de solo e resíduo, exerceu um efeito estimulante na concentração do elemento na AL. Os tratamentos 9, 10, 11 e 12, com camadas de solo abaixo do resíduo, também apresentaram maiores concentrações de N em relação aos demais tratamentos com RC. A adição de N via solução nutritiva durante o cultivo da aveia, promoveu uma homogeneização na lixiviação do elemento, provavelmente devido ao limitado desenvolvimento radicular e conseqüente baixo aproveitamento do elemento e ainda à baixa capacidade de adsorção do RC parcialmente intemperizado. Por outro lado, o tratamento 1, com 60 cm de solo corrigido, apresentou menor perda de N via AL após o cultivo da aveia (tabela 10). As maiores concentrações de P na AL foram observadas na presença do RC em comparação ao tratamento 1, com 60 cm de solo corrigido. De acordo com os resultados obtidos por Vidor *et al.* (1994) o

elemento encontra-se em elevada concentração no resíduo, sendo liberado para a solução durante o intemperismo do material. O tratamento 3, com 60 cm de RC, apresentou as maiores perdas de P na AL, pois além da alta concentração do elemento no RC, recebeu suplementação à base de P e K. Devido ao solo ter sido adubado com P ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  e  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) na instalação do experimento, o tratamento 8, com mistura solo/resíduo, e os tratamentos 9, 10, 11 e 12, com camadas de solo em posição de subsuperfície, também apresentaram elevadas perdas de P na AL. Observa-se que ocorreu um aumento na concentração de P de julho a novembro de 1995, devido à adição de P via solução nutritiva durante o cultivo da aveia. Em função da baixa capacidade de adsorção do resíduo, grande parte do que não foi absorvido pelas plantas, lixiviou através das colunas de PVC (tabela 10).

**Tabela 9**  
 CONCENTRAÇÕES DE ENXOFRE E FERRO NA ÁGUA DE LIXIVIAÇÃO.  
 AMOSTRAGENS EFETUADAS EM JULHO DE 1995 (95J)  
 E NOVEMBRO DE 1995 (95N) (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

Tratamentos	Enxofre		Ferro	
	95J	95N	95J	95N
	----- g L <sup>-1</sup> -----			
1 - 60 S	0,01	0,05	0,002	0,03
2 - 60 RC	5,2	16	42,3	40,8
3 - RC + PK	5,5	18	39,0	55,8
4 - 10 S + 1 $\text{CaCO}_3$ + 49 RC	4,5	23	54,3	59,8
5 - 5 S + 55 RC	3,9	18	36,3	48,2
6 - 10 S + 50 RC	3,6	14	51,7	52,5
7 - 15 S + 45 RC	3,3	16	32,3	71,3
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	5,2	14	61,0	49,6
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	5,4	17	63,0	51,2
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	4,9	10	38,7	57,9
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	4,9	13	58,0	58,0
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	3,8	13	46,7	57,2

A lixiviação do K relacionou-se principalmente com os tratamentos suplementados com adubo. Por essa razão, encontra-se elevada quantidade do elemento na AL do tratamento 3. No tratamento 1, também ocorreu elevada lixiviação do K devido à adubação do solo na instalação do experimento. Os tratamentos 8, 9, 10, 11 e 12 apresentaram grande lixiviação de K, provavelmente devido à dissolução de elementos do RC, que por efeito de massa e de valência deslocaram o K dos pontos de troca do solo para a solução (tabela 10). A perda desse cátion, nas primeiras lixiviações, ocasionou menores concentrações na AL nas fases finais do período experimental.

**Tabela 10**  
**CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO**  
**NA ÁGUA DE LIXIVIAÇÃO. AMOSTRAGENS EFETUADAS EM 1993 (93),**  
**JULHO DE 1995 (95J) E NOVEMBRO DE 1995 (95N)**  
**(MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).**

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
	95J	95N	95J	95N	95J	95N
	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
1 - 60 S	2	7	4	5	47	3
2 - 60 RC	37	27	73	180	91	6
3 - RC + PK	34	29	99	390	130	12
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	29	28	57	173	75	5
5 - 5 S + 55 RC	17	28	32	178	53	5
6 - 10 S + 50 RC	12	26	26	145	61	4
7 - 15 S + 45 RC	10	32	21	107	49	5
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	47	28	99	197	88	4
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	27	25	61	174	92	4
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	18	24	42	139	87	4
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	29	17	59	199	80	4
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	29	17	88	174	60	4

**Tabela 11**  
**CONCENTRAÇÕES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NA ÁGUA DE LIXIVIAÇÃO.**  
**AMOSTRAGENS EFETUADAS EM JULHO DE 1995 (95J)**  
**E NOVEMBRO DE 1995 (95N) (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).**

Tratamentos	Cálcio		Magnésio	
	95J	95N	95J	95N
	----- mg L <sup>-1</sup> -----			
1 - 60 S	37	25	26	6
2 - 60 RC	40	34	54	141
3 - RC + PK	43	30	46	241
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	89	55	136	546
5 - 5 S + 55 RC	80	56	136	317
6 - 10 S + 50 RC	61	42	82	393
7 - 15 S + 45 RC	55	40	76	336
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	119	93	48	188
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	89	78	70	211
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	114	53	72	274
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	131	47	53	209
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	130	75	43	170

A concentração de Ca na AL dos tratamentos com RC foi maior que no tratamento 1, contendo solo corrigido. (tabela 11). O Ca encontra-se em grande quantidade no RC (Vidor *et al.* 1994) e a sua presença na AL deveu-se à dissolução dos minerais pela ação do ácido sulfúrico. A quantidade de Mg na AL dos tratamentos com RC foi superi-

or ao tratamento 1 (tabela 11). Esse fato também deveu-se à dissolução dos minerais do resíduo, no qual o elemento se apresenta em alta concentração (Vidor *et al.* 1994).

O sal sódico usado na suplementação de P no solo foi responsável por elevadas quantidades de Na na AL (Tabela 12). O tratamento 3 apresentou as maiores concentrações do elemento na AL em função da adição de Na na forma de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Também constataram-se grandes quantidades de Mn, Zn e Cu na AL na presença de RC, enquanto que as concentrações foram baixas no tratamento 1 (tabelas 12 e 13). A presença desses elementos na AL, principalmente do Mn e Zn, são devidas às reações de decomposição dos minerais presentes no rejeito (Vidor *et al.* 1994)). Como a solubilidade é controlada pelo pH para a maioria dos microelementos, a elevada acidez da AL mantém solúvel parte desses elementos e, conseqüentemente, com alta mobilidade.

Foram constatadas grandes quantidades de Cd, Ni e Pb na AL dos tratamentos com RC, não se detectou a presença desses elementos no tratamento 1 (tabela 14). A intemperização dos minerais do RC pelo ácido sulfúrico liberou diversos íons que se mantiveram solúveis devido ao baixo pH. Através da lixiviação, os mesmos aumentaram suas concentrações na AL, constituindo-se em potencial poluidor dos aquíferos receptores da drenagem. O aumento na concentração desses metais pesados na AL foi coerente com o aumento no tempo de intemperização do rejeito carbonífero.

**Tabela 12**

CONCENTRAÇÕES DE SÓDIO E MANGANÊS NA ÁGUA DE LIXIVIAÇÃO.  
AMOSTRAGENS EFETUADAS EM JULHO DE 1995 (95J)  
E NOVEMBRO DE 1995 (95N) (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)

Tratamentos	Sódio		Manganês	
	95J	95N	95J	95N
	----- mg L <sup>-1</sup> -----		----- mg L <sup>-1</sup> -----	
1- 60 S	27	88	0,1	0,3
2 - 60 RC	91	158	75,3	72,2
3 - RC + PK	102	253	64,0	78,2
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	92	149	102,3	113,1
5 - 5 S + 55 RC	72	151	111,0	82,1
6 - 10 S + 50 RC	75	145	79,3	76,3
7 - 15 S + 45 RC	62	168	54,7	11,6
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	96	131	68,0	42,3
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	109	133	122,3	65,5
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	69	151	86,5	67,8
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	103	132	59,0	43,5
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	70	105	62,7	65,2

**Tabela 13**  
**CONCENTRAÇÕES DE ZINCO E COBRE NA ÁGUA DE LIXIVIAÇÃO.**  
**AMOSTRAGENS EFETUADAS EM JULHO DE 1995 (95J)**  
**E NOVEMBRO DE 1995 (95N) (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES)**

Tratamentos	Zinco		Cobre	
	95J	95N	95J	95N
	----- mg L <sup>-1</sup> -----			
1- 60 S	0,03	0,5	0,03	0,03
2 - 60 RC	18,3	18,1	2,9	0,23
3 - RC + PK	17,7	23,5	1,7	0,80
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	47,7	40,1	2,4	0,82
5 - 5 S + 55 RC	24,3	22,4	1,9	1,51
6 - 10 S + 50 RC	32,3	24,5	2,1	0,77
7 - 15 S + 45 RC	24,3	26,1	1,3	1,43
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	23,7	15,8	3,9	1,44
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	27,0	16,6	3,3	0,52
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	22,3	22,1	3,2	1,01
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	25,7	20,1	3,2	0,9
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	37,0	21,8	2,8	1,70

**Tabela 14**  
**CONCENTRAÇÕES DE CÁDMIO, NÍQUEL E CHUMBO NA ÁGUA**  
**DE LIXIVIAÇÃO. AMOSTRAGENS EFETUADAS EM JULHO DE 1995 (95J)**  
**E NOVEMBRO DE 1995 (95N) (MÉDIA DE TRÊS REPETIÇÕES).**

Tratamentos	Cádmio		Níquel		Chumbo	
	95J	95N	95J	95N	95J	95N
	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
1- 60 S	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,06	<0,06
2 - 60 RC	0,7	1,6	40,7	61,7	7,9	9,0
3 - RC + PK	0,7	1,8	38,3	64,0	7,0	15,6
4 - 10 S + 1 CaCO <sub>3</sub> + 49 RC	0,8	2,3	54,7	70,6	6,2	13,5
5 - 5 S + 55 RC	0,5	1,2	45,7	60,7	5,3	12,3
6 - 10 S + 50 RC	0,5	0,8	37,2	60,3	3,5	9,8
7 - 15 S + 45 RC	0,6	2,3	34,3	90,8	3,9	17,8
8 - 10 S + 45 (1S:1RC) + 5 S	0,7	1,3	32,7	55,6	5,3	9,0
9 - 10 S + 20 RC + 5 S + 20 RC + 5 S	0,8	1,9	50,3	58,9	5,3	8,2
10 - 10 S + 45 RC + 5 S	0,7	1,4	46,0	58,5	3,9	11,3
11 - 10 S + 40 RC + 10 S	0,7	1,2	42,0	59,8	4,4	11,1
12 - 10 S + 35 RC + 15 S	0,6	1,3	31,1	59,8	2,6	8,0

## CONCLUSÕES

1. A utilização de camada de solo com espessura de 10 cm foi suficiente para o estabelecimento de trevo e aveia;
2. A concentração de Cd, Ni e Pb foi maior nas plantas de aveia cultivadas nos tratamentos contendo resíduo carbonífero;
3. A elevada acidez do resíduo carbonífero reduziu a densidade populacional de bactérias, actinomicetos e fungos nas camadas de solo de subsuperfície;

4. O baixo pH da água de lixiviação manteve parte dos elementos provenientes do RC, dissolvidos na solução, refletindo-se em elevada condutividade elétrica na AL;

5. O Fe, Mn, Zn e Ni foram os elementos que ocorreram em maiores concentrações na AL.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DANIELS, W.L.; STEWART, B.R. Physical and chemical properties of coal refuse from Southwest Virginia. *J. Environ. Qual.*, n.21, n.635-642, 1992.
- JOOST, R.E.; OLSEN, F.J.; JONES, J.H. Revegetation and minesoil development of coal refuse amended with sewage sludge and limestone. *J. Environ. Qual.*, n.16, p.65-68, 1987.
- KABATA-PENDIAS, A. & H. PENDIAS. *Trace elements in soil and plants*, 1986. (RC Press, Inc. 315p.)
- TAYLOR, R.W.; IBEABUCHI, I.O.; SISTANI, K. R.; SHUFORD, J.W. Accumulation of some metals by legumes and their extractibility from acid mine spoil. *J. Environ. Qual.*, n.21, p.176-180, 1992.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análises do solo, plantas e outros materiais. 2.ed. *Boletim Técnico n.5*, Dep. de Solos, UFRGS. Porto Alegre, 174p. 1995.
- TORREY, S. 1978. Trace contaminants from coal. Park Ridge, Noyes Data Corporation. 249p.
- VIDOR, C.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. *Recuperação de áreas utilizadas para depósitos de rejeitos de minas de carvão*. Relatório parcial n.2/FINEP, subprojeto 213, Centro de Ecologia/UFRGS, 1994

# **PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE BACTERIANA EM AMBIENTES LÓTICOS RECEPTORES DA DRENAGEM DE MINERAÇÃO DE CARVÃO**

Maria Teresa Raya Rodriguez  
Nelson Augusto Flores Machado  
Stella Maris Leonardi  
Graciema Formolo Pellini  
Liege Abel  
Catarina Pedrozo  
Willi Bruschi Júnior  
Ozório Menezes Fonseca  
Maria Elaine de Oliveira  
Vera Lúcia Atz

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As atividades deste sub-projeto envolvem a avaliação de 41 variáveis abióticas e de determinações quantitativas de organismos do grupo “ bactérias totais” em água sub-superficial das dez estações de coleta do grupo de Águas do projeto geral (Anexo 1).

O programa de monitoramento teve início em setembro de 1993 e término em setembro de 1994, com periodicidade de a cada dois meses. Foram amostrados seis estações na bacia do arroio do Conde (1 a 6), duas estações na Bacia do Arroio dos Ratos (7 e 8) e duas estações na bacia do arroio da Porteira (9 e 10).

O enquadramento do sistema monitorado dentro de padrões de classificação, Resolução CONAMA 20 (BRASIL,1986), permite uma tipificação das bacias como base de uma política de meio ambiente. Quando o parâmetro analisado não estiver contemplado nesta legislação, serão utilizadas avaliações limnoquímicas de sistemas hídricos naturais.

As análises físicas, químicas e microbiológicas que fornecem os resultados apresentados neste relatório, seguem as metodologias padronizadas, sendo na Tabela 1 detalhado o princípio do método ( APHA, 1985; GOLTERMAN e outros, 1969; ZAHRADNIK, 1981).

**Tabela 1**  
METODOS UTILIZADOS NAS ANÁLISES QUANTITATIVAS

Parâmetro	Método
Transparência	Disco de Secchi branco com 20 cm de diâmetro
Temperatura	Termômetro de mercúrio
pH	Potenciometria
Condutividade elétrica	Condutivimetria
Oxigênio dissolvido	Oxímetro
Alcalinidade	Titulação potenciométrica de neutralização
Dureza	Titulação complexométrica com EDTA
Turbidez	Nefelometria
Sólidos suspensos e dissolvidos	Gravimetria
Sólidos sedimentáveis	Cone de Imhoff
DQO	Método do Dicromato de Potássio, com Ferroin como indicador
DBO	Método de Winkler e incubação a 20°C por 5 dias
Fósforo total e ortofosfato	Método colorimétrico com ácido ascórbico
Nitrato	Método colorimétrico com salicilato de sódio
Nitrato	Método colorimétrico com sulfanilamida
Nitrogênio amoniacal	Destilação Kjeldahl
Nitrogênio total	Digestão e destilação Kjeldahl
Cloreto	Titulação argentimétrica
Sulfato	Turbidimetria
Fenóis	Cromatografia líquida
Bactérias totais	Método da membrana filtrante
Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn	Espectrofotometria de absorção atômica com chama
Na, K	Espectrometria de emissão
Al, Cd, Cr, Ni, Pb	Espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite
Hg, As, Se	Espectrofotometria de absorção atômica com vapor frio e geração de hidretos

## RESULTADOS

### Transparência de Secchi e profundidade

Os valores da transparência, medida com disco de Secchi de 20 cm de diâmetro, encontram-se na Tabela 2 para o período monitorado. Os resultados expressos graficamente sob a forma de média e desvio-padrão, estão apresentados na Figura 1(a) para bacia do arroio do Conde, Figura 1(b) para bacia do arroio dos Ratos e Figura 1(c) para bacia do arroio da Porteira.

**Tabela 2**  
**VALORES DA TRANSPARÊNCIA DE SECCHI (M) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/94	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,35	0,30	0,10	0,17	0,40	0,37
Ponto 2	0,30	0,20	0,20	0,20	0,45	0,17
Ponto 3	0,20	0,30	0,20	0,20	0,22	0,20
Ponto 4	0,17	0,23	0,10	0,10	0,20	0,10
Ponto 5	0,40	0,30	0,27	0,22	0,30	0,23
Ponto 6	0,60	0,70	0,60	0,65	0,60	0,80
Ponto 7	0,30	0,20	0,40	0,90	0,70	0,50
Ponto 8	0,30	0,43	0,15	0,22	0,30	0,20
Ponto 9	0,30	0,30	0,60	0,40	0,40	0,55
Ponto 10	0,40	0,20	0,10	0,17	0,15	0,16

**TRANSPARÊNCIA - Bacia do Arroio do Conde**

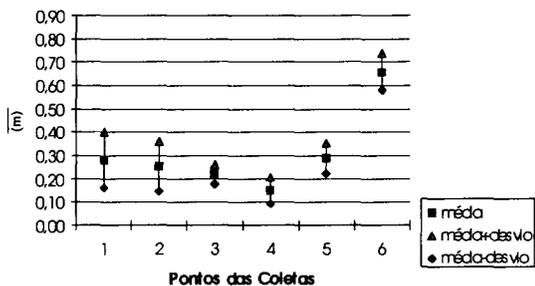


Figura 1(a)

**TRANSPARÊNCIA - Bacia do Arroio dos Ratos**

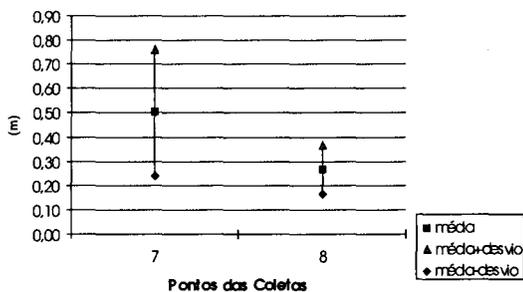


Figura 1(b)

### T R A N S P A R Ê N C I A - B a c i a d o A r r o i o d a P o r t e i r a

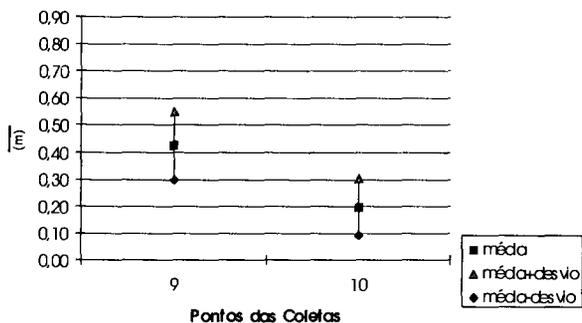


Figura 1(c)

Os valores da profundidade, avaliada com ecobatímetro, para o período de estudo estão apresentados na Tabela 3 e os valores médios com amplitude de variação nas Figuras 2(a), 2(b) e 2(c) para as bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 3**  
**PROFUNDIDADE (M) DAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,35	0,30	0,20	0,17	0,40	0,37
Ponto 2	0,30	0,20	0,20	0,20	0,45	0,17
Ponto 3	0,20	0,30	0,20	0,20	0,22	0,20
Ponto 4	0,20	0,26	0,10	0,10	0,20	0,10
Ponto 5	0,40	0,30	0,27	0,22	0,30	0,23
Ponto 6	0,60	1,10	0,90	1,70	2,10	1,20
Ponto 7	0,30	0,20	0,40	0,90	0,70	0,50
Ponto 8	0,30	1,20	0,15	0,22	0,30	0,20
Ponto 9	0,30	1,40	1,20	1,50	1,90	0,55
Ponto 10	0,40	0,20	0,10	0,17	0,15	0,16

**PROFUNDIDADE - Baía do Arroio do Conde**

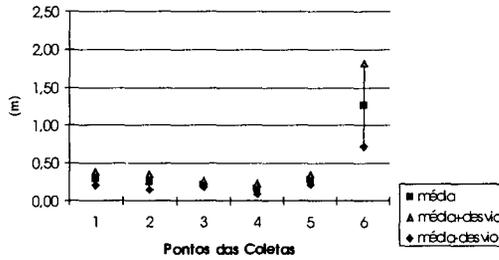


Figura 2(a)

**PROFUNDIDADE - Baía do Arroio dos Ratos**

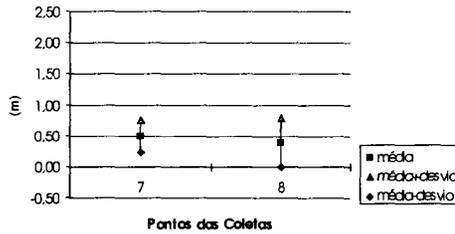


Figura 2(b)

**PROFUNDIDADE - Baía do Arroio da Porteira**

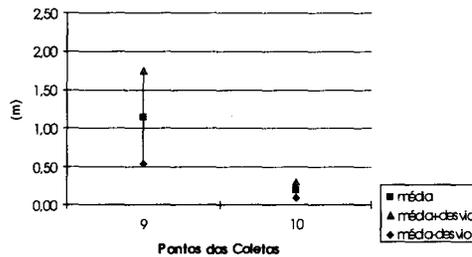


Figura 2(c)

Através da interpretação dos valores obtidos nos parâmetros de Profundidade e Transparência, verifica-se que a maioria das estações caracterizam-se por serem muito rasas. As estações de 1 a 5 no arroio do Conde, as duas estações do arroio dos Ratos e a estação 10 do arroio da Porteira, apresentam profundidade média anual inferior a 0,5 m. A estação 6 do arroio do Conde e a estação 9 do Arroio da Porteira apresentam profundidade média anual em torno de 1,2 m. Para as estações do arroio do Conde e a estação 9 do arroio da Porteira, as maiores profundidades foram medidas no mês de junho/94. O ponto 10 do arroio da Porteira alcançou a maior profundidade em setembro/93. Para as estações do arroio dos Ratos o maior valor para o ponto 7 foi em abril/94 e para o ponto 8 foi em novembro/93.

Comparando-se os dados de profundidade média com os valores obtidos na medida da Transparência, verifica-se que todas as estações monitoradas apresentam a totalidade da coluna d'água iluminada, favorecendo assim, os processos de produção primária.

## Temperatura

A temperatura da água é um fator que acompanha evidentemente o clima regional, Tabela 4. A média das temperaturas anuais por estação de coleta, bem como sua amplitude encontram-se nas Figuras 3 (a) para bacia do arroio do Conde, 3(b) para bacia do arroio dos Ratos e 3(c) para bacia do arroio da Porteira.

Tabela 4  
TEMPERATURA (°C) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	16,2	21,0	23,0	15,0	12,2	16,8
Ponto 2	16,2	20,5	23,0	17,0	12,5	16,0
Ponto 3	17,0	19,0	22,0	15,0	13,2	15,8
Ponto 4	21,5	24,0	23,0	20,2	13,8	19,0
Ponto 5	17,5	21,0	24,0	17,0	13,4	15,6
Ponto 6	17,5	20,5	23,5	17,1	13,6	15,6
Ponto 7	14,5	23,0	24,5	18,0	15,0	23,0
Ponto 8	17,0	22,0	24,5	18,0	15,0	16,0
Ponto 9	15,5	22,0	24,5	16,8	14,5	15,4
Ponto 10	15,0	22,0	23,0	16,1	13,9	15,4

A Temperatura da água acompanhou a variação climático-sazonal, atingindo os maiores valores em janeiro/94 e os valores mais baixos em junho/94. Estes valores variaram de 12,2 °C a 24,5 °C. Todas as estações apresentaram média anual em torno de 17,7 °C, exceto a estação 4 no Arroio do Conde que apresentou média superior a 20,2 °C e a estação 7 no arroio dos Ratos, que apresentou média de 19,7 °C. Este incremento verificado de 2°C em relação à média das demais estações poderia indicar a existência de impacto antrópico.

## Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água constitui uma das variáveis mais importantes no estudo de ecossistemas hídricos, visto que pode fornecer importantes informações tanto sobre o metabolismo do sistema, como sobre fenômenos importantes que ocorrem na sua bacia de drenagem. Pode indicar a magnitude da concentração iônica e ajudar na detecção de fontes poluidoras.

Nas estações monitoradas a Tabela 5 fornece os valores obtidos ao longo do período estudado e as Figuras 4(a), 4(b), 4(c) indicam os resultados médios e a amplitude de variação para as bacias do Conde, arroio dos Ratos e arroio da Porteira, respectivamente.

**Tabela 5**  
VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ( $\mu\text{S}/\text{CM}$  A  $20^\circ\text{C}$ )  
NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	30,0	30,0	30,0	30,0	20,0	20,0
Ponto 2	230	320	320	480	140	120
Ponto 3	30,0	30,0	30,0	30,0	10,0	20,0
Ponto 4	390	470	390	750	160	200
Ponto 5	330	320	230	320	140	210
Ponto 6	540	300	500	290	150	190
Ponto 7	190	150	390	130	100	50,0
Ponto 8	40,0	50,0	61,0	50,0	30,0	40,0
Ponto 9	30,0	30,0	10,0	20,0	20,0	60,0
Ponto 10	30,0	40,0	40,0	30,0	20,0	230

As grandezas destas medidas variaram de 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na estação 9 da bacia do arroio da Porteira a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$  na estação 4 da bacia do arroio do Conde, denotando uma variabilidade muito grande no sistema estudado. Os valores médios anuais também evidenciam esta diferença bastante acentuada entre as estações com valores abaixo de 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$  como as estações 1 e 3 do Arroio do Conde, estação 8 do arroio dos Ratos e as duas estações do arroio da Porteira. Valores médios de condutividade de 100 a 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  caracterizaram as estações 2 e 5 do Arroio do Conde e a estação 7 do Arroio dos Ratos. As estações 4 e 6 do arroio do Conde apresentaram valores com média anual entre 300 e 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os maiores valores medidos foram verificados no ponto 4 da bacia do arroio do Conde, denotando o alto impacto antrópico nesta bacia, pois quando comparado com o valor da condutividade apresentado no ponto 1 da mesma bacia, representante de um local não impactado, a condutividade é aumentada em média quinze vezes.

## **PH**

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes em ecossistemas aquáticos, pois ele interfere no tipo de comunidade, em processos bioquímicos, no balanço de  $\text{CO}_2$ , na natureza química da água e na solubilidade de sais.

No estudo realizado o acompanhamento mensal das estações monitoradas está mostrado na Tabela 6, os valores médios e amplitude de variação nas Figuras 5(a) para bacia do arroio do Conde, Figura 5(b) para bacia do arroio dos Ratos e Figura 5(c) para bacia do arroio da Porteira.

**Tabela 6**  
**VALORES DE PH NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	6,81	6,12	6,60	5,65	6,67	7,28
Ponto 2	7,20	6,58	6,59	6,35	6,12	6,16
Ponto 3	6,57	6,65	6,70	6,00	7,30	6,16
Ponto 4	4,86	3,56	3,40	2,62	4,90	4,44
Ponto 5	6,10	6,38	5,54	4,96	6,17	5,64
Ponto 6	6,30	6,00	4,70	5,11	6,02	5,64
Ponto 7	3,39	5,82	4,50	2,71	3,98	3,48
Ponto 8	5,37	6,50	6,38	5,86	6,62	6,01
Ponto 9	6,22	5,40	5,90	5,76	7,09	5,97
Ponto 10	6,23	6,43	6,50	5,86	7,12	6,08

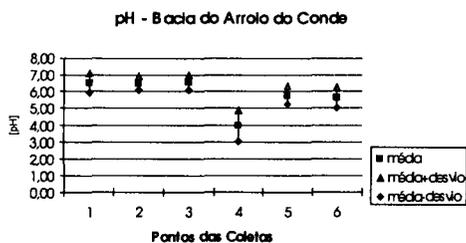


Figura 5(a)

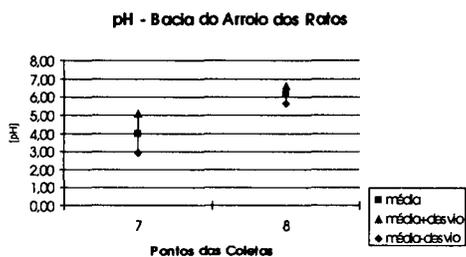


Figura 5(b)

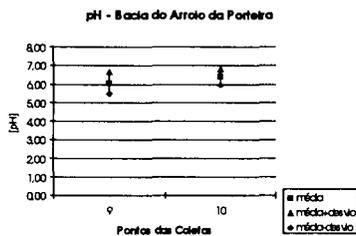


Figura 5(c)

Pela legislação CONAMA 20, o pH médio para águas doces do território nacional deve situar-se em uma faixa de valores compreendidos entre 6,0 e 9,0. Todas as estações monitoradas apresentam média anual em torno do pH 6,0, exceto as estações 4 do arroio do Conde e a estação 7 do Arroio dos Ratos que apresentaram, ambas, um pH médio anual em torno de 3,9 e atingiram os valores extremos de 2,62 (estação 4) e de 2,71 (estação 7) no mês de abril/94.

Este comportamento apresentado evidencia a influência do processo de mineração sobre o sistema hídrico da região. Estes resultados estão em concordância com os valores medidos de condutividade nas estações de coleta, pois um pH ácido favorece a dissolução de substâncias químicas, com o conseqüente aumento da condutividade elétrica da coluna d'água.

### **Oxigênio dissolvido (OD) e nível de saturação**

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de O<sub>2</sub> para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos.

A concentração de oxigênio dissolvido ao longo do período estudado nos pontos de coleta estão mostrados na Tabela 7, os valores médios e amplitude de variação nas Figuras (6a), (6b) e (6c) para as bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 7**  
VALORES DE OD (mg/l O<sub>2</sub>) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	8,50	7,70	5,50	7,70	8,30	9,10
Ponto 2	9,20	10,00	7,90	7,70	9,10	10,30
Ponto 3	10,90	11,90	7,10	8,90	9,40	10,70
Ponto 4	9,50	7,60	5,70	6,00	7,30	7,10
Ponto 5	9,50	8,50	5,20	7,30	8,50	9,80
Ponto 6	9,20	7,50	5,70	7,50	8,30	9,60
Ponto 7	10,00	5,50	3,00	6,40	8,70	6,90
Ponto 8	9,00	8,00	6,00	7,50	7,10	9,80
Ponto 9	10,00	7,40	6,00	6,90	8,70	9,40
Ponto 10	10,50	8,00	6,30	7,10	9,10	9,60

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - Bacia do Arroio do Conde

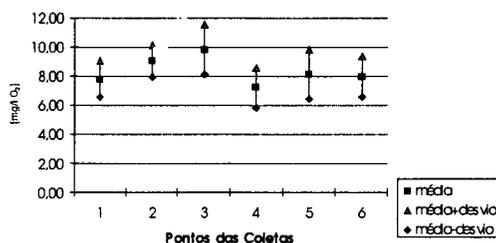


Figura 6(a)

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - Bacia do Arroio dos Ratos

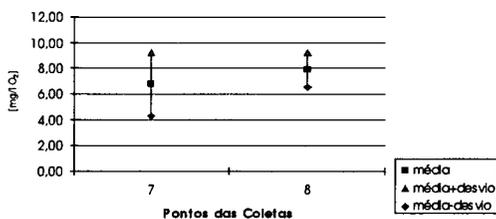


Figura 6(b)

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - Bacia do Arroio da Porteira

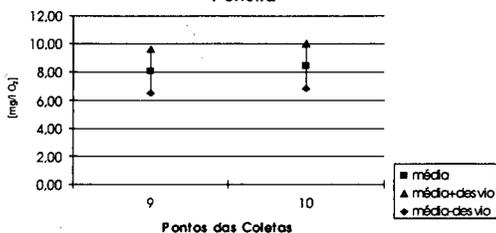


Figura 6(c)

A água superficial dos pontos monitorados apresenta concentração média anual de Oxigênio dissolvido que atende ao padrão Classe I (CONAMA 20), que é de uma concentração superior a 6 mg/l de O<sub>2</sub>. Os menores valores foram medidos em janeiro/94 para todas as estações monitoradas. A estação 4 no arroio do Conde e a estação 7 no arroio dos Ratos foram as que apresentaram os valores médios mais baixos de OD, com 7,20 mg/l O<sub>2</sub> e 6,75 mg/l O<sub>2</sub>, respectivamente. A estação 7 do arroio dos Ratos foi a que apresentou o maior coeficiente de variação de 36,3%.

O nível de saturação de oxigênio é calculado através da dependência de solubilidade deste gás com a temperatura da água (Tabela 4). Os valores calculados encontram-se na Tabela 8.

**Tabela 8**  
**VALORES DE SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO (%) NAS ESTAÇÕES**  
**DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	85,6	85,3	63,4	75,6	76,8	92,8
Ponto 2	92,6	109	91,0	78,8	84,7	103
Ponto 3	112	127	80,1	87,4	88,9	107
Ponto 4	106	89,9	65,7	65,5	69,9	75,7
Ponto 5	98,3	94,2	61,0	74,7	80,7	97,5
Ponto 6	95,2	82,3	66,3	76,9	79,2	95,5
Ponto 7	97,2	63,9	35,5	66,9	85,4	79,5
Ponto 8	92,2	90,3	71,0	78,4	69,7	98,3
Ponto 9	99,3	83,5	71,0	70,4	84,6	93,0
Ponto 10	103	90,3	72,6	71,3	87,4	95,1

A água superficial dos pontos monitorados não apresenta “déficits” de oxigênio acentuados. De todas as análises, 11,6% das amostras apresentam hipersaturação (acima de 100%) e 72,0% dos dados, valores entre 70 e 99% de saturação, o que evidencia um bom grau de oxigenação do sistema. Uma percentagem de 13,3% das amostras apresentaram valores entre 60 e 70% de saturação de O<sub>2</sub>. Todas as estações apresentaram os valores mais baixos de saturação de O<sub>2</sub> no mês de janeiro/94, sendo que a estação 7 do arroio dos Ratos atingiu o valor de 35,5%.

Através do impacto verificado pelas atividades de mineração, e já evidenciado pelos parâmetros anteriormente analisados, o consumo de Oxigênio nestes corpos d’água ocorre, em grande parte, devido aos processos de oxidação de íons metálicos solubilizados.

### **Sólidos suspensos e sólidos dissolvidos**

O somatório dos Sólidos dissolvidos (resíduo filtrável) e dos suspensos (resíduo não filtrável) representa o teor de Sólidos Totais presentes na água em análise. No período monitorado foram analisados os Sólidos Dissolvidos (Tabela 8) e os Sólidos Suspensos (Tabela 9). A concentração média, bem como o intervalo de variação estão apresentados para Sólidos Dissolvidos nas Figuras 7(a), para a bacia do Conde, Figura 7(b), para a bacia dos Ratos e Figura 7(c) para bacia da Porteira. Para Sólidos em Suspensão o valor médio sua amplitude de variação ao longo do período monitorado encontram-se nas Figuras 8(a), 8(b) e 8(c) para as bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 8**

VALORES DE SÓLIDOS DISSOLVIDOS (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	43,0	41,0	49,0	45,0	45,0	10,0
Ponto 2	20,0	23,0	24,0	22,0	22,0	10,0
Ponto 3	37,0	39,0	41,0	38,0	37,0	21,0
Ponto 4	51,0	50,0	55,0	52,0	53,0	25,0
Ponto 5	47,0	45,0	49,0	48,0	44,0	38,0
Ponto 6	42,0	49,0	57,0	46,0	59,0	29,0
Ponto 7	39,0	30,0	38,0	36,0	35,0	21,0
Ponto 8	53,0	59,0	67,0	51,0	65,0	42,0
Ponto 9	58,0	63,0	71,0	59,0	75,0	39,0
Ponto 10	35,0	69,0	73,0	34,0	74,0	51,0

SÓLIDOS DISSOLVIDOS - Baía do Arroio do Conde

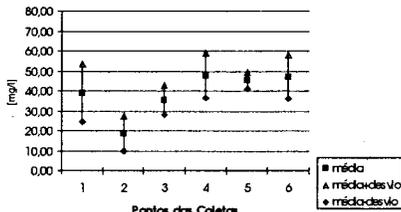


Figura 7(a)

SÓLIDOS DISSOLVIDOS - Baía do Arroio dos Ratos

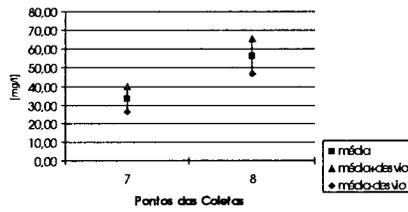


Figura 7(b)

SÓLIDOS DISSOLVIDOS - Baía do Arroio da Porteira

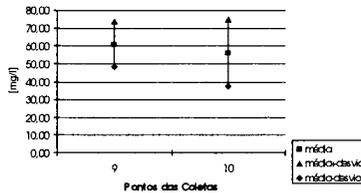


Figura 7(c)

A legislação CONAMA 20 estabelece um limite de 500 mg/l para os Sólidos Dissolvidos nas águas Classe I. Os valores médios analisados para todas as estações monitoradas, encontram-se muito abaixo deste limite legislado, apresentando valores inferiores a 60 mg/l para sólidos dissolvidos totais.

**Tabela 9**  
**VALORES DE SÓLIDOS SUSPENSOS (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	93,0	99,0	98,0	97,0	89,0	60,0
Ponto 2	29,0	35,0	32,0	32,0	36,0	24,0
Ponto 3	75,0	76,0	76,0	77,0	73,0	51,0
Ponto 4	132	139	143	140	129	83,0
Ponto 5	121	144	152	131	140	89,0
Ponto 6	153	163	171	148	165	73,0
Ponto 7	151	155	153	150	152	102
Ponto 8	164	167	169	170	165	131
Ponto 9	137	180	185	144	181	50,0
Ponto 10	87,0	85,0	81,0	85,0	80,0	14,0

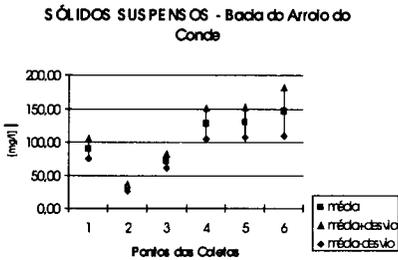


Figura 8(a)

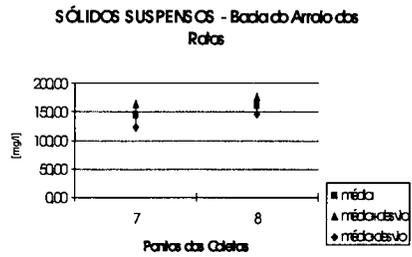


Figura 8(b)

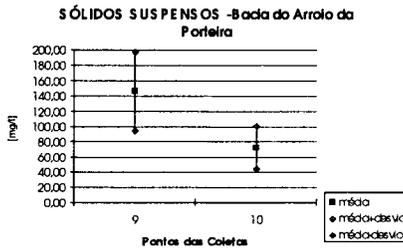


Figura 8(c)

Pela análise dos resultados obtidos, pode-se verificar que os pontos 4, 5 e 6 do arroio do Conde, os dois do arroio dos Ratos e o ponto 9 do arroio da Porteira apresentaram média anual mais elevada, superior a 120 mg/l, do que os demais pontos, que apresentaram média anual inferior a 89 mg/l.

A análise dos Sólidos Dissolvidos (SD) em relação aos Sólidos Suspensos (SS) referente ao valor médio encontram-se na Tabela 10.

**Tabela 10**  
VALORES MÉDIOS DE SD/SS NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

Ponto	SD/SS
1	0,43
2	0,59
3	0,50
4	0,37
5	0,35
6	0,32
7	0,23
8	0,35
9	0,42
10	0,78

Através da interpretação dos valores da Tabela 10, verifica-se que, para a maioria dos pontos, existe uma maior proporção de Sólidos Suspensos na composição dos Sólidos Totais das águas analisadas. Apenas a estação 3 do arroio do Conde apresentou uma distribuição equitativa e a estação 2 apresentou uma maior presença de Sólidos Dissolvidos.

### Sólidos sedimentáveis

Os sólidos Sedimentáveis devem estar virtualmente ausentes, para atendimento dos padrões do CONAMA 20.

No monitoramento realizado este parâmetro obteve as concentrações apresentadas na Tabela 11 e a média anual com sua amplitude de variação é visualizada nas Figuras 9(a), 9(b) e 9(c) para as bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 11**  
VALORES DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS (ML/L) NAS ESTAÇÕES  
DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,10	0,10	0,25	0,00	0,00	0,20
Ponto 2	0,30	0,90	2,50	0,50	1,00	0,30
Ponto 3	0,00	0,10	0,00	0,00	0,20	0,00
Ponto 4	4,00	2,00	2,70	1,20	2,00	1,50
Ponto 5	0,20	0,20	0,15	0,10	0,20	0,20
Ponto 6	0,50	0,20	0,01	0,10	0,90	0,30
Ponto 7	0,00	3,00	1,60	0,20	0,00	0,00
Ponto 8	0,00	1,00	0,03	0,10	0,00	0,10
Ponto 9	0,10	0,30	0,04	0,20	0,20	0,10
Ponto 10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,30	0,00

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS - Bacia do Arroio do Conde

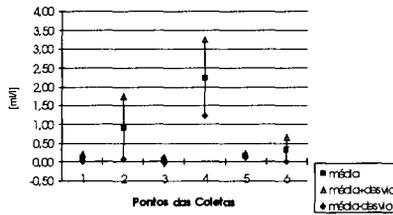


Figura 9(a)

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS - Bacia do Arroio dos Ratos

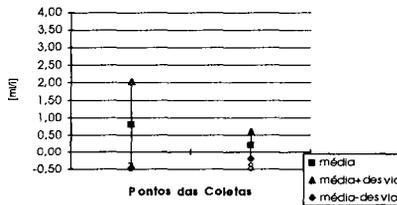


Figura 9(b)

SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS - Bacia do Arroio da Porteira

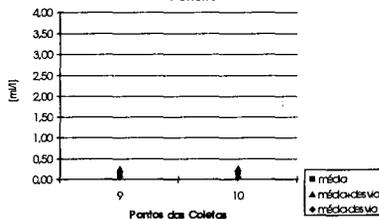


Figura 9(c)

A média anual para todas as estações é baixa, com valores inferiores a 1,0 ml/l, exceto para a estação 4 do arroio do Conde, que apresentou o valor médio de 2,2 ml/l. As estações avaliadas atendem os padrões da legislação ambiental.

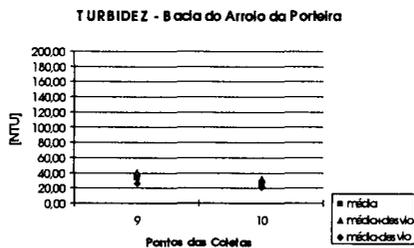
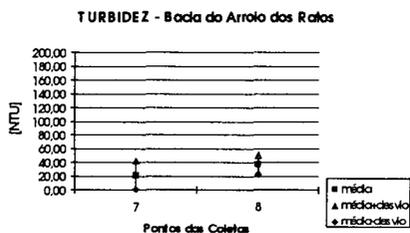
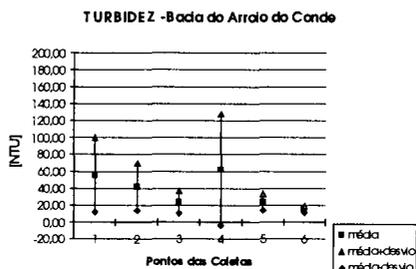
## Turbidez

A turbidez da água é a medida de sua capacidade em dispersar a radiação. Os principais responsáveis pela turbidez são principalmente as partículas suspensas (bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos e inorgânicos) e em menor quantidade os compostos dissolvidos.

Nos locais estudados o monitoramento da Turbidez encontra-se na Tabela 12 e os valores médios e amplitude de variação é verificada nas Figuras 10(a) para a bacia do arroio do Conde, Figura 10(b) para a bacia do arroio dos Ratos e Figura 10(c) para a bacia do arroio da Porteira.

**Tabela 12**  
**VALORES DA TURBIDEZ (NTU) NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	66,7	24,4	138	50,7	20,2	34,1
Ponto 2	59,1	20,9	89,6	29,2	16,7	32,7
Ponto 3	29,9	17,4	47,9	18,1	14,0	14,6
Ponto 4	75,7	44,5	189	17,4	26,4	18,8
Ponto 5	34,8	11,9	34,0	19,5	14,6	25,1
Ponto 6	10,5	11,2	14,6	20,8	16,7	16,7
Ponto 7	4,90	18,1	25,7	61,2	4,90	14,6
Ponto 8	50,1	39,6	20,9	25,0	53,5	32,0
Ponto 9	45,9	29,2	30,6	36,8	27,8	30,6
Ponto 10	34,8	18,1	27,8	29,2	24,6	23,7



O valor médio obtido para turbidez atende a legislação ambiental para águas Classe I, que é de até 40 NTU em todas as estações de coleta, exceto nas estações 2 e 4 do arroio do Conde onde a Turbidez apresentou valor médio de 41,3 e 61,9 NTU, respectivamente, atendendo a legislação para águas Classe II, que é de até 100 NTU. Os coeficientes de variação dos valores médios anuais são muito altos, em torno de 100%, para o ponto 4 da bacia do arroio do Conde e para o ponto 7 da bacia do Arroio dos Ratos. As estações do arroio da Porteira apresentaram coeficientes de variação inferiores a 20%.

## Alcalinidade

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar ácidos. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, que estejam presentes no corpo hídrico.

Tendo em conta a faixa de pH obtida nos locais estudados (Tabela 6), nestas águas superficiais a pouca alcalinidade obtida deve-se, principalmente, a presença de bicarbonatos.

Os valores da alcalinidade ao longo de período monitorado encontram-se na Tabela 13 e os valores médios com a variação anual estão apresentados nas Figuras 11(a), (b) e (c), para as bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 13**  
VALORES DA ALCALINIDADE (MEQ/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,18	0,19	0,10	0,09	0,14	0,22
Ponto 2	0,22	0,54	0,19	0,36	0,08	0,27
Ponto 3	0,18	0,20	0,16	0,15	0,17	0,17
Ponto 4	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ponto 5	0,13	0,15	0,16	0,00	0,10	0,16
Ponto 6	0,19	0,22	0,04	0,05	0,05	0,13
Ponto 7	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00	0,00
Ponto 8	0,18	0,26	0,34	0,21	0,12	0,27
Ponto 9	0,14	0,21	0,25	0,11	0,11	0,14
Ponto 10	0,15	0,25	0,27	0,16	0,14	0,17

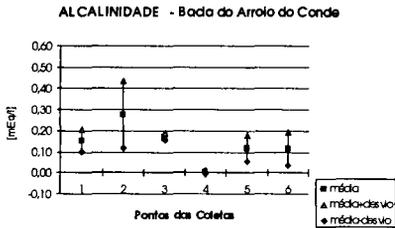


Figura 11(a)

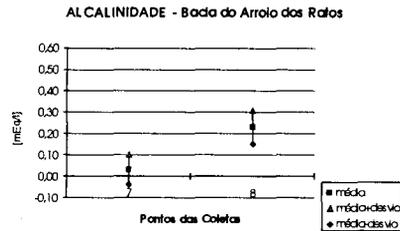


Figura 11(b)

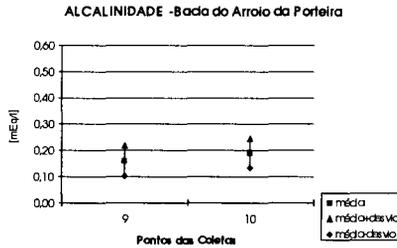


Figura 11(b)

A reserva alcalina dos sistemas hídricos da região é bastante pequena. O valor máximo determinado foi de 0,36 mEq/l na estação 2 do Arroio do Conde. As estações 4 do Arroio do Conde e a 7 do Arroio dos Ratos apresentaram média anual de 0,00 e de 0,03 mEq/l, respectivamente. A influência do efluente da mineração sobre este parâmetro é evidente e muito pronunciada. O comportamento das estações de coleta para os parâmetros alcalinidade, condutividade elétrica e pH é semelhante, revelando a fragilidade do sistema hídrico, principalmente para a estação 4 da Bacia do Conde e para a estação 7 da Bacia do Arroio dos Ratos.

## DUREZA

O acompanhamento da dureza nos pontos monitorados ao longo do período de estudo encontram-se na Tabela 14 e a variação anual, bem como a concentração média estão visualizados nas Figuras 12(a), para a Bacia do Conde, Figura 12(b) para Bacia do Arroio dos Ratos e Figura 12(c) para a Bacia do Arroio da Porteira.

**Tabela 14**

VALORES DA DUREZA (MG/L  $\text{CaCO}_3$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	11,9	11,8	11,2	6,90	15,2	7,40
Ponto 2	90,4	146	122	183	18,1	55,5
Ponto 3	8,90	7,90	8,10	8,90	21,7	5,40
Ponto 4	93,4	114	97,5	260	47,8	63,5
Ponto 5	108	122	92,4	116	53,6	94,2
Ponto 6	192	134	217	122	55,8	83,3
Ponto 7	42,9	51,2	104	35,7	29,0	55,5
Ponto 8	11,7	7,90	21,3	18,8	24,6	13,9
Ponto 9	8,80	35,4	16,2	16,9	14,5	8,40
Ponto 10	7,80	15,7	12,2	19,8	10,1	12,9

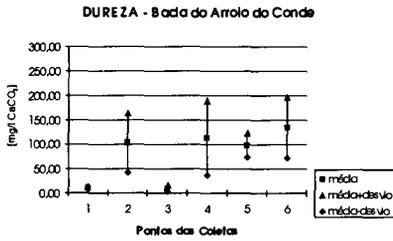


Figura 12(a)

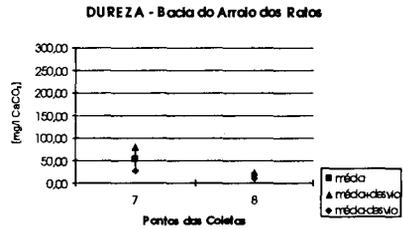


Figura 12 (b)

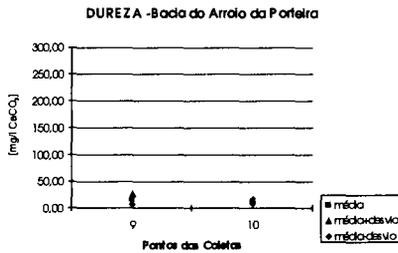


Figura 12 (c)

Como a forma de expressão do grau de dureza é variável entre os países, optou-se por expressá-la em graus americanos (1 dH = 1,0 mg/l CaCO<sub>3</sub>). As águas são classificadas como muito brandas quando possuem de 0 a 40 dH°. Pela análise dos dados obtidos as estações 1 e 3 do Arroio do Conde, a estação 8 do Arroio dos Ratos e as duas estações do Arroio da Porteira são classificadas como águas muito brandas.

Para as estações 2, 4, 5 e 6 do Arroio do Conde e para a estação 7 do Arroio dos Ratos determinou-se um valor médio de dureza mais elevado em torno de 100 dH° para os pontos do Arroio do Conde e de 50 dH° para o ponto do Arroio dos Ratos. Nestes sistemas a Dureza aumentada, reflete a presença de Cálcio e Magnésio e também a presença de Sulfatos, Cloretos e outros ânions de ácidos minerais, provenientes das atividades de mineração.

### **Demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio**

Estes parâmetros são usados para avaliar a quantidade de carga orgânica e de substâncias redutoras presentes na água.

O monitoramento da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>) para o período amostrado encontra-se na Tabela 15 e seus valores médios e variação nas Figuras 13(a,b,c) para as Bacias Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 15**  
VALORES DE DBO<sub>5</sub> (mg/l O<sub>2</sub>) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	1,27	1,00	1,10	0,77	0,19	0,88
Ponto 2	0,85	1,70	1,00	0,00	0,38	1,60
Ponto 3	2,40	3,00	1,40	0,57	2,10	2,50
Ponto 4	3,74	2,40	1,60	0,96	0,57	1,10
Ponto 5	2,53	1,60	1,00	0,57	0,38	1,20
Ponto 6	1,91	1,20	1,40	0,19	0,38	1,90
Ponto 7	2,28	4,70	1,40	0,38	0,38	0,80
Ponto 8	2,07	2,30	1,60	0,77	0,57	0,75
Ponto 9	2,81	1,20	1,40	0,19	0,77	3,70
Ponto 10	2,39	1,70	1,80	0,57	0,57	1,80

DBO5 - Bacia do Arroio do Conde

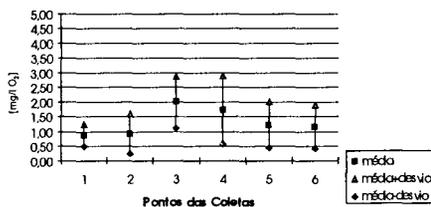


Figura 13(a)

DBO5 - Bacia do Arroio dos Ratos

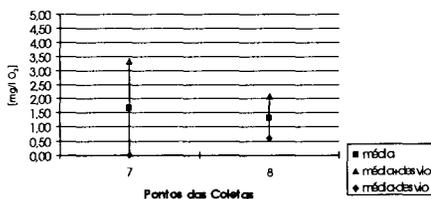


Figura 13(b)

DBO5 - Bacia do Arroio da Porteira

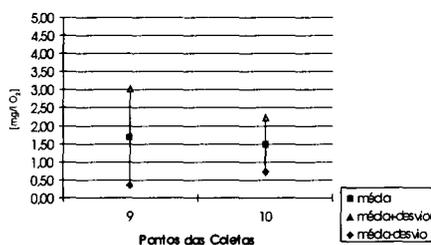


Figura 13 (c)

Todas as concentrações médias anuais das estações monitoradas classificaram-se, de acordo com a CONAMA 20, como Classe I, pois esta estabelece um máximo de 3 mg/l O<sub>2</sub> para o DBO<sub>5</sub>. Os resultados apresentaram um grande coeficiente de variação, demonstrando uma alta variabilidade nos valores monitorados.

A carga orgânica, passível de ser degradada por decompositores, presente no sistema hídrico da região é muito pequena.

O monitoramento da Demanda Química de Oxigênio (DQO) para o período estudado, encontra-se na Tabela 16 e seus valores médios nas Figuras 14(a) para a Bacia do Conde, Figura 14(b) para a Bacia dos Ratos e Figura 14(c) para a Bacia do Arroio da Porteira.

**Tabela 16**  
**VALORES DE DQO (MG/L O<sub>2</sub>) NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	17,18	11,85	32,40	12,40	21,50	12,20
Ponto 2	20,30	11,85	27,50	12,70	15,40	10,60
Ponto 3	15,62	10,37	25,10	10,80	46,10	7,30
Ponto 4	18,74	38,52	13,20	10,80	23,10	12,20
Ponto 5	16,54	8,88	24,30	12,40	33,80	11,40
Ponto 6	12,03	8,88	11,30	11,10	18,40	12,20
Ponto 7	12,03	63,60	12,90	36,20	18,40	13,00
Ponto 8	13,54	50,88	14,80	34,60	26,10	5,70
Ponto 9	16,54	40,70	16,20	42,50	35,40	15,40
Ponto 10	15,04	17,80	16,20	25,20	16,20	12,20

**DQO - Bacia do Arroio do Conde**

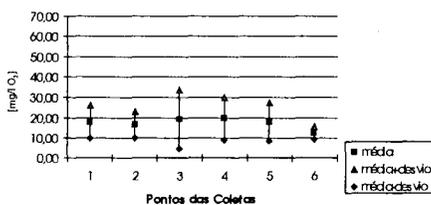


Figura 14(a)

**DQO - Bacia do Arroio dos Ratos**

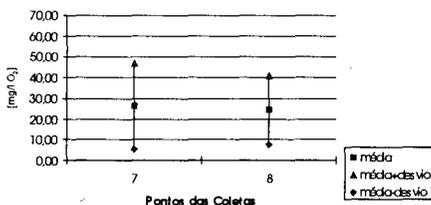


Figura 14(b)

**DQO - Bacia do Arroio da Porteira**

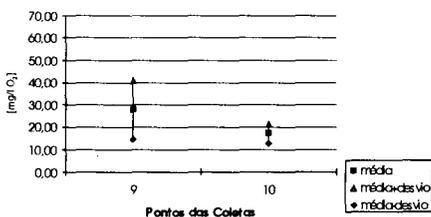


Figura 14 (c)

Os valores médios anuais de DQO situaram-se abaixo de 20 mg/l O<sub>2</sub> para as estações da Bacia do Conde e para a estação 10 do Arroio da Porteira. As duas estações do Arroio dos Ratos e a estação 9 do Arroio da Porteira, apresentaram média anual em torno de 25 mg/l O<sub>2</sub>.

O percentual de DBO<sub>5</sub> sobre o DQO e o percentual do DBO<sub>5</sub> sobre o OD para os valores médios anuais estão apresentados na Tabela 17.

**Tabela 17**  
VALORES MÉDIOS DO DBO<sub>5</sub> SOBRE O DQO E DO PERCENTUAL DE CONSUMO DE O<sub>2</sub> DISPONÍVEL PARA AS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

Estação	DBO <sub>5</sub> /DQO (%)	DBO <sub>5</sub> /OD (%)
1	4,8	11,1
2	5,6	10,2
3	10,4	20,4
4	8,9	24,2
5	6,8	14,9
6	9,4	14,5
7	6,4	24,6
8	5,5	17,0
9	6,0	20,8
10	8,6	17,4

Os resultados mostram que todos os locais estudados apresentam comportamento semelhante para os percentuais apresentados na Tabela 17. O valor máximo de 10,4% obtido para a relação de DBO<sub>5</sub>/DQO mostra que 89,6% do consumo total de oxigênio pelo sistema, detectável pelo DQO, não é consumido pelos microorganismos. Isso conduz à conclusão de que a maior parte das substâncias orgânicas presentes são resistentes e/ou refratárias, necessitando tempo mais longo e microflora especializada para sua mineralização e que também a carga de matéria oxidável presente, pode ser importante para o sistema.

Em relação à quantidade de oxigênio consumida para oxidação da matéria orgânica pelos decompositores (DBO<sub>5</sub>/OD), os dados da Tabela 17 revelam valores baixos, com um valor máximo 24,6%, indicando que a Demanda Bioquímica de Oxigênio exerce pouca pressão sobre os níveis de oxigenação de água para todos os locais estudados.

## **Fósforo e fosfato total**

Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade e tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

Nos pontos estudados o fósforo foi examinado sob duas formas: fósforo total (P), que inclui todas as formas inorgânicas e orgânicas presentes e o fósforo inorgânico dissolvido ( $PO_4\text{-P}$ ).

No estudo da região os valores de Fósforo total estão apresentados na Tabela 18 e nas Figuras 15(a),(b) e (c) para as Bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 18**  
VALORES DE FÓSFORO TOTAL ( $\mu\text{g/l}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	65,0	31,0	95,9	28,0	15,6	43,6
Ponto 2	64,6	21,8	117	12,5	21,8	105
Ponto 3	80,1	24,9	64,9	18,7	18,7	25,0
Ponto 4	49,2	61,9	179	52,6	58,8	43,6
Ponto 5	65,0	18,7	83,5	46,5	129	62,0
Ponto 6	80,1	28,0	65,0	49,6	55,6	43,6
Ponto 7	61,5	21,8	31,0	34,1	9,40	25,0
Ponto 8	70,8	102	77,3	28,0	55,7	55,8
Ponto 9	98,6	52,6	29,4	46,5	24,9	49,8
Ponto 10	70,8	34,1	71,2	40,3	17,0	49,9

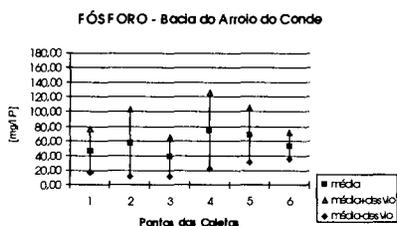


Figura 15(a)



Figura 15(b)

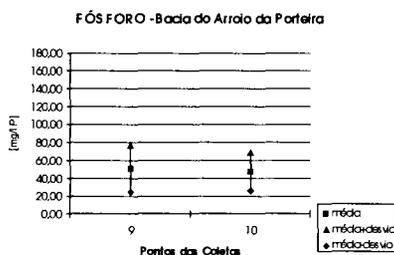


Figura 15(c)

Os valores de Fosfato inorgânico encontram-se na Tabela 19 e as médias e seus desvios anuais na Figura 16(a) para a Bacia do Arroio do Conde, Figura 16(b) para a Bacia do Arroio dos Ratos e Figura 16(c) para a Bacia do Arroio da Porteira.

**Tabela 19**  
VALORES DE FOSFATO INORGÂNICO ( $\mu\text{G/L PO}_4\text{-P}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	26,1	15,5	40,2	21,7	9,30	18,6
Ponto 2	21,5	7,80	20,1	4,70	12,4	24,8
Ponto 3	16,9	10,9	13,2	7,80	15,5	7,80
Ponto 4	12,2	23,2	97,3	15,5	21,7	15,5
Ponto 5	24,6	6,30	18,6	6,30	52,5	23,0
Ponto 6	21,5	7,80	10,9	20,1	18,6	23,2
Ponto 7	4,54	4,60	13,2	1,00	3,20	4,70
Ponto 8	29,2	20,1	29,4	23,2	10,9	21,7
Ponto 9	14,0	14,0	11,0	20,0	14,0	17,0
Ponto 10	15,0	17,0	20,0	17,0	8,00	17,0

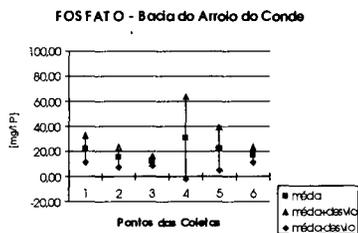


Figura 16(a)

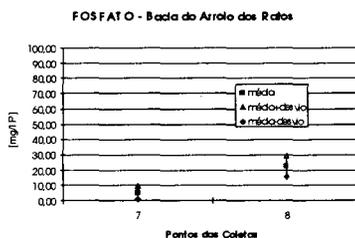


Figura 16(b)

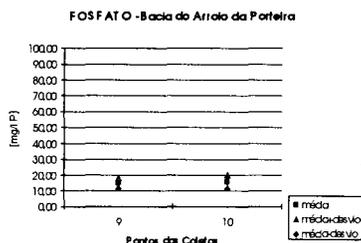


Figura 16(c)

Pela análise dos dados da Tabela 18, verifica-se que o fósforo total presente nos locais amostrados apresenta uma grande variabilidade temporal, com coeficientes de variação superiores a 40%.

O fosfato inorgânico (Tabela 19) apresenta coeficientes de variação um pouco menores, porém ainda bastante incrementados, exceto para o ponto 4 da Bacia do Arroio do Conde que apresentou um altíssimo coeficiente de variação de 106%.

A legislação ambiental fixa o valor de 25 $\mu$ g/l para a concentração de fosfato inorgânico em águas Classe I. Os valores médios anuais obtidos classificam as estações de coleta nesta categoria, exceto para o ponto 4 do Arroio do Conde, que apresentou a média de 30,9  $\mu$ g/l  $PO_4$ -P.

Para o entendimento dos processos bióticos nos ecossistemas hídricos torna-se importante a quantificação da relação  $PO_4$ /P, que é mostrada na Tabela 20.

**Tabela 20**  
VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE  $PO_4$ /P (%) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

Ponto	$PO_4$ /P
1	47,1
2	26,6
3	31,0
4	41,6
5	32,4
6	31,7
7	16,5
8	34,5
9	29,7
10	33,4

Verifica-se que em todas as estações da Bacia do Arroio do Conde, na estação 8 do Arroio dos Ratos e nas duas estações do Arroio da Porteira, um mínimo de 30% do fósforo total presente está na forma disponível para a biota.

Somente na estação 7 do Arroio dos Ratos este comportamento é diferente, pois apenas 16,5% do fósforo presente encontra-se na forma solúvel de ortofosfato.

## Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária. Está presente nos ambientes aquáticos, principalmente sob as formas de nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio orgânico. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários.

A concentração de amônia obtida neste estudo está apresentada na Tabela 21 e o valor médio anual com a variabilidade é mostrada na Figura 17(a) para a Bacia do Arroio do Conde, Figura 17(b) para a Bacia do Arroio dos Ratos e Figura 17(c) para a Bacia do Arroio da Porteira.

**Tabela 21**  
VALORES DE AMÔNIA ( $\mu\text{g/l NH}_3\text{-N}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	301	140	113	7,6	2,2	6,7
Ponto 2	386	240	95	98,7	32,2	31,3
Ponto 3	371	173	1,0	28,5	3,1	1,0
Ponto 4	390	427	298	385	98,7	142
Ponto 5	580	113	240	115	39,4	158
Ponto 6	355	106	124	127	46,7	121
Ponto 7	525	259	859	74,9	71,3	976
Ponto 8	306	160	1,0	42,2	11,3	7,6
Ponto 9	362	172	1,0	48,5	10,4	21,3
Ponto 10	330	218	1,0	57,6	8,5	28,5

AMÔNIA - Bacia do Arroio do Conde

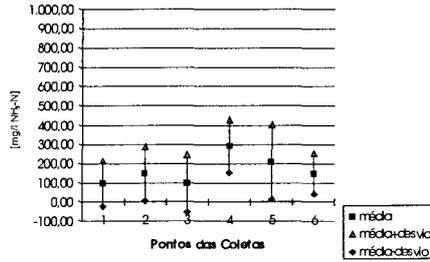


Figura 17(a)

AMÔNIA - Bacia do Arroio dos Ratos

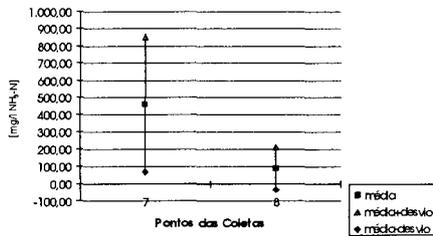


Figura 17(b)

AMÔNIA - Bacia do Arroio da Porteira

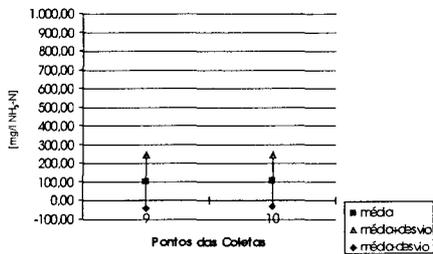


Figura 17 (c)

Pela análise dos resultados verifica-se uma grande e acentuada variabilidade por ponto, sendo os valores máximos obtidos em todos os locais nos meses de Primavera. Esta maior concentração de amônia é provavelmente resultante do processo de amonificação, a formação de amônia através da decomposição aeróbia da matéria orgânica dissolvida, por organismos heterotróficos. Esta taxa de amonificação é proporcional à produtividade, que normalmente atinge seu máximo na primavera com a floração de organismos plancctônicos.

Em relação ao padrão estabelecido pela legislação, as águas de todos os locais amostrados têm sua concentração média anual que não atinge a Classe II. Os maiores

valores médios foram registrados na estação 4 do Arroio do Conde (290 µg/l NH<sub>3</sub>-N) e na estação 7 do Arroio dos Ratos (460 µg/l NH<sub>3</sub>-N).

O nitrito é a forma intermediária da transformação do nitrogênio orgânico e os valores encontrados no monitoramento estão mostrados na Tabela 22 e Figuras 18(a,b,c) para os valores médios e variação anual das Bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 22**  
VALORES DE NITRITO (µg/l NO<sub>2</sub>-N) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	2,8	5,2	1,8	2,8	1,8	9,1
Ponto 2	5,2	5,7	1,6	2,8	1,8	11,3
Ponto 3	2,8	2,1	1,8	2,6	2,3	4,7
Ponto 4	2,8	4,0	2,3	6,0	2,3	5,7
Ponto 5	6,7	2,6	2,8	2,3	3,5	7,7
Ponto 6	11,1	1,8	2,6	2,3	2,6	7,6
Ponto 7	1,6	3,5	1,8	3,0	2,3	7,9
Ponto 8	7,9	4,5	2,1	2,3	2,3	8,2
Ponto 9	1,1	5,0	2,6	3,3	2,1	10,4
Ponto 10	1,3	3,3	2,8	2,3	2,3	7,7

NITRITO - Bacia do Arroio do Conde

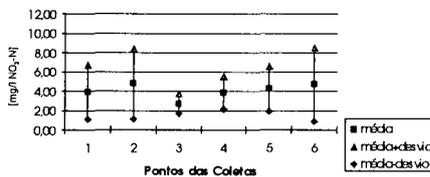


Figura 18(a)

NITRITO - Bacia do Arroio dos Ratos

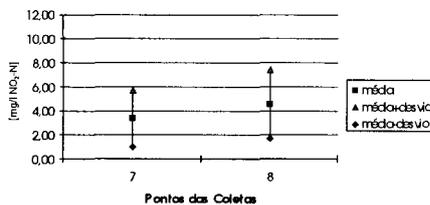


Figura 18(b)

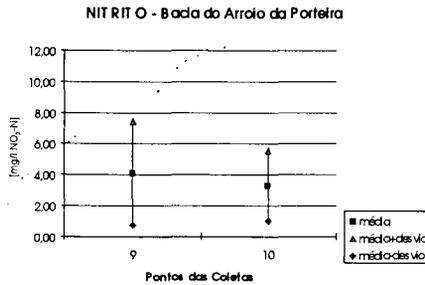


Figura 18 (c)

De acordo com os valores de nitrito fixados pela legislação ambiental (CONAMA 20) de 100 µg/l para Classe I, as estações amostradas podem ser enquadradas nesta Classe.

Existe uma grande variabilidade nos resultados obtidos e os valores máximos em todos os pontos foram alcançados nos meses de verão. Este fato provavelmente é resultante do processo de nitrificação da amônia disponível no sistema no período da primavera. Os valores médios obtidos são semelhantes em todas as estações monitoradas.

O nitrato é a forma mais oxidada, ou seja, é o produto final da estabilização aeróbia do nitrogênio orgânico. Os níveis alcançados durante este período de monitoramento encontram-se na Tabela 23 e nas Figuras 19 (a,b,c) para as Bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 23**  
VALORES DE NITRATO (MG/L NO<sub>3</sub>-N) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,063	0,032	0,062	0,018	0,036	0,023
Ponto 2	0,071	0,045	0,058	0,031	0,014	0,040
Ponto 3	0,054	0,036	0,071	0,045	0,031	0,045
Ponto 4	0,102	0,062	0,021	0,110	0,014	0,084
Ponto 5	0,080	0,080	0,023	0,036	0,053	0,045
Ponto 6	0,146	0,049	0,058	0,036	0,018	0,036
Ponto 7	0,067	0,067	0,030	0,031	0,036	0,023
Ponto 8	0,036	0,045	0,027	0,031	0,014	0,049
Ponto 9	0,041	0,075	0,067	0,018	0,040	0,027
Ponto 10	0,041	0,027	0,049	0,023	0,006	0,005

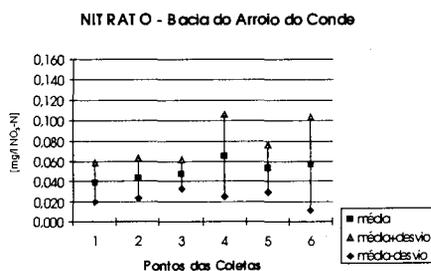


Figura 19(a)

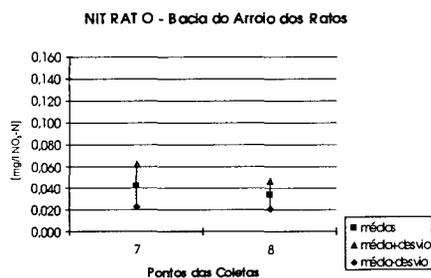


Figura 19(b)

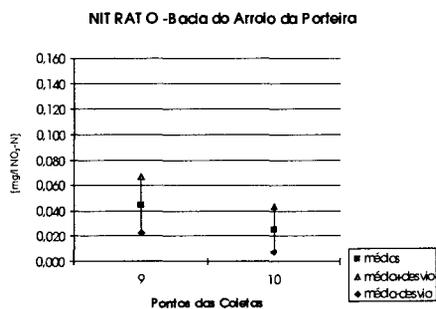


Figura 19(c)

Os valores médios obtidos estão muito abaixo do padrão fixado pelo CONAMA 20 que é de 10mg/l NO<sub>3</sub>-N, classificando todas as estações em relação a este parâmetro como Classe I. O maior valor médio anual obtido foi na estação 4 do Arroio do Conde com média de 0,07 mg/l NO<sub>3</sub>-N e as demais estações apresentaram médias entre 0,03 e 0,05 mg/l NO<sub>3</sub>-N.

O nitrogênio total, parâmetro que engloba o nitrogênio amoniacal e o nitrogênio orgânico, também foi monitorado neste estudo e sua variação está apresentada na Tabela 24 e Figura 20(a) para o Arroio do Conde, Figura 20(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 20(c) para o Arroio da Porteira.

**Tabela 24**  
**VALORES DE NITROGÊNIO TOTAL (MG/L N) NAS ESTAÇÕES**  
**DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
<b>Ponto 1</b>	1,10	2,40	5,40	6,00	1,30	0,89
<b>Ponto 2</b>	1,30	1,80	4,80	5,40	1,20	0,82
<b>Ponto 3</b>	0,80	1,80	4,80	4,20	0,45	0,44
<b>Ponto 4</b>	1,30	2,60	6,00	6,60	1,20	1,60
<b>Ponto 5</b>	1,50	2,70	6,00	5,60	2,40	0,59
<b>Ponto 6</b>	1,50	2,00	4,20	3,00	1,50	0,44
<b>Ponto 7</b>	2,10	2,70	3,90	2,40	2,20	3,70
<b>Ponto 8</b>	0,80	2,70	4,80	5,40	2,10	0,37
<b>Ponto 9</b>	2,80	2,10	3,60	3,60	1,30	0,82
<b>Ponto 10</b>	1,90	1,50	3,60	3,00	0,45	2,10

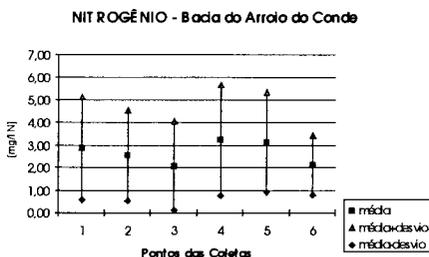


Figura 20(a)

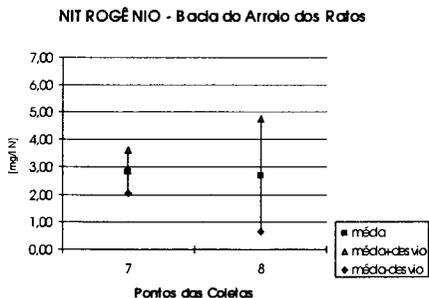


Figura 20(b)

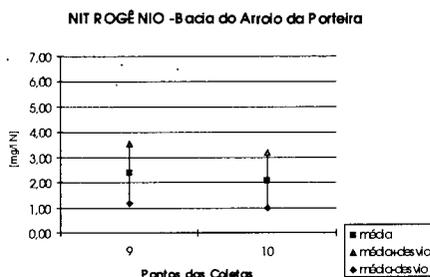


Figura 20 (c)

A média anual obtida nas estações amostradas é semelhante para todos os locais, havendo uma tendência de atingir-se os maiores valores nos meses finais de primavera e verão. A média das concentrações alcançadas em todos os pontos caracteriza este ecossistema como eutrófico.

Através destes resultados pode-se estabelecer a relação de dominância das formas de nitrogênio presentes em relação ao total, índices que são apresentados na Tabela 25.

**Tabela 25**

VALOR MÉDIO DA RELAÇÃO DE DOMINÂNCIA RELATIVA  
DAS FORMAS DE NITROGÊNIO PRESENTES NAS ESTAÇÕES  
DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

Ponto	NO <sub>3</sub> (%)	NO <sub>2</sub> (%)	NH <sub>3</sub> (%)	N org. (%)
1	1,4	0,14	3,3	95,2
2	1,5	0,19	5,7	92,6
3	2,3	0,14	4,5	93,0
4	2,1	0,12	8,8	88,9
5	1,6	0,12	6,5	91,8
6	2,7	0,23	6,7	90,3
7	1,4	0,10	16,0	82,5
8	1,1	0,15	3,2	95,5
9	1,6	0,16	4,2	93,9
10	1,4	0,14	5,0	93,4

Dentre as formas de nitrogênio presentes, a relação de dominância é sempre Norg > NH<sub>3</sub> > NO<sub>3</sub> > NO<sub>2</sub>. O somatório da contribuição destes íons na concentração média de nitrogênio, indica que este elemento está presente nas águas dos locais amostrados preferentemente na forma orgânica. O nitrogênio orgânico dissolvido (purinas, peptídeos, aminas e aminoácidos) e o nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos) representam em média de 82,5% (ponto 7 do Arroio dos Ratos) a 95,5% (ponto 8 do Arroio dos Ratos) do total presente deste elemento nos pontos estudados.

## Sulfato

Dentre as várias formas de enxofre presentes na água, o íon sulfato e o gás sulfídrico são os mais frequentes, sendo que o íon sulfato assume maior importância na produtividade do ecossistema, visto que constitui a principal fonte de enxofre para os produtores primários. A concentração de enxofre nos ecossistemas aquáticos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos através de fontes antrópicas, principalmente em zonas de mineração de carvão com a oxidação da piritita.

Na Tabela 26 encontram-se os valores obtidos para este íon ao longo do período monitorado e as Figuras 21(a,b,c) apresentam os valores médios e suas variações no período para as Bacias Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 26**  
VALORES DE  $SO_4$  (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	2,50	2,60	2,00	0,53	0,20	0,50
Ponto 2	19,3	25,8	125	251	37,9	16,6
Ponto 3	2,90	1,80	0,60	0,10	0,22	0,10
Ponto 4	90,9	65,2	129	435	56,3	101
Ponto 5	40,6	42,8	96,3	125	27,8	91,4
Ponto 6	128	36,7	235	141	0,25	86,3
Ponto 7	27,1	8,10	153	32,4	15,5	73,1
Ponto 8	4,80	2,00	7,50	6,20	0,73	5,00
Ponto 9	2,10	0,93	1,30	2,20	0,50	1,90
Ponto 10	1,80	1,10	0,12	0,73	0,54	0,10

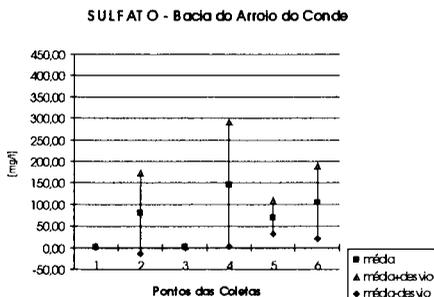


Figura 21(a)

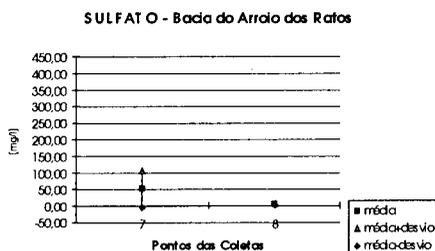


Figura 21 (b)

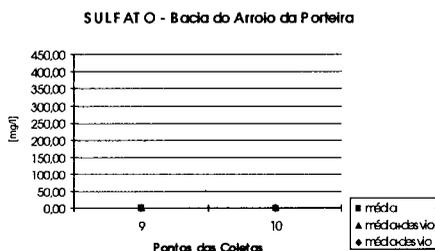


Figura 21 (c)

A legislação CONAMA 20 fixa uma concentração de 250 mg/l para Sulfato nas águas Classe I. Todas as estações de coleta acusaram valores médios inferiores ao limite estabelecido. Porém, o que se verifica na região estudada, é o alto incremento na concentração de Sulfato em pontos da Bacia do Conde, quando comparados com as estações da mesma bacia que não sofrem influência da atividade mineradora. A estação 4 desta Bacia sofre um aumento na concentração média de Sulfato de 125 vezes, atingindo o valor médio de 146,2 mg/l. Na Bacia do Arroio dos Ratos, a estação 7 também sofre um incremento quando comparada à estação 8 de 12 vezes. A Bacia do Arroio da Porteira apresentou baixas concentrações de sulfato.

## Cloreto

O ânion cloreto foi monitorado neste estudo e os resultados encontrados são apresentados na Tabela 27 e na Figura 22(a) para os pontos do Arroio do Conde, Figura 22(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 22(c) para o Arroio da Porteira.

**Tabela 27**  
**VALORES DE CLORETO (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	6,6	3,1	5,0	6,7	6,2	7,8
Ponto 2	9,2	4,8	5,7	7,1	10,3	7,6
Ponto 3	7,9	4,8	5,7	7,1	11,2	8,5
Ponto 4	9,2	4,8	5,3	8,9	9,4	9,4
Ponto 5	10,5	7,8	6,0	8,9	12,5	10,3
Ponto 6	9,2	7,8	7,8	9,2	10,7	8,9
Ponto 7	7,9	7,8	11,0	7,8	9,0	8,9
Ponto 8	6,6	4,8	5,6	7,8	9,4	8,7
Ponto 9	6,6	4,8	5,0	7,4	9,4	8,5
Ponto 10	5,3	3,1	6,4	7,4	9,8	11,9

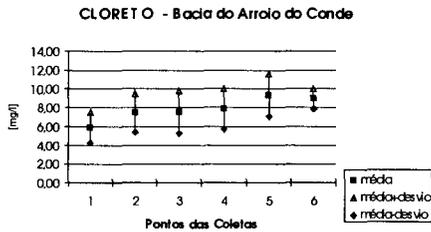


Figura 22 (a)

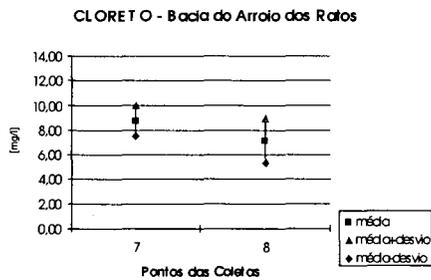


Figura 22 (b)

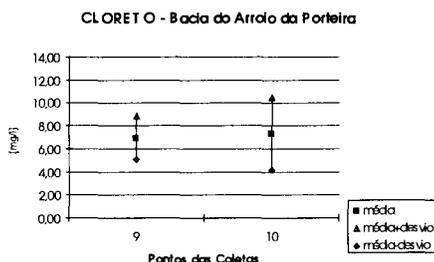


Figura 22 (c)

Os valores médios anuais atingidos nas estações monitoradas encontram-se muito abaixo do padrão fixado pelo CONAMA 20 que é de 250 mg/l, para Classe I. O valor médio mais alto foi verificado na estação 4 do Arroio do Conde de 9,3 mg/l e o menor valor na estação 1 da mesma bacia com concentração média de 5,9 mg/l.

## Fenóis

A concentração de substâncias fenólicas foi monitorada para os locais estudados e as concentrações estão mostradas na Tabela 28, os valores médios com a respectiva variação anual encontram-se nas Figuras 23(a,b,c) para as Bacias Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 28**  
VALORES DE FENÓIS (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,018	0,017	0,012	0,039	0,002	0,046
Ponto 2	0,010	0,008	0,006	0,020	0,002	0,009
Ponto 3	0,010	0,008	0,006	0,009	0,002	0,010
Ponto 4	0,009	0,008	0,006	0,009	0,015	0,010
Ponto 5	0,027	0,042	0,030	0,009	0,023	0,028
Ponto 6	0,009	0,042	0,030	0,020	0,001	0,009
Ponto 7	0,009	0,025	0,024	0,009	0,015	0,010
Ponto 8	0,010	0,025	0,024	0,020	0,001	0,010
Ponto 9	0,017	0,002	0,024	0,020	0,015	0,010
Ponto 10	0,008	0,002	0,024	0,040	0,001	0,010

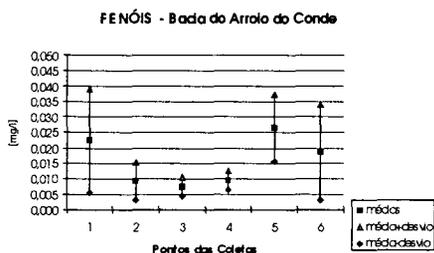


Figura 23(a)

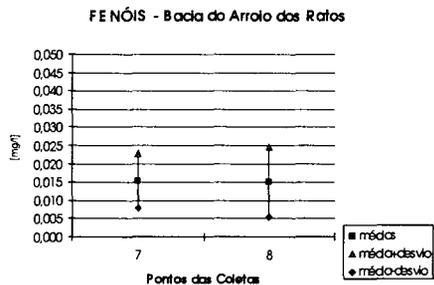


Figura 23(b)

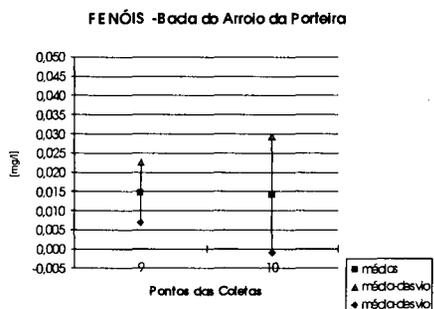


Figura 23 (c)

A legislação CONAMA 20 estabelece o limite de 0,001 mg/l para águas Classe II. Este valor foi ultrapassado na concentração média anual de todas as estações monitoradas. Analisando-se os valores obtidos verificou-se alta variabilidade da concentração de fenóis em todos os locais amostrados. As médias anuais são semelhantes em todos os pontos, o menor valor de 0,008 mg/l foi medido na estação 3 da Bacia do Arroio do Conde e o maior valor de 0,027 mg/l foi detectado no ponto 4 da mesma bacia. Verificou-se que inclusive nos locais sem influência de atividade de mineração, os valores encontrados são mais altos que os legislados, denotando um nível basal alto para toda a região estudada.

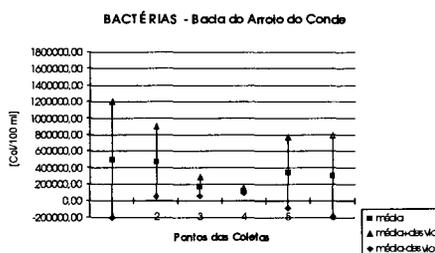
## Bactérias totais

É amplamente conhecida a relação entre o decréscimo no número de bactérias de todos os tipos e a distância das fontes mantenedoras destas biocenoses. A contagem de bactérias heterotróficas fornece uma avaliação aproximada do número total de bactérias que traduzem informações sobre a qualidade das águas.

O acompanhamento a cada dois meses destas populações bacterianas está apresentado na Tabela 29 e os valores médios e variações nas Figuras 24(a) para Arroio do Conde, Figura 24(b) para Arroio dos Ratos e Figura 24(c) para Arroio da Porteira.

**Tabela 29**  
VALORES DE BACTÉRIAS TOTAIS (colônias/100 ml x 1000)  
NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE,  
RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	800	20	90	200	1800	90
Ponto 2	700	130	230	510	1200	90
Ponto 3	290	20	150	330	110	130
Ponto 4	140	110	160	120	100	90
Ponto 5	1200	85	110	270	250	130
Ponto 6	1300	45	160	100	110	90
Ponto 7	230	85	190	230	100	90
Ponto 8	270	100	120	480	300	130
Ponto 9	140	65	210	260	290	180
Ponto 10	320	65	42	420	310	130



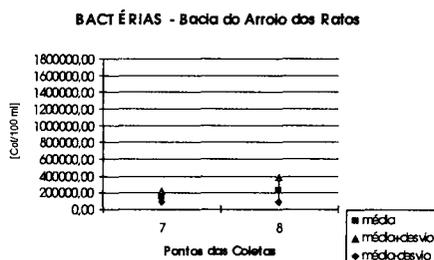


Figura 24(b)

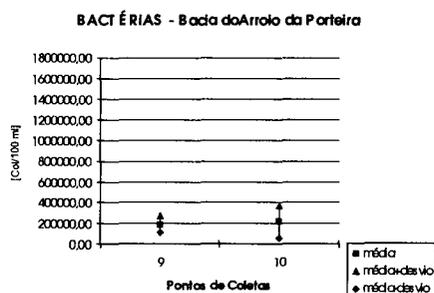


Figura 24(c)

As estações monitoradas apresentaram altos coeficientes de variação na contagem de bactérias totais, superiores a 70%, exceto para a estação 4 do Arroio do Conde que apresentou um coeficiente de variação de 22% e o menor valor médio detectado de número de colônias de bactérias totais dentre as estações estudadas. Esta estação apresentou pouca variação e diminuição do número de bactérias presentes. O maior valor médio corresponde a estação 1 do Arroio do Conde, denotando condições mais naturais com probabilidade muito grande de existência de muitas espécies de bactérias.

## Cálcio

A concentração de Cálcio nas estações de coleta durante o período monitorado encontram-se na Tabela 30 e os valores médios anuais com seus desvios são mostrados na Figura 25(a) para o Arroio do Conde, Figura 25(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 25(c) para o Arroio da Porteira.

As estações monitoradas apresentaram altos coeficientes de variação na contagem de bactérias totais, superiores a 70%, exceto para a estação 4 do Arroio do Conde que apresentou um coeficiente de variação de 22% e o menor valor médio detectado de número de colônias de bactérias totais dentre as estações estudadas. Esta estação apresentou pouca variação e diminuição do número de bactérias presentes. O maior valor médio corresponde a estação 1 do Arroio do Conde, denotando condições mais naturais com probabilidade muito grande de existência de muitas espécies de bactérias.

## Cálcio

A concentração de Cálcio nas estações de coleta durante o período monitorado encontram-se na Tabela 30 e os valores médios anuais com seus desvios são mostrados na Figura 25(a) para o Arroio do Conde, Figura 25(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 25(c) para o Arroio da Porteira.

**Tabela 30**  
VALORES DE CÁLCIO (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	1,1	1,6	1,7	1,7	1,5	0,94
Ponto 2	50	43	47	44	45	48
Ponto 3	1,3	1,2	1,4	1,4	1,3	1,6
Ponto 4	36	31	33	32	31	41
Ponto 5	39	26	32	28	26	38
Ponto 6	93	84	87	78	81	101
Ponto 7	9,2	8,2	8,4	8,3	8,3	10
Ponto 8	3,0	3,1	3,1	3,0	3,1	4,2
Ponto 9	2,5	2,0	2,3	2,3	2,5	2,7
Ponto 10	2,4	2,1	2,4	2,5	2,5	2,4

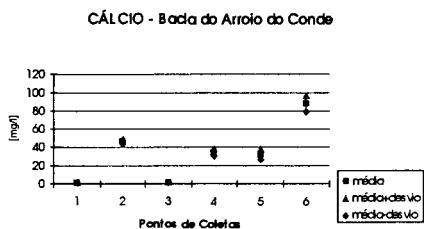


Figura 25(a)

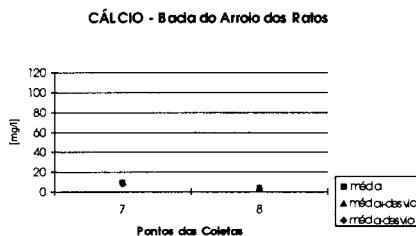


Figura 25(b)

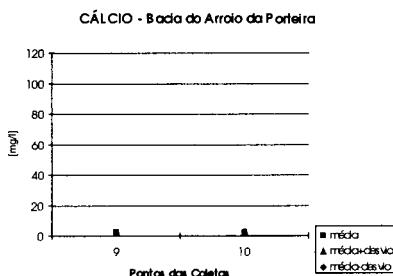


Figura 25(c)

Os valores da concentração de Cálcio obtidas diferem muito nas três bacias estudadas. A Bacia do Arroio do Conde recebe forte impacto antrópico, advindo da mineração de carvão, que faz com que os valores encontrados sejam muito altos nas estações que recebem este impacto, em relação às outras bacias.

Com referência a legislação CONAMA 20 não estabelece valores para o enquadramento das águas doce do território nacional. Valores basais são relatados por BOWEN (79) para concentrações de Cálcio de até 15 mg/l.

As estações 1 e 3 do Arroio do Conde, a 8 do Arroio dos Ratos e as duas do Arroio da Porteira apresentaram concentrações médias anuais inferiores a 3 mg/l. Já as estações que sofrem impacto da atividade mineradora apresentaram médias com concentrações de 31,9 a 87,5 mg/l no Arroio do Conde e de 8,8 mg/l na estação 7 do Arroio dos Ratos. Este comportamento referente ao aumento de Cálcio, de até 60 vezes na Bacia do Conde, é verificado também quando da avaliação da Dureza nestas águas superficiais.

## Magnésio

Os valores de Magnésio obtidos nos pontos amostrados durante o monitoramento estão mostrados na Tabela 31. As concentrações médias anuais e seus desvios estão apresentados nas Figuras 26 (a), (b) e (c) para o Arroio do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 31**  
**VALORES DE MAGNÉSIO (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,68	1,3	1,0	1,0	1,3	0,75
Ponto 2	2,8	3,3	2,9	3,0	3,1	2,9
Ponto 3	0,40	0,62	0,54	0,60	0,61	0,61
Ponto 4	2,9	2,1	2,4	2,1	2,4	3,2
Ponto 5	2,9	2,4	2,6	2,4	2,6	3,2
Ponto 6	3,1	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9
Ponto 7	3,6	3,1	3,0	3,0	3,1	3,8
Ponto 8	1,0	2,3	2,0	2,3	2,2	1,3
Ponto 9	0,62	1,0	0,76	0,81	0,87	0,95
Ponto 10	0,84	1,2	0,86	1,0	1,1	0,86

MAGNÉSIO - Bacia do Arroio do Conde

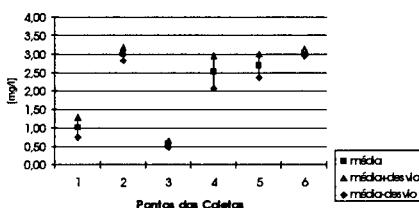


Figura 26(a)

MAGNÉSIO - Bacia Arroio dos Ratos

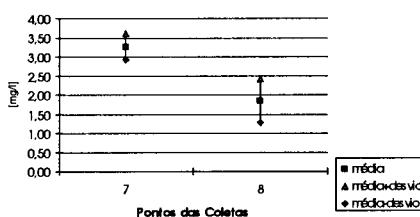


Figura 26(b)

MAGNÉSIO - Bacia do Arroio da Porteira

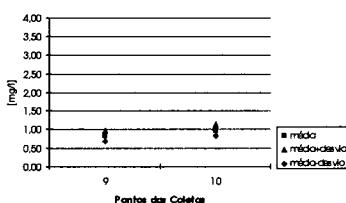


Figura 26(c)

As concentrações de Magnésio obtidas durante o período amostral inserem-se dentro do intervalo basal de águas naturais dado por BOWEN (79) que é de concentração até 4 mg/l. O coeficiente de variação é baixo para todos os pontos, as médias anuais mais baixas foram detectadas no Arroio da Porteira e foram inferiores a 1,0 mg/l de Magnésio. Para o Arroio do Conde e Ratos, os valores médios anuais situam-se na faixa entre 1,0 e 3,0 mg/l.

# SÓDIO

As concentrações de Sódio obtidas nos pontos de coleta estão mostradas na Tabela 32 e as concentrações médias anuais encontram-se nas Figuras 27(a) para o Arroio do Conde, Figura 27(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 27(c) para o Arroio da Porteira.

**Tabela 32**  
VALORES DE SÓDIO (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	3,2	2,1	3,0	2,6	2,8	3,5
Ponto 2	11,7	9,0	9,3	10,1	9,8	13,6
Ponto 3	4,2	3,4	3,8	3,7	3,8	4,2
Ponto 4	25,0	19,40	12,5	13,4	14,4	26,1
Ponto 5	23,2	21,2	7,6	20,3	21,4	24,5
Ponto 6	34,5	29,6	22,2	25,3	26,40	37,2
Ponto 7	6,3	6,3	10,4	8,3	6,5	6,2
Ponto 8	4,9	4,6	5,4	5,2	5,4	5,9
Ponto 9	3,5	2,9	2,5	3,1	3,0	3,9
Ponto 10	4,1	4,1	5,6	4,4	5,0	4,2

SÓDIO - Bacia do Arroio do Conde

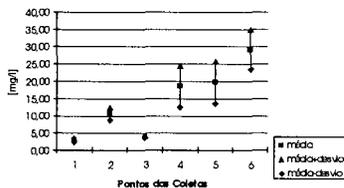


Figura 27(a)

SÓDIO - Bacia do Arroio dos Ratos

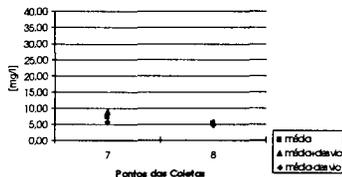


Figura 27(b)

SÓDIO - Bacia do Arroio da Porteira

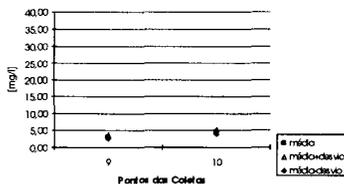


Figura 27(c)

Os valores encontrados de Sódio estão compatíveis com os valores basais dados por BOWEN(79) de até 6 mg/l nas estações 1 e 3 do Arroio do Conde, 7 e 8 do Arroio dos Ratos e nas duas estações do Arroio da Porteira. As estações 2,4,5 e 6 do Arroio do Conde apresentaram uma concentração aumentada em relação a seus brancos, atingindo valores médios de 29,2 mg/l de Sódio na estação 6 e de 18,5 mg/l na estação 4, denotando impacto antrópico, o que faz com que a concentração média aumente em torno de 10 vezes.

# POTÁSSIO

As concentrações de Potássio nas estações de coleta monitoradas encontram-se na Tabela 33 para o período de estudo. Os valores médios anuais e seus desvios são mostrados nas Figuras 28 (a), (b), (c) para o Arroio do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 33**  
VALORES DE POTÁSSIO (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	1,6	1,0	1,3	1,2	1,3	1,7
Ponto 2	2,5	2,1	2,5	2,2	2,2	2,5
Ponto 3	1,8	1,1	1,3	1,3	1,4	2,0
Ponto 4	3,0	2,3	2,8	2,8	2,4	3,2
Ponto 5	3,3	2,8	2,7	2,7	2,8	3,4
Ponto 6	4,1	3,9	4,1	3,9	4,0	4,1
Ponto 7	1,7	1,1	1,6	1,1	1,1	1,9
Ponto 8	2,1	1,3	2,1	1,5	1,5	2,0
Ponto 9	1,2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,4
Ponto 10	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5	1,7

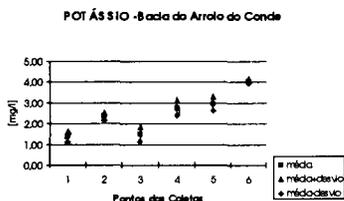


Figura 28(a)

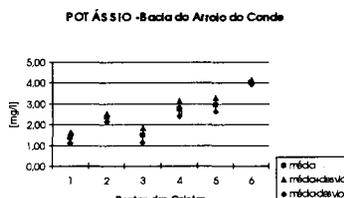


Figura 28(b)

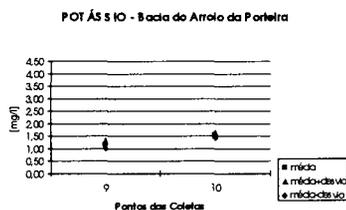


Figura 28(c)

Os valores encontrados das concentrações médias de Potássio estão em concordância com os valores habituais para águas naturais dado por ALLEN (89) de 5 mg/l para todas as estações de coleta monitoradas. A maior concentração média obtida foi a do ponto 6 do Arroio do Conde, de 4,0 mg/l.

## FERRO

As concentrações de Ferro foram monitoradas durante o período do estudo e seus resultados encontram-se na Tabela 34, os valores médios anuais e seus desvios são mostrados nas Figuras 29 (a,b,c) para o Arroios do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 34**  
VALORES DE FERRO (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	2,9	2,3	3,1	3,1	2,6	2,7
Ponto 2	2,7	2	1,6	1,8	2	2,6
Ponto 3	0,44	0,75	0,53	0,73	0,68	0,6
Ponto 4	13,4	19,2	15,4	16,3	18,4	12,1
Ponto 5	0,74	0,53	0,48	0,49	0,53	0,93
Ponto 6	0,17	0,34	0,26	0,32	0,28	0,24
Ponto 7	0,67	1,3	2,1	2,1	2,2	0,7
Ponto 8	1,4	1,9	1,2	1,3	1,7	1,4
Ponto 9	0,01	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02
Ponto 10	1,4	1,1	0,75	0,88	0,93	1,2

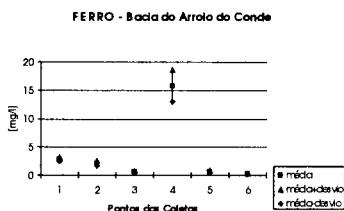


Figura 29(a)

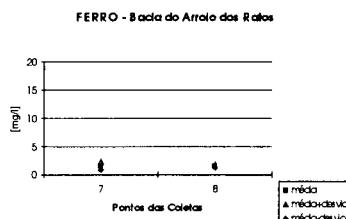


Figura 29(b)

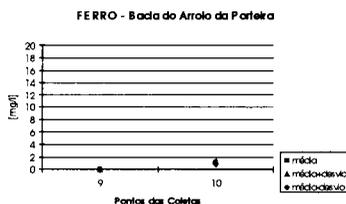


Figura 29(c)

A concentração estabelecida pela legislação ambiental CONAMA 20 para águas Classe I de 0,3 mg/l de Ferro foi apenas verificada na estação 9 do Arroio da Porteira e na estação 6 do Arroio do Conde. As demais estações inserem-se no limite estabelecido para a Classe III, que é de 5,0 mg/l, exceto para a estação 4 do Arroio do Conde. Esta, apresenta um valor médio anual de 15,8 mg/l de Ferro o que corresponde a um incremento de 7 vezes em relação aos pontos não impactados da bacia.

# ALUMÍNIO

As concentrações de Alumínio obtidas no período amostrado encontram-se na Tabela 35 e os valores médios anuais e sua variabilidade estão apresentados na Figura 30(a) para o Arroio do Conde, Figura 30(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 30(c) para o Arroio da Porteira.

**Tabela 35**  
VALORES DE ALUMÍNIO (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	1,9	1,2	1,6	1,4	1,2	1,8
Ponto 2	1,1	1,6	1,2	1,5	1,6	1,2
Ponto 3	1,9	1,6	1,9	2,1	2,0	1,9
Ponto 4	2,0	2,4	2,0	2,0	2,4	2,0
Ponto 5	0,93	0,73	0,84	0,86	0,79	0,86
Ponto 6	0,78	0,62	0,73	0,74	0,76	0,91
Ponto 7	1,5	1,0	1,3	1,3	1,2	1,6
Ponto 8	1,4	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
Ponto 9	0,55	0,42	0,60	0,58	0,60	0,63
Ponto 10	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	0,98

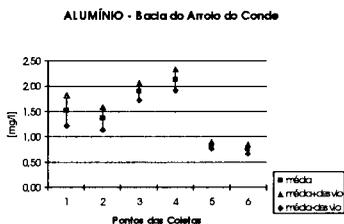


Figura 30(a)

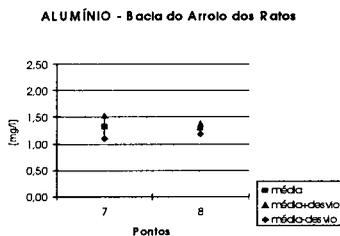


Figura 30(b)

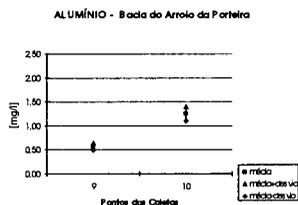


Figura 30(c)

As concentrações médias de Alumínio encontradas nas estações de coleta em todos os pontos, ultrapassa os limites da legislação ambiental estabelecidos para águas Classe III, que é de 0,1 mg/l e também para os valores basais propostos por BOWEN (79) de 0,3 mg/l. O menor valor médio foi monitorado na estação 9 do Arroio da Porteira de 0,56 mg/l e a maior média na estação 4 do Arroio do Conde de 2,1 mg/l de Alumínio. As

duas estações do Arroio dos Ratos apresentaram média de 1,3 mg/l. ALLEN (89) indica valores habituais de Alumínio em águas naturais, concentrações de até 2,0 mg/l.

Verifica-se que o branco da região é alto se o compararmos com a legislação ambiental, porém insere-se dentro dos valores habitualmente aceitos para águas naturais.

## MANGANÊS

Os valores de Manganês obtidos nas estações de coleta estão apresentados na Tabela 36 e as concentrações médias anuais e seus desvios encontram-se na Figura 31(a) para o Arroio do Conde, Figura 31(b) para o Arroio dos Ratos e Figura 31(c) para o Arroio da Porteira.

**Tabela 36**  
VALORES DE MANGANÊS (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,03	0,09	0,08	0,09	0,07	0,02
Ponto 2	0,24	0,34	0,40	0,36	0,38	0,21
Ponto 3	0,01	0,02	0,06	0,08	0,07	0,01
Ponto 4	0,59	0,52	0,51	0,53	0,50	0,63
Ponto 5	0,58	0,61	0,54	0,60	0,57	0,57
Ponto 6	0,76	0,52	0,80	0,63	0,72	0,80
Ponto 7	0,12	0,18	0,16	0,16	0,19	0,13
Ponto 8	0,03	0,09	0,10	0,11	0,10	0,02
Ponto 9	0,02	0,06	0,09	0,09	0,10	0,01
Ponto 10	0,05	0,08	0,08	0,08	0,09	0,04

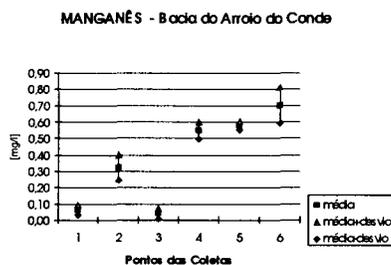
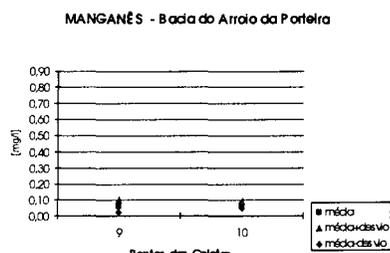
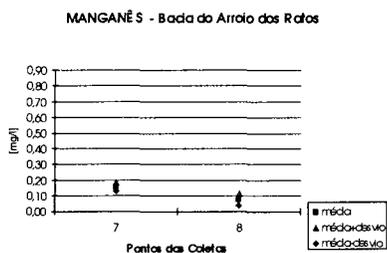


Figura 31 (a)



Os valores encontrados estão dentro dos limites da legislação CONAMA 20 para águas Classe I de 0,1 mg/l para as estações 1 e 3 do Arroio do Conde, 8 do Arroio dos Ratos e para as duas do Arroio da Porteira. O limite estabelecido para águas Classe III de 0,5 mg/l é atingido pelo ponto 2 do Arroio do Conde e 7 do Arroio dos Ratos. As estações 4,5 e 6 do Arroio do Conde apresentaram concentrações médias de 0,55 a 0,71 mg/l de Manganês, com coeficientes de variação inferiores a 15%.

## ZINCO

As concentrações de Zinco encontradas ao longo do período amostral nas estações de coleta encontram-se na Tabela 37 e os valores médios anuais com seus desvios são mostrados nas Figuras 32(a) para a Bacia do Arroio do Conde, Figura 32(b) para a Bacia do Arroio dos Ratos e Figura 32(c) para a Bacia do Arroio da Porteira.

**Tabela 37**  
VALORES DE ZINCO (MG/L) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,02	0,04	0,06	0,04	0,05	0,03
Ponto 2	0,03	0,06	0,04	0,04	0,06	0,03
Ponto 3	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
Ponto 4	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08
Ponto 5	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06
Ponto 6	0,04	0,07	0,08	0,07	0,08	0,04
Ponto 7	0,12	0,10	0,13	0,11	0,12	0,11
Ponto 8	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
Ponto 9	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
Ponto 10	0,16	0,12	0,14	0,11	0,12	0,18

### ZINCO - Baía do Arroio do Conde

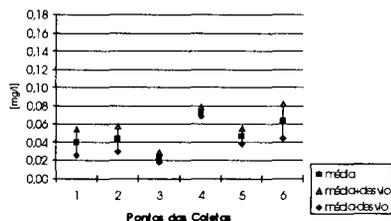


Figura 32 (a)

### ZINCO - Baía do Arroio dos Ratos

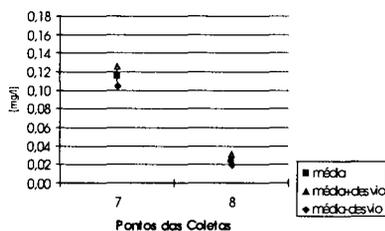


Figura 32 (b)

### ZINCO - Baía do Arroio da Porteira

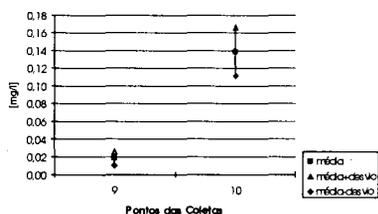


Figura 32 (c)

Todos os valores detectados de Zinco na área de estudo encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação ambiental CONAMA 20 para águas Classe I, que é de 0,18 mg/l. As maiores concentrações médias ~foram encontradas no ponto 7 do Arroio dos Ratos de 0,12 mg/l e no ponto 10 do Arroio da Porteira de 0,14 mg/l.

## COBRE

As concentrações de Cobre foram monitoradas nas estações de coleta durante o período amostral, seus resultados encontram-se na Tabela 38 e os valores médios e desvios são mostrados na Figura 33(a) para os pontos no Arroio do Conde, Figura 33(b) para os Pontos do Arroio dos Ratos e Figura 33(c) para os pontos no Arroio da Porteira.

**Tabela 38**  
**VALORES DE COBRE (mg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,37	0,24	0,33	0,28	0,30	0,41
Ponto 2	0,28	0,21	0,26	0,24	0,22	0,36
Ponto 3	0,23	0,30	0,25	0,25	0,28	0,25
Ponto 4	0,21	0,15	0,17	0,16	0,18	0,20
Ponto 5	0,25	0,23	0,28	0,25	0,27	0,24
Ponto 6	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03
Ponto 7	0,24	0,19	0,23	0,20	0,21	0,26
Ponto 8	0,17	0,20	0,19	0,20	0,19	0,21
Ponto 9	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01
Ponto 10	0,20	0,24	0,22	0,24	0,20	0,19

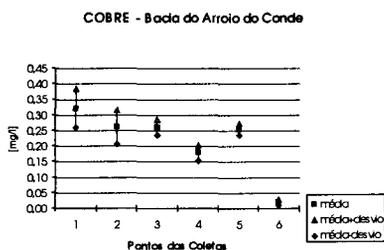


Figura 33(a)

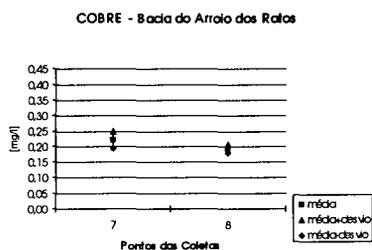


Figura 33(b)

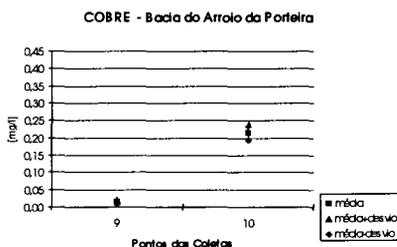


Figura 33(c)

As concentrações de Cobre encontradas na região estão dentro dos valores estabelecidos pela legislação ambiental CONAMA 20 para águas Classe I, de 0,02 mg/l, apenas nas estações 6 do Arroio do Conde e na 9 do Arroio da Porteira. As demais estações de coleta inserem-se no limite estabelecido para águas Classe III de 0,5 mg/l. Verifica-se que nas estações caracterizadas como não receptoras de impacto da mineração nas Bacias Conde e Ratos, a concentração média de Cobre é superior a 0,2 mg/l.

# CROMO

As concentrações de Cromo encontradas no período de monitoramento estão apresentadas na Tabela 39 e os valores médios anuais e seus desvios encontram-se nas Figuras 34 (a,b,c) para as Bacias do Arroio do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 39**  
VALORES DE CROMO ( $\mu\text{g/l}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	6,2	5,6	6,1	5,7	6,2	7,1
Ponto 2	5,5	4,8	5,2	5,2	5,1	5,7
Ponto 3	6,6	5,8	6,7	6,5	6,7	6,4
Ponto 4	6,2	7,0	7,1	7,1	7,0	6,2
Ponto 5	8,6	7,1	8,2	7,6	7,8	7,9
Ponto 6	5,0	4,2	5,1	5,2	5,2	5,1
Ponto 7	2,7	2,8	2,4	3,1	3,0	3,0
Ponto 8	4,7	4,2	4,7	4,3	4,7	4,6
Ponto 9	2,3	2,8	2,5	3,0	2,9	2,4
Ponto 10	3,9	4,2	4,0	4,2	4,4	4,1

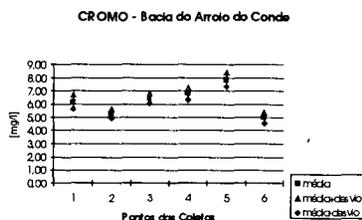


Figura 34(a)

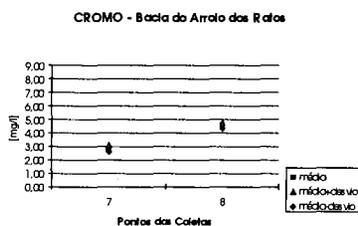


Figura 34(b)

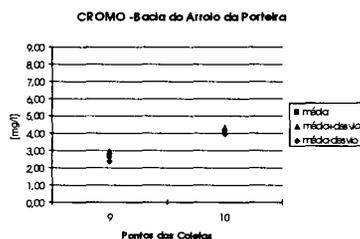


Figura 34(c)

As concentrações de Cromo monitoradas referem-se ao valor de Cromo Total presente, ou seja, o somatório das concentrações de CrIII e CrVI. A legislação CONA-

MA 20 estabelece para águas Classe I um valor de 500 µg/l para CrIII e de 50 µg/l para CrVI. Comparando-se com as concentrações obtidas no período estudado, verifica-se para todas as estações valores médios de Cromo muito abaixo dos estabelecidos pela legislação, inclusive se considerarmos que todo o Cromo está na forma de CrVI.

O menor valor médio foi detectado na estação 9 do Arroio da Porteira de 2,6 µg/l e a maior concentração média no ponto 5 do Arroio do Conde de 7,8 µg/l. Os coeficientes de variação para todas as estações monitoradas foram inferiores a 10%.

## CHUMBO

As concentrações de Chumbo nas estações de coleta estão apresentadas na Tabela 40 e os valores médios anuais para os pontos do Arroio do Conde encontram-se na Figura 35(a), para o Arroio dos Ratos na Figura 35(b) e para o Arroio da Porteira na Figura 35(c).

**Tabela 40**  
VALORES DE CHUMBO (µg/l) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	6,0	6,7	6,0	6,1	6,4	5,6
Ponto 2	4,0	3,4	4,0	3,9	4,1	4,0
Ponto 3	6,0	5,3	6,1	6,0	6,5	6,1
Ponto 4	4,0	3,8	4,2	4,2	4,1	3,9
Ponto 5	4,0	3,9	3,9	4,1	4,0	4,2
Ponto 6	6,0	5,0	5,5	6,2	5,7	6,1
Ponto 7	6,0	6,0	6,7	6,2	6,7	6,0
Ponto 8	6,0	5,6	6,0	6,0	6,3	7,1
Ponto 9	6,0	6,0	5,3	6,0	5,5	6,2
Ponto 10	14,1	12,3	10,1	11,5	12,4	12,3

CHUMBO - Bacia do Arroio do Conde

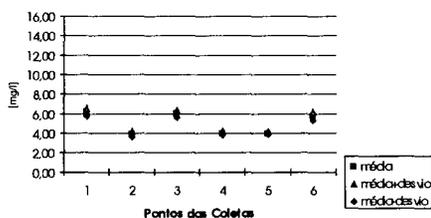


Figura 35(a)

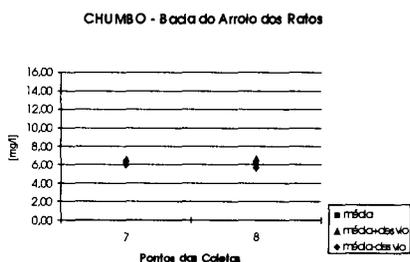


Figura 35(b)

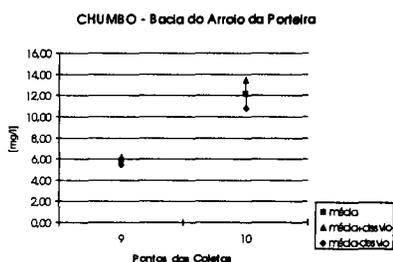


Figura 35(c)

Os valores de Chumbo para todos os pontos estudados encontram-se dentro do limite estabelecido pela legislação ambiental CONAMA 20 que aponta para águas Classe I, um valor de 30  $\mu\text{g}/\text{l}$ . A concentração média anual mais baixa foi verificada no ponto 9 do Arroio da Porteira de 5,8  $\mu\text{g}/\text{l}$  e o maior valor médio foi detectado no ponto 10 da mesma bacia, de 12,1  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Não se verifica para as bacias do Conde e Ratos incremento em relação à atividades antrópicas.

## CÁDMIO

As concentrações de Cádmio foram monitoradas nos pontos estudados e os valores são apresentados na Tabela 41. As concentrações anuais médias e seus desvios são visualizados nas Figuras 36 (a,b,c) para as Bacias do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 41**  
VALORES DE CÁDMIO ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08
Ponto 2	0,05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,04
Ponto 3	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08
Ponto 4	0,08	0,11	0,13	0,14	0,12	0,07
Ponto 5	0,07	0,09	0,10	0,10	0,10	0,08
Ponto 6	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09
Ponto 7	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07
Ponto 8	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,16
Ponto 9	0,08	0,07	0,06	0,07	0,07	0,09
Ponto 10	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,12

CÁDMIO - Bacia do Arroio do Conde

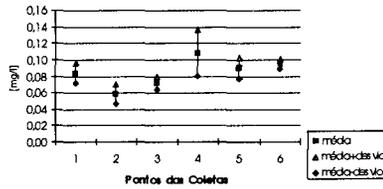


Figura 36(a)

CÁDMIO - Bacia do Arroio dos Ratos

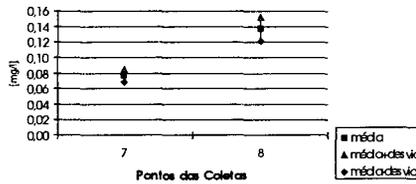


Figura 36(b)

CÁDMIO - Bacia do Arroio da Porteira

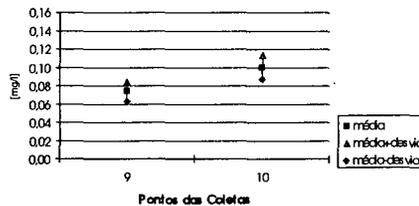


Figura 36(c)

As concentrações de Cádmio encontradas nas estações de coleta estão muito abaixo do limite permitido pela CONAMA 20 para águas Classe I, que é de 1,0  $\mu\text{g/l}$ . Os valores médios monitorados encontram-se na faixa de 0,07 a 0,14  $\mu\text{g/l}$ . Não se verifica impacto antrópico referente aos pontos impactados e não impactados das três bacias estudadas.

## NÍQUEL

Os valores de Níquel obtidos no período de monitoramento encontram-se na Tabela 42 e as concentrações médias anuais são mostradas na Figura 37(a) para os pontos da Bacia do Arroio do Conde, na Figura 37(b) para os pontos da Bacia do Arroio dos Ratos e na Figura 37(c) para os pontos da Bacia do Arroio da Porteira.

**Tabela 42**  
**VALORES DE NÍQUEL ( $\mu\text{g/l}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA**  
**DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)**

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	19,5	15,0	17,2	15,3	16,4	21,3
Ponto 2	17,5	17,5	18,0	18,4	18,2	18,4
Ponto 3	13,6	17,5	17,5	16,8	17,3	12,7
Ponto 4	27,3	35,0	31,0	33,2	34,6	26,4
Ponto 5	17,5	26,1	22,0	23,4	26,0	19,3
Ponto 6	35,1	25,0	30,1	25,1	27,2	33,1
Ponto 7	19,5	16,5	19,5	17,2	16,3	20,2
Ponto 8	13,6	15,5	14,2	14,4	13,8	14,0
Ponto 9	11,7	15,3	13,6	13,8	13,6	12,6
Ponto 10	9,7	11,3	12,0	12,5	11,8	10,0

NÍQUEL - Bacia do Arroio do Conde

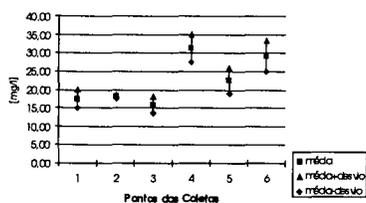


Figura 37(a)

NÍQUEL - Bacia do Arroio dos Ratos

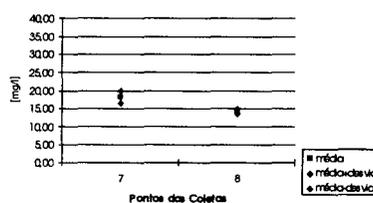


Figura 37(b)

NÍQUEL - Bacia do Arroio da Porteira

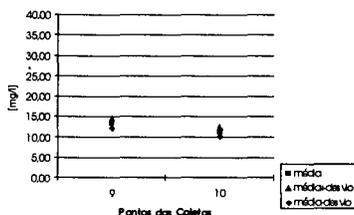


Figura 37(c)

As concentrações médias de Níquel encontram-se dentro do intervalo estabelecido pela legislação ambiental para águas Classe I, que é de  $25 \mu\text{g/l}$  para as estações 1,2,3 e 5 da Bacia do Conde e as duas estações do Arroio dos Ratos e do Arroio da Porteira. As estações 4 e 6 do Arroio do Conde, com concentrações médias de  $31,2 \mu\text{g/l}$  e  $29,3 \mu\text{g/l}$ , respectivamente, não se enquadram nesta classificação.

Verifica-se que o limite estabelecido para águas Classe III também é de  $25 \mu\text{g/l}$ , portanto estas estações também não poderiam ser enquadradas nesta classe.

ALLEN (89) estabelece a concentração de até  $100 \mu\text{g/l}$  de Níquel como valor habitual em águas naturais. As estações 4 e 6 do Arroio do Conde apresentaram teor de Níquel aumentado de 2 vezes em relação aos seus pontos não impactados.

# MERCÚRIO

Os valores de Mercúrio foram estudados durante o período de monitoramento nas estações de coleta e as concentrações estão apresentadas na Tabela 43. Os valores médios anuais e seus desvios encontram-se nas Figuras 38(a,b,c) para o Arroio do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 43**  
VALORES DE MERCÚRIO ( $\mu\text{g/l}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	3,0	2,5	3,0	2,6	3,1	3,0
Ponto 2	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	4,0
Ponto 3	4,0	3,8	4,0	3,8	3,9	4,1
Ponto 4	4,0	4,0	4,2	4,2	4,1	4,0
Ponto 5	10,0	9,6	8,7	8,6	8,7	9,0
Ponto 6	3,0	3,0	3,0	3,2	3,2	3,6
Ponto 7	6,0	5,4	6,0	5,7	5,6	7,0
Ponto 8	8,0	7,4	8,0	7,3	8,1	8,2
Ponto 9	5,0	5,0	5,3	5,2	5,3	6,0
Ponto 10	10,0	9,6	10,1	9,7	9,7	10,5

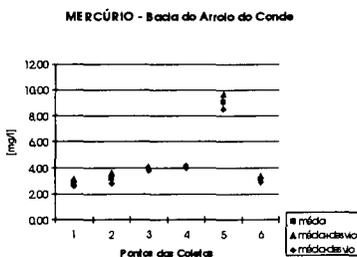


Figura 38(a)

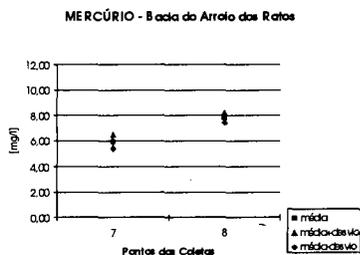


Figura 38(b)

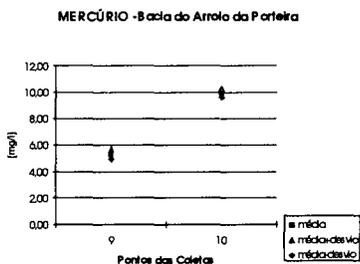


Figura 38(c)

A concentração de Mercúrio na região encontra-se aumentada em relação aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental que são de até 0,2  $\mu\text{g/l}$  para Classe I e de até 2,0  $\mu\text{g/l}$  para Classe III. ALLEN (89) estabelece a concentração de 3,0  $\mu\text{g/l}$  de Hg como valor habitual em águas naturais. As estações monitoradas, representantes de locais não impactados por atividades antrópicas, apresentaram valores médios de Mercúrio de 2,9  $\mu\text{g/l}$  a 5,9  $\mu\text{g/l}$ . Nas estações impactadas foram encontradas concentrações de até 9,9  $\mu\text{g/l}$  de Hg.

Este comportamento sugere que o valor habitual de Mercúrio nas estações de coleta estudadas seja mais alto, devido às condições naturais da bacia de drenagem ou que a região esteja impactada por este elemento-traço em toda a sua extensão.

## ARSÊNIO

As concentrações de Arsênio foram monitoradas nos pontos de coleta durante o período de estudo e seus valores encontram-se na Tabela 44. A concentração média anual e sua variação estão apresentadas na Figura 39(a) para os pontos do Arroio do Conde, Figura 39(b) para os pontos do Arroio dos Ratos e Figura 39(c) para os pontos do Arroio da Porteira.

**Tabela 44**  
VALORES DE ARSÊNIO ( $\mu\text{g/l}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,26	0,22	0,24	0,23	0,22	0,30
Ponto 2	0,20	0,31	0,26	0,30	0,28	0,24
Ponto 3	0,15	0,20	0,22	0,21	0,23	0,18
Ponto 4	0,15	0,15	0,17	0,18	0,17	0,16
Ponto 5	0,13	0,18	0,20	0,21	0,19	0,13
Ponto 6	0,10	0,12	0,15	0,14	0,13	0,11
Ponto 7	0,15	0,16	0,18	0,17	0,17	0,15
Ponto 8	0,16	0,20	0,20	0,20	0,19	0,17
Ponto 9	0,15	0,17	0,18	0,18	0,18	0,16
Ponto 10	0,18	0,21	0,21	0,20	0,21	0,17

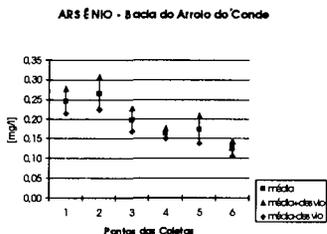


Figura 39(a)



Figura 39(b)

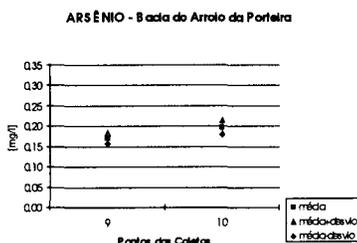


Figura 39(c)

As concentrações de Arsênio estão muito abaixo dos valores estabelecidos pela legislação ambiental CONAMA 20 para águas Classe I, que é de 50  $\mu\text{g/l}$  para todas as estações de coleta estudadas. BOWEN (79) relata como níveis basais de Arsênio, concentrações de até 0,5  $\mu\text{g/l}$ . Os valores médios monitorados apresentaram-se na faixa de concentração de 0,13  $\mu\text{g/l}$  a 0,27  $\mu\text{g/l}$ . Não se verifica aumento da concentração de Arsênio nas estações impactadas por atividades antrópicas.

## SELÊNIO

Os valores de Selênio foram monitorados durante o período de estudo e os valores são apresentados na Tabela 45. As concentrações médias anuais e seus desvios estão apresentados nas Figuras 40(a,b,c) para os pontos das Bacias do Arroio do Conde, Ratos e Porteira, respectivamente.

**Tabela 45**  
VALORES DE SELÊNIO ( $\mu\text{G/L}$ ) NAS ESTAÇÕES DE COLETA  
DOS ARROIOS CONDE, RATOS E PORTEIRA (RS)

	set/93	nov/93	jan/94	abr/94	jun/94	set/94
Ponto 1	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ponto 2	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
Ponto 3	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10
Ponto 4	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
Ponto 5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12
Ponto 6	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10
Ponto 7	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ponto 8	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
Ponto 9	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ponto 10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

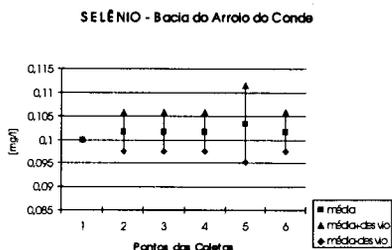


Figura 40(a)



Figura 40(b)

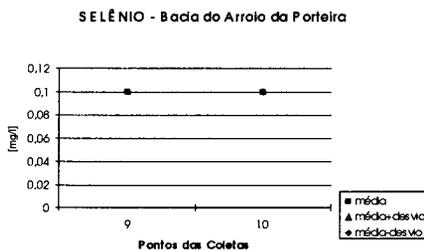


Figura 40(c)

As concentrações de Selênio em todas as estações de coleta apresentaram valores muito abaixo dos estabelecidos pela legislação ambiental CONAMA 20, que estabelece uma concentração de  $10\mu\text{g/l}$  para águas Classe I. A concentração média anual obtida foi de  $0,1\mu\text{g/l}$ .

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos através do monitoramento das estações de coleta localizadas nas Bacias do Conde, Ratos e Porteira, permitem indicar :

1) Parâmetros compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I (CONAMA 20) em todas as estações monitoradas:

### – Bacia do Arroio do Conde

Cloretos, DQO,  $\text{DBO}_5$ , OD, Nitrogênio Total, Nitrato, Nitrito, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Sedimentáveis, Chumbo, Cádmio, Arsênio, Selênio, Cromo, Zinco;

### – Bacia do Arroio dos Ratos

Cloretos, DQO,  $\text{DBO}_5$ , OD, Nitrogênio Total, Nitrato, Nitrito, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Sedimentáveis, Chumbo, Cádmio, Arsênio, Selênio, Cromo, Potássio, Níquel, Turbidez, Sólidos Suspensos, Sódio;

– **Bacia do Arroio da Porteira**

Cloretos, DQO, DBO<sub>5</sub>, OD, Nitrogênio Total, Nitrato, Nitrito, Sólidos Dissolvidos, Sólidos Sedimentáveis, Chumbo, Cádmio, Arsênio, Selênio, Cromo, Sulfato, Condutividade, Alcalinidade, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Níquel, Turbidez, pH, Manganês, Sólidos Suspensos, Dureza, Fosfato.

2) Parâmetros compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I (CONAMA 20) em todas as estações monitoradas, mas que apresentam modificações nas estações com impacto antrópico:

– **Bacia do Arroio do Conde**

Condutividade, Sulfato, Dureza, Alcalinidade, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Níquel, Turbidez, Sólidos Suspensos, Fosfato;

– **Bacia do Arroio dos Ratos**

Condutividade, Sulfato, Dureza, Alcalinidade, Cálcio, Magnésio, Fosfato, Zinco;

– **Bacia do Arroio da Porteira**

Zinco.

3) Parâmetros **não** compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I (CONAMA 20) nos locais impactados:

– **Bacia do Arroio do Conde**

pH, Ferro, Manganês;

– **Bacia do Arroio dos Ratos**

pH, Manganês, Ferro;

– **Bacia do Arroio da Porteira**

Ferro, Cobre.

4) Parâmetros **não** compatíveis com os níveis habituais e/ou padrão Classe I (CONAMA 20) em **todas** as estações monitoradas:

– **Bacia do Arroio do Conde**

Mercúrio, Fenóis, Cobre, Nitrogênio Amoniacal, Alumínio;

– **Bacia do Arroio dos Ratos:**

Mercúrio, Fenóis, Cobre, Nitrogênio Amoniacal, Alumínio;

– **Bacia do Arroio da Porteira**

Mercúrio, Fenóis, Nitrogênio Amoniacal, Alumínio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S.E. *Chemical analysis of ecological materials*. London: Blackwell Sci. Publi., 1989. 368p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, 1985. 1268p.
- BRASIL. Secretaria Especial do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 20. *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 jun. 1986.
- BOWEN, H.J.M. *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press, 1979. 333p.
- GOLTERMAN, H. L.; CLYNO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. *Methods for physical and chemical analyses of freshwater*. IBP Handbook n.8. Oxford Blackwell Sci. Publ, 1969.
- ZAHRADNIK, P. *Methods for chemical analysis of inland water*. Limnologisches Institut. Osterreichische Akademie der Wissenschaften, 1981.

# AVALIAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DE UMA ÁREA CARBONÍFERA

Nelson Augusto Flores Machado  
Maria Teresa Raya Rodriguez  
Stella Maris Leonardi

## INTRODUÇÃO

Neste relato apresenta-se uma sùmula de conhecimentos sobre os sedimentos de fundo dos cursos de água mais importantes da região carbonífera que drenam as bacias carboníferas de Charqueadas, Arroio do Ratos e Leão-Butiá.

As jazidas de carvão ocorrem circundando o Escudo Sul-Rio-Grandense, associados a outras rochas sedimentares da Depressão Periférica Estado do Rio Grande do Sul, que fazem parte das rochas Gondwanicas que são correlacionadas com outros conjuntos sedimentares da África do Sul, Índia, Austrália, e Antártica.

- As camadas de carvão aparecem na porção basal do pacote sedimentar, ora aflorando, ora cobertas por rochas mais jovens:

- Objetivou-se:

- Contribuir para o conhecimento geológico em ambientes fluviais modernos;

- Caracterização sedimentológica e interpretação do ambiente deposicional através do estudo e análise granulométrica e parâmetros sedimentológicos;

- Avaliar os aspectos dinâmicos presentes na área em estudo e sua implicação nos processos de erosão em estudo, além de servir de ferramentas de análise aos outros sub-projetos;

- Mapeamento faciológico-sedimentar;

- Identificar os problemas geoambientais através das modificações do ambiente natural da área e sua conseqüente influência no meio biótico;

- Medir as concentrações dos elementos químicos (Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se e Zn) nos sedimentos.

Justifica-se tal estudo pois:

- Em áreas carboníferas as modificações ambientais decorrentes da mineração do carvão se apresentam bastantes complexas.

- Em mineração a céu aberto são comuns as alterações geomorfológicas e conseqüentemente, a drenagem do solo, devido a exposição a agentes erosivos acelerando o assoreamento dos cursos d'água;

- As águas superficiais em minas de carvão a céu aberto têm origem nas precipitações, no escoamento superficial e na infiltração, sendo a acidificação das águas um dos aspectos ambientais mais comuns decorrentes da mineração e, em conseqüência, ocorre a lixiviação de elementos presentes no carvão e nas rochas a ele associadas.

- Os elementos, ao ingressarem nos sistemas aquáticos podem ser removidos por adsorção às partículas alóctones, sendo então parcialmente integrados ao sedimento, dependendo das condições físicas e químicas locais, do tamanho do grão do sedimento, da morfologia de fundo e da profundidade dos sistemas aquáticos.

- O reconhecimento da proveniência dos sedimentos e a compreensão do seu mecanismo deposicional, partindo das condições hidrodinâmicas dos corpos d'água estudados, constituem os elementos chaves na previsão da evolução histórica de sistemas aquáticos e sistemas adjacentes a avaliação em áreas impactadas.

- Os cursos da água alteram-se lenta e continuamente através do transporte e ou deposição dos sedimentos.

- O sedimento é um dos compartimentos mais importantes do ecossistema aquático, do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia. Nele ocorrem processos biológicos, físico e ou químicos que influenciam o metabolismo do sistema.

- Além de conter concentrações de elementos químico significativamente superiores aquelas da coluna d'água, o sedimento é o compartimento onde se depositam todos os compostos e estruturas animais e vegetais que não foram totalmente decompostos.

- Se por um lado o sedimento é um compartimento que apresenta a maior concentração de nutrientes, por outro lado, tem a capacidade de acumular compostos indicadores de contaminação ambiental. Assim, como indicador do nível de poluição, este estudo torna-se ainda mais relevante, pois o sedimento pode alcançar concentrações elevadas, superiores àquelas apresentadas pelos elementos comuns da crosta terrestre.

- Portanto, o estudo sedimentológico é o resultado da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático, serve de ferramenta para a investigação e avaliação destas áreas com relação à tomada de decisão no campo do uso, administração de recursos e ordenação do espaço em áreas carboníferas.

## **METODOLOGIA**

### **Escolha das estações**

Foram executadas quatro viagens exploratórias, para área alvo, sendo, contemporaneamente, realizado uma interpretação de aerofotografias e de imagem de satélite em produto transparência com o uso do PROCON, do Centro de Sensoriamento Remoto da UFRGS.

Foram identificadas e localizadas geograficamente as áreas fontes potencialmente geradoras de impactos relacionadas a extração, estoque e uso do carvão. Foi confeccionada uma carta denominada de Mapa Básico Preliminar.

Nesta carta foram locadas a rede de drenagem, as estradas, e as áreas fontes ou seja minerações, depósitos de rejeitos, depósitos de cinzas, industrias e termoeletricas que utilizam o carvão, etc. Além disso a legenda deste mapa preliminar visou induzir que o pesquisador ao analisar as informações ali contidas estabelecesse uma imagem mental das condições da paisagem de cada local visitado. Para tanto estabeleceram-se “strings” alfanuméricos que descrevem as várias situações encontradas pela equipe que confeccionou o referido documento.

Foi baseado nesta carta que foi determinado, em conjunto com a equipe de pesquisadores que iriam estudar os mais variados campos do conhecimento relacionado diretamente a água, as estações de coleta.

Foram então estabelecidas um total de dez estações, sendo distribuídas seis estações na bacia do arroio do Conde, duas estações na bacia do arroio da Porteira e duas na bacia do arroio do Ratos.

A localização geográfica destas estações foram de forma tendenciosa distribuídas em relação as zonas fontes anteriormente estabelecidas e reconhecidas como tal.

A descrição de campo da localização das estações foi a que segue:

**Estação 1:** arroio Martins afluente do arroio do Conde, a montante da mina do Recreio município de Butiá, acesso através da praça de mineração.

**Estação 2:** arroio Martins afluente do arroio do Conde a jusante da Mina do Recreio, próximo a Balança rodoviária desativada na BR 290.

**Estação 3:** arroio do Taquara, Fazenda da Lizete, estrada da Boa Vista aproximadamente a 5Km da BR 290. A estrada da Boa Vista cruza a Vila Recreio, cujo acesso a BR 290 é próximo a entrada para a sede municipal de Minas do Leão.

**Estação 4:** arroio Taquara sob a ponte na BR 290 próximo ao acesso a Minas do Leão.

**Estação 5:** arroio do Conde, a jusante da ponte na estrada de acesso ao Campo de Instrução do Exército.

**Estação 6:** arroio do Conde a montante da ponte(estação 5) entrando na trilha pela mata acima da confluência fluvial.

**Estação 7:** Calha de arroio sem nome passando a penitenciária de Charqueadas, aproximadamente a 2Km da estrada para a sede municipal de Charqueadas.

**Estação 8:** arroio do Ratos na ponte sobre a estrada para a sede municipal de Charqueadas.

**Estação 9:** arroio da Porteira, local onde existem duas pontes, uma abandonada e outra em atividade, sendo as duas de concreto e portanto consideradas perenes do ponto de vista logístico.

**Estação 10:** arroio da Porteira dentro da fazenda, acesso por mata-burro, adiante da estrada(parte desativada) para a sede municipal de Arroio dos Ratos.

## Coleta

Os sedimentos foram coletados com um amostrador do tipo “mud snapper”.

No mesmo local eram coletados vegetais, material sedimentar para análise de bentos, água superficial e necton.

As amostras sedimentares eram acondicionadas em frascos de polietileno e conduzidas ao laboratório.

Foram executadas seis campanhas de amostragem.

## Processamento dos sedimentos

Os sedimentos no laboratório eram colocados na estufa numa temperatura de 60°C e após secos eram quarteados. Separando-se quatro subamostras (em torno de 40g cada uma), para a análise geoquímica, outra para determinação do teor de matéria orgânica, outra para a determinação da distribuição dos tamanhos de grãos e a última foi encaminhada para arquivo.

## Análises granulométricas

A análise de tamanho de grão usada neste relatório é baseada na escala  $\phi$ . Esta escala baseia-se no logaritmo negativo na base 2 e relacionada a escala do milímetro:

$$“\phi” = -\text{Log}_2(\text{diâmetro em mm})$$

O processamento das amostras seguiu a metodologia de Krumbein & Pettijohn (1938).

Os tamanhos das partículas foram determinados por uma combinação de peneiração e pipetagem. As subamostras (em torno de 40g) foram lavadas inicialmente através de uma malha de 0,062mm. A fração mais fina do que 0,062mm foi coletada em um recipiente de vidro para ser levada a pipetagem toda vez que fosse igual ou maior do que 2% do total da amostra. A fração mais grossa do que 0,062mm foi seca novamente, pesada, e o percentual sobre a amostra total (peso inicial) calculada. Após levada a peneiração com intervalo de  $1/4\phi$ .

A análise proveniente da peneiração e da pipetagem foram combinadas e construídas as curvas de frequência em papel de probabilidade aritmética usando a escala logarítmica (escala  $\phi$ ) para o diâmetro do grão.

Os dados obtidos com a análise granulométrica foram representados graficamente das seguintes formas:

- Histogramas- são gráficos formados com barras verticais, as quais representam as porcentagens das classes de tamanho. Será útil na interpretação das características gerais das distribuições de tamanho dos sedimentos.

- Curvas acumulativas em escala aritmética- são representados as porcentagens acumuladas dos sedimentos. Normalmente a análise granulométrica gera uma curva em forma de S. No eixo das abscissas representa-se os tamanhos de grão em unidades “ $\phi$ ” e nas ordenadas em escala normal representa-se os percentuais de 0 a

100%. Esta curva tem a vantagem de apresentar todos os parâmetros estatísticos e podem ser comparadas as amostras.

- Curvas acumulativas em escala de probabilidade- Na ordenada a escala é de probabilidade, e na abcissa são representados os tamanhos de grão em escala "fi". Neste gráfico a curva gerada no item anterior em forma de "S" é estendida, isto por que a escala de probabilidade é condensada na parte central e estendida em seus extremos. É neste gráfico que determinam-se os parâmetros granulométricos com maior exatidão.

- Curvas de frequência- são curvas contínuas em forma de sino, obtida a partir da curva acumulativa por meio das inclinações das tangentes correspondentes aos vários tamanhos de grãos. São considerados os vários tamanhos de grão, os pontos de máxima inclinação que correspondem as modas e também as partes planas que fornecem o mínimo da curva de frequência.

As características texturais dos sedimentos foram referidas a um conjunto de estatísticas descritivas de sua distribuição granulométrica, associadas a tendências centrais, (mediana, média, desvio padrão) ou caudais (assimetria e curtose).

Foram usadas as fórmulas propostas por Folk & Ward (1957), criadas a partir de Inman(1952).

Portanto para indicar quantitativamente as características específicas das amostras recorreu-se ao cálculo das medidas estatísticas obtidas com o auxílio das curvas acumulativas.

Os parâmetros sedimentológicos calculados foram:

### **Moda (Mo)**

É o tamanho de grão, em unidades "fi", que é mais freqüente, correspondendo ao ponto mais alto da curva de frequência e ao ponto de inflexão da curva de frequência acumulativa.

### **Mediana(Md)**

É o tamanho de grão, em unidades "fi", que corresponde a 50% na curva acumulativa. É a unidade em peso que divide pela metade o peso total das partículas que compõe a amostra.

A mediana é o tamanho médio que não se acha afetada pelos extremos que ocorrem na distribuição, bem como não se acha afetada pela assimetria da curva de distribuição.

### **Tamanho Médio (Mz)**

É uma medida de tendência central que indica o tamanho médio dos grãos. Sahu(1964) coloca este parâmetro como representação da energia cinética média do agente de deposição, embora também dependa das características dos sedimentos da zona fonte.

Indica a energia envolvida no processo deposicional, por outro lado a sua distribuição em área caracteriza as áreas de dominância dos diferentes tipos de sedimentos de fundo.

Porém muitos autores consideram inadequado por si só, para refletir a interação entre os sedimentos e o regime hidráulico.

Embora medidas individuais do tamanho médio pouco mais do que fornece uma indicação grosseira do fluxo relativo da corrente ou força das ondas de vários sistemas aquáticos, em ambientes modernos, Sly *et alii* (1983) tem utilizado esta técnica para demonstrar muitas similaridades entre ambientes lacustres e marinhos e para diferenciar depósitos de canal e baía de depósitos de plataforma.

Esta técnica já foi também utilizada para diferenciar ambientes dominados por ondas, ventos e correntes de maré numa macroescala.

Utilizou-se para cálculo:

$$Mz = (016 + 050 + 084) / 3$$

Para classificação nominal a classificação de Wentworth (1932)..

O tamanho médio caracteriza melhor as transições faciológicas do recobrimento de fundo.

### **Grau de Seleção (Ti)**

Esta medida representa o grau de dispersão ou de seleção dos grãos das amostras. Leva em conta os 90% da distribuição. Indica as variações das condições de velocidade de deposição dos sedimentos, o grau de flutuação do nível energético do agente deposicional, velocidade e grau de turbulência, sua capacidade de classificar os materiais ali mobilizados, apresenta a tendência do sedimento à homogeneidade granulométrica, por influência de um agente transportador, indicando desta forma os mecanismos e direções de transporte atuantes na área.

O grau de dispersão destes tamanhos é um fator importante para o entendimento da natureza dos depósitos de fundo fluvial.

Utilizou-se para cálculo:

$$Ti = [(084 - 016) / 4] + [(095 - 05) / 6,6]$$

As classes nominais utilizadas foram:

Ti < 0.35.....muito boa

0.35 — 0.50.....boa

1.00 — 2.00.....pobre

2.00 — 4.00.....muito ruim

Ti > 4.00.....extremamente ruim

### **Assimetria (SKi)**

Este parâmetro granulométrico fornece o grau de assimetria de uma curva de distribuição de frequência.

Indica o afastamento do diâmetro médio da mediana, a negatividade deste parâmetro é dada pela predominância dos tamanhos mais grosseiros sob os tamanhos mais finos da distribuição.

Alem disso segundo Sly *et alii* (1983) a assimetria é modificada pela resposta hidráulica do sedimento, sendo possível então utilizar este parâmetro para distinguir zonas de regimes de energia diferentes.

Segundo a visão de Spencer (1963), Thomas *et alii* (1972, 1973) a assimetria como uma mistura de silte com um membro final de populações de areia e argila: onde

a silte e a areia produzem uma assimetria positiva e a silte e argila produzem uma assimetria negativa.

A tendência a negatividade ou a própria negatividade deste parâmetro indica a ação de duas correntes com a conseqüente remoção dos grãos mais finos permanecendo depositado a fração mais grosseira.

Utilizou-se para cálculo:

$$SK_i = \left\{ \left[ \frac{(016 + 084 - 2(050))}{(2(084-016))} \right] + \left[ \frac{(05 + 095 - 2(050))}{(2(095-05))} \right] \right\}$$

As áreas positivas demonstram meios de concentração de finos, indicando que esta fração não esta sendo retirada das amostras, indicando que os fluxos de correntes envolvidas possuem características unidirecionais.

As áreas negativas indicam a ação de duas correntes atuando no sentido de lavagem dos sedimentos, onde certamente atuam correntes bidirecionais.

As classes nominais usadas foram:

1.00 a 0.30 .....Fortemente positiva

0.30 a 0.10 .....Positiva

0.10 a -0.10 .....Quase simétrica

-0.10 a -0.30 .....Negativa

0.30 a -1.00 .....Fortemente Negativa

A assimetria é um coeficiente de dispersão e portanto não possui unidade.

### **Curtose (KG)**

É uma medida de mistura da população final fornece uma comparação do grau de classificação da parte central da curva de distribuição com as porções terminais as caudas da curva. Quantitativamente descreve o afastamento da normalidade, determinando que se a curva for normal tenderá a ter um KG=1,00, mas se KG é maior que 1,00 então a curva de frequência é muito aguda e demonstra uma seleção central maior que a seleção das caudas das curvas indicando curvas leptocúrticas. se KG é menor que 1,00 a curva é pouco aguda e indica uma situação inversa caracterizando curvas platicúrticas.

Para o cálculo utilizou-se:

$$KG = \frac{((095-05))}{(2.44(075-025))}$$

$$KG' = 1/(KG+1) \text{ (normalizada)}$$

As classes nominais usadas foram :

< 0.67 .....muito platicúrtica

0.67 — 0.90.....platicúrtica

0.90 — 1.11.....mesocúrtica

1.11 — 1.50.....leptocúrtica

1.50 — 3.00.....muito leptocúrtica

>3.00 .....extremamente leptocúrtica

É um parâmetro mais sensível a pequenas flutuações do ambiente de deposição mesmo sendo um parâmetro de difícil interpretação, sua distribuição suporta o modelo geral apontado pelos outros parâmetros.

Curvas de distribuição granulométrica leptocúrticas e muito leptocúrticas refletem zonas de maior movimentação de fundo, enquanto que curvas platicúrticas refletem zonas de baixa movimentação de fundo. Curvas mesocúrticas marcam zonas de maior e menor movimentação.

#### **pH dos Sedimentos**

O método utilizado foi o emprego de um potenciômetro.

#### **Matéria Orgânica, Área Superficial e Volume dos Grãos**

O método utilizado foi o da gravimetria. Queima a uma temperatura de 550°C por duas horas.

As áreas superficiais dos grãos foram obtidas elevando as medidas da mediana e do diâmetro médio em milímetros das amostras ao quadrado. Remete este cálculo a sua origem ou seja a área superficial de uma esfera, portanto consideram-se os grãos esferas. A fórmula para o cálculo da área da esfera é  $4\pi R^2$  sendo que 4 e  $\pi$  são constantes permanecendo o valor R2, portanto ao analisarmos a mediana e o diâmetro médio ao quadrado será estabelecido uma relação proporcional entre as áreas superficiais das dos grãos das amostras analisadas.

Por outro lado o volume dos grãos é analisado usando o mesmo tipo de estratégia, calculando o inverso da mediana em mm e o inverso do tamanho médio em mm. Portanto obtém-se a área superficial pela unidade de volume dos grãos medidos.

#### **Análise Geoquímica**

Os sedimentos foram analisados quimicamente determinando a presença de Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Al, Cd, Ni, Pb, Cu, Cr, Hg, As e Se, na forma total e extraível.

O método usado para preparação das amostras a serem determinados os elementos totais foi o da digestão do material em bombas de teflon (Bombas de Torg).

O método usado para os elementos extraíveis foi digestão com ácido nítrico a 0,1N.

Após as amostras eram levadas ao espectrofotômetro de absorção atômica seguindo os seguintes métodos:

Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn	Espectrofotômetro de absorção atômica em chama de ar acetileno
Al, Cd, Ni, Pb, Cu, Cr	Espectrofotômetro de absorção atômica em forna de grafite
Hg, As, Se	Espectrofotômetro de absorção atômica com geração de hidretos

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Física dos sedimentos**

Os resultados das análises de tamanhos de grãos foram tabulados. Estes resultados incluem tamanho Médio (Mz), Mediana (Md), Grau de Classificação (Ti) Assimetria (Ski), Curtose (KG) expressos em escala fi.

A interpretação geológica dos dados granulométricos pode ser abordada em dois caminhos diferenciados; o primeiro, por ser mais antigo, analisa agrupando curvas acumulativas por meio de inflexões da curvas de distribuição granulométrica, ou seja dados estatísticos, referentes a diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose.

O segundo objetiva interpretar descritores numéricos da distribuição granulométrica os parâmetros estatísticos.

As interpretações geológicas serão realizadas utilizando os descritores numéricos

Nas Tabelas 2 a 5 estão apresentados os descritores das distribuições granulométricas.

## **Descrição dos parâmetros granulométricos nas estações decoleta**

### **BACIA DO ARROIO DO CONDE**

Os sedimentos superficiais da Bacia do Arroio do Conde apresentaram nas seis campanhas desenvolvidas as seguintes características:

#### **Estação 1**

A mediana apresentou um valor médio de -0,59 fi, uma variância de 0,02, um valor máximo de -0,40 fi e um valor mínimo de -0,75 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -0,55 fi, uma variância de 0,017 e um valor máximo de -0,40 fi e valor mínimo de -0,75 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 0,879 fi uma variância de 0,016 e um valor máximo de 1,03 e um valor mínimo de 0,64.

A assimetria apresentou um valor médio de 1,16 fi, uma variância de 0,57 um valor máximo de 2,07 e um valor mínimo de 0,16.

A curtose apresentou um valor médio de 0,13 uma variância de 0,02 , um valor máximo de 0,36 e um valor mínimo de -0,04.

#### **Estação 2**

A mediana apresentou um valor médio de -1,22 fi, uma variância de 0,01, um valor máximo de -1,0 fi e um valor mínimo de -1,35 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -0,96 fi, uma variância de 0,016 e um valor máximo de -0,83 fi e valor mínimo de -1,13 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 1,23 fi uma variância de 0,005 e um valor máximo de 1,34 e um valor mínimo de 1,14.

A assimetria apresentou um valor médio de 0,29 fi, uma variância de 0,013 um valor máximo de 0,456 e um valor mínimo de 0,195.

A curtose apresentou um valor médio de 1,14 uma variância de 0,04 , um valor máximo de 1,40 e um valor mínimo de 0,842.

#### **Estação 3**

A mediana apresentou um valor médio de -0,78 fi, uma variância de 0,10, um valor máximo de -0,40 fi e um valor mínimo de -1,2 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -0,78 fi, uma variância de 0,057 e um valor máximo de -0,46 fi e valor mínimo de -1,08 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 1,05 fi uma variância de 0,011 e um valor máximo de 1,15 e um valor mínimo de 0,87.

A assimetria apresentou um valor médio de 0,02 fi, uma variância de 0,028 um valor máximo de 0,237 e um valor mínimo de -0,21.

A curtose apresentou um valor médio de 1,05 uma variância de 0,01 , um valor máximo de 1,19 e um valor mínimo de 0,916.

#### **Estação 4**

A mediana apresentou um valor médio de 1,19 fi, uma variância de 0,24, um valor máximo de 1,75 fi e um valor mínimo de 0,45 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de 0,94 fi, uma variância de 0,08 e um valor máximo de 1,35 fi e valor mínimo de 0,46 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 1,71 fi uma variância de 0,007 um valor máximo de 1,82 e um valor mínimo de 1,61.

A assimetria apresentou um valor médio de -0,25 fi, uma variância de 0,037 um valor máximo de 0,012 e um valor mínimo de -0,496.

A curtose apresentou um valor médio de 0,91 uma variância de 0,012 , um valor máximo de 1,06 e um valor mínimo de 0,76.

#### **Estação 5**

A mediana apresentou um valor médio de -0,275 fi, uma variância de 0,87, um valor máximo de 1,5 fi e um valor mínimo de -1,0 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -0,569 fi, uma variância de 0,13 e um valor máximo de -0,03 fi e valor mínimo de -0,85 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 1,419 fi uma variância de 0,038 e um valor máximo de 1,60 e um valor mínimo de 1,075.

A assimetria apresentou um valor médio de -0,139 fi, uma variância de 0,417 um valor máximo de 0,505 e um valor mínimo de -1,38.

A curtose apresentou um valor médio de 1,504 uma variância de 1,29 , um valor máximo de 3,688 e um valor mínimo de 0,77.

#### **Estação 6**

A mediana apresentou um valor médio de -1,316 fi, uma variância de 0,02, um valor máximo de -1,10 fi e um valor mínimo de -1,5 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -1,325 fi, uma variância de 0,01 e um valor máximo de -1,20 fi e valor mínimo de -1,45 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 0,90 fi uma variância de 0,004 e um valor máximo de 1,0 e um valor mínimo de 0,84.

A assimetria apresentou um valor médio de 0,06 fi, uma variância de 0,016 um valor máximo de 0,24 e um valor mínimo de -0,085.

A curtose apresentou um valor médio de 1,70 uma variância de 0,18 , um valor máximo de 2,20 e um valor mínimo de 1,20.

## **BACIA DO ARROIO DOS RATOS**

Os sedimentos superficiais da Bacia do Arroio dos Ratos apresentaram nas duas amostras em seis campanhas de amostragem as seguintes características.

### **Estação 7**

A mediana apresentou um valor médio de 1,68 fi, uma variância de 0,02, um valor máximo de 1,85 fi e um valor mínimo de 1,5 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de 1,44 fi, uma variância de 0,005 e um valor máximo de 1,516 fi e valor mínimo de 1,33 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 1,327 fi uma variância de 0,0036 e um valor máximo de 1,407 e um valor mínimo de 1,246.

A assimetria apresentou um valor médio de -0,42 fi, uma variância de 0,01 um valor máximo de -0,276 e um valor mínimo de -0,537.

A curtose apresentou um valor médio de 1,128 uma variância de 0,052 , um valor máximo de 1,57 e um valor mínimo de 0,97.

### **Estação 8**

A mediana apresentou um valor médio de -1,09 fi, uma variância de 0,07, um valor máximo de -0,75 fi e um valor mínimo de -1,5 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -1,17 fi, uma variância de 0,023 e um valor máximo de -0,966 fi e valor mínimo de -1,35 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 1,39 fi uma variância de 0,014 e um valor máximo de 1,57 e um valor mínimo de 1,228.

A assimetria apresentou um valor médio de -0,0856 fi, uma variância de 0,0199 um valor máximo de 0,153 e um valor mínimo de -0,23.

A curtose apresentou um valor médio de 0,89 uma variância de 0,022 , um valor máximo de 1,19 e um valor mínimo de 0,80.

## **BACIA DO ARROIO DA PORTEIRA**

Os sedimentos superficiais da Bacia do Arroio da Porteira apresentaram nas duas amostras nas seis campanhas desenvolvidas as seguintes características:

### **Estação 9**

A mediana apresentou um valor médio de 0,63 fi, uma variância de 0,046, um valor máximo de 0,90 fi e um valor mínimo de 0,30 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -0,569 fi, uma variância de 0,017 e um valor máximo de 0,75 fi e valor mínimo de 0,36 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 0,677 fi uma variância de 0,011 e um valor máximo de 0,79 e um valor mínimo de 0,522.

A assimetria apresentou um valor médio de -0,24 fi, uma variância de 0,053 um valor máximo de 0,06 e um valor mínimo de -0,522.

A curtose apresentou um valor médio de 1,43 uma variância de 0,09 , um valor máximo de 1,825 e um valor mínimo de 1,013.

### Estação 10

A mediana apresentou um valor médio de -0,408 fi, uma variância de 0,128, um valor máximo de 0,20 fi e um valor mínimo de -0,9 fi.

O tamanho médio apresentou um valor médio de -0,288 fi, uma variância de 0,026 e um valor máximo de fi e valor mínimo de -0,466 fi.

O grau de classificação apresentou um valor médio de 0,86 fi uma variância de 0,009 e um valor máximo de 0,95 e um valor mínimo de 0,698.

A assimetria apresentou um valor médio de 0,208 fi, uma variância de 0,122 um valor máximo de 0,561 e um valor mínimo de -0,311.

A curtose apresentou um valor médio de 0,738 uma variância de 6,492 , um valor máximo de 4,37 e um valor mínimo de -3,629.

**Tabela 1**  
PERCENTUAIS OBTIDOS NA CURVA DE FREQUÊNCIA  
ACUMULADA DAS AMOSTRAS PARA O CÁLCULO  
DOS PARÂMETROS SEDIMENTOLÓGICOS

amost	phi 1	phi 5	phi 10	phi 16	phi 25	phi 50	phi 75	phi 84	phi 90	phi 95
1,1	-2,2	-1,9	-1,75	-1,5	-1,3	-0,75	-0,25	0,3	0,7	1,3
1,2	-2,1	-1,4	-1,15	-1	-0,9	-0,65	-0,3	0	0,3	1,2
1,3	-2,7	-1,9	-1,75	-1,4	-1,1	-0,4	0,4	0,5	0,8	1
1,4	-2,15	-1,8	-1,5	-1,3	-1	-0,4	0,2	0,5	0,85	1
1,5	-2,5	-2	-1,75	-1,6	-1,3	-0,6	0,1	0,6	0,8	1,2
1,6	-2,45	-1,85	-1,7	-1,6	-1,25	-0,75	-0,3	0,1	0,6	1,1
2,1	-3,3	-2,7	-2,3	-2	-1,6	-1	0	0,5	1,1	1,6
2,2	-2,62	-2,3	-2,15	-2	-1,8	-1,25	-0,35	0,6	1	1,5
2,3	-2,6	-2,3	-2,1	-1,9	-1,8	-1,25	0	0,6	1	1,4
2,4	-3,8	-3,1	-2,6	-2,3	-1,8	-1,35	-0,5	0,4	0,8	1,35
2,5	-3,7	-3	-2,6	-2,3	-2	-1,3	-0,4	0,2	0,6	1,2
2,6	-3,6	-2,8	-2,2	-1,95	-1,7	-1,2	-0,45	0,1	0,8	1,35
3,1	-3	-2,4	-2	-1,75	-1,4	-0,6	0,2	0,5	0,95	1,3
3,2	-3,45	-2,4	-2	-1,65	-1,2	-0,4	0,2	0,65	1,15	1,2
3,3	-3,7	-2,8	-2,3	-1,9	-1,5	-0,5	0,2	0,4	0,7	1
3,4	-3,5	-2,7	-2,2	-1,95	-1,75	-1	-0,3	0	0,35	1,25
3,5	-3,2	-2,4	-2	-1,8	-1,6	-1,2	-0,5	-0,25	0,2	0,8

(continuação da tabela 1)

amost	phi 1	phi 5	phi 10	phi 16	phi 25	phi 50	phi 75	phi 84	phi 90	phi 95
3,6	-3,2	-2,4	-2	-1,8	-1,5	-1	-0,25	0,1	0,55	1
4,1	-3,45	-2,5	-1,9	-0,9	0,2	1,5	2,2	2,4	2,6	2,7
4,2	-3,5	-2,5	-1,5	-0,7	0,25	1,75	2,7	3	3,1	3,3
4,3	-3,45	-2,3	-1,65	-0,9	-0,1	1,3	2,5	2,9	3,2	3,5
4,4	-3,3	-2,35	-1,7	-1,12	-0,65	0,75	2	2,5	2,7	3
4,5	-3,4	-2,2	-1,65	-0,9	-0,35	1,4	2,45	2,6	2,8	3
4,6	-3,15	-2,15	-1,7	-1,25	-0,7	0,45	1,5	2,2	2,7	3,1
5,1	-3,8	-3,15	-2,85	-2,4	-1,8	-0,6	0,4	0,7	1	2,3
5,2	-3,6	-3,1	-2,7	-2,4	-2	-1	0,4	0,95	1,4	1,9
5,3	-3,6	-3	-2,6	-2,25	-1,9	-0,7	0,25	0,6	1	1,5
5,4	-3,9	-3,2	-2,7	-2,1	-1,5	1,5	-0,45	0,5	0,75	1,5
5,5	-3,95	-3,2	-2,8	-2,45	-1,9	-0,85	0,5	0,75	1	1,35
5,6	-3,8	-3,05	-2,65	-0,6	-0,35	-0,6	0,2	0,7	1,2	1,9
6,1	-3,6	-2,85	-2,35	-1,9	-1,75	-1,3	-1	-0,5	-0,2	0,6
6,1	-3,6	-2,85	-2,35	-1,9	-1,75	-1,3	-1	-0,5	-0,2	0,6
6,2	-3,4	-2,75	-2,45	-2,2	-1,9	-1,5	-0,9	-0,6	-0,45	0,2
6,3	-3,5	-2,8	-2,5	-2	-1,7	-1,2	-0,85	-0,7	-0,4	0,6
6,4	-3,6	-3	-2,6	-2,25	-2	-1,4	-0,9	-0,7	-0,4	0,25
6,5	-3,6	-2,8	-2,2	-1,9	-1,6	-1,1	-0,8	-0,6	-0,5	1,5
6,6	-3,5	-2,8	-2,45	-2	-1,85	-1,4	-1	-0,6	-0,1	1,5
7,1	-3,35	-1,6	-0,6	0,3	1	1,7	2,2	2,5	2,95	3
7,2	-2,95	-1,5	-0,7	0	0,6	1,85	2,35	2,5	2,65	2,9
7,3	-2,95	-1,5	-0,7	-0,2	0,5	1,6	2,35	2,6	2,7	2,9
7,4	-3,25	-2	-0,75	0	0,3	1,5	2,35	2,6	2,85	3
7,5	-3,25	-1,95	-0,9	0,1	0,2	1,89	2,2	2,45	2,55	3
7,6	-3,3	-2	0,9	0,2	0,6	1,85	2,3	2,5	2,65	2,9
8,1	-4	-3,5	-3,12	-2,6	-2,2	-1	0,1	0,5	0,8	1
8,2	-4,2	-3,5	-3	-2,65	-2,1	-1,1	-0,2	0,1	0,4	0,7
8,3	-4,2	-3,6	-3,25	-2,9	-2,5	-1,5	0	0,45	0,85	1,3
8,4	-3,8	-3,1	-2,7	-2,35	-1,9	-0,75	-0,1	0,2	0,5	0,8
8,5	-3,9	-3,4	3	-2,75	-2,3	-0,9	-0,1	0,2	0,4	0,9
8,6	-4,1	-3,6	-3,2	-2,75	-2,1	-1,3	-0,5	0	0,5	1,05
9,1	-3	-0,85	-0,9	-0,1	0,15	0,6	1,1	1,2	1,3	1,5
9,2	-3,2	-1,1	-0,2	0	0,45	0,7	1	1,2	1,25	1,35
9,3	-3,1	-0,8	0,3	0	0,2	0,5	0,8	1	1,2	1,5
9,4	-2,89	-0,5	-0,2	0	0,3	0,8	0,95	1	1,1	1,3
9,5	-3,1	-1,2	-0,6	-0,3	0	0,3	0,8	1,1	1,3	1,75
9,6	-3,3	-1,5	-0,5	0	0,5	0,9	1,3	1,35	1,4	1,5
10,1	-2,22	-1,8	-1,3	-1	0,85	0,2	0,5	0,8	1	1,3
10,2	-2,4	-1,5	-1,2	-1	-0,8	-0,3	0,1	0,4	0,5	0,8
10,3	-2,3	-1,6	-1,4	-1,25	-0,95	-0,45	0,2	0,5	0,75	0,9
10,4	-2	-1,35	-1,2	-1	-0,95	-0,5	0,15	0,8	0,85	1,3
10,5	-1,9	-0,7	-1,5	-1,3	-1,1	-0,5	0,3	0,8	1,25	1,9
10,6	-2,72	-1,8	-1,5	-1,2	-0,9	-0,9	-0,6	0,7	1,1	1,4

**Tabela 2**

Percentual de presença dos tamanhos de grãos das amostras de calha fluvial nas Sub-bacias , Arroio do Conde (estações de 1 a 6), Arroio dos Ratos (estações de 7 e 8) e Arroio da Porteira (estações de 9 e 10). O números 9,4 encerram o seguinte significado, o 9 (primeiro) significa a estação de coleta, o segundo número (4) representa a campanha amostral. Foram executadas seis campanhas amostrais, em dez estações de coleta

Amostra	Granulo%	Amigro %	Argros %	Amed %	Arfir%	Amfir%	Sile+argila%
11	2,5	73,3	17,3	6,3	0,6	0,1	0,0
12	16,0	68,0	12,0	3,1	0,7	0,2	0,0
13	25,3	40,7	30,3	3,3	0,4	0,0	0,0
14	25,0	44,0	26,0	4,5	0,4	0,1	0,0
15	36,0	36,5	21,7	5,6	0,1	0,2	0,0
16	35,0	44,2	14,8	4,6	1,2	0,1	0,0
21	16,0	59,0	14,0	9,0	1,5	0,4	0,0
22	16,0	58,4	16,6	6,0	2,5	0,3	0,1
23	12,0	63,0	15,0	7,7	1,8	0,3	0,1
24	20,0	60,0	12,0	5,0	2,6	0,3	0,1
25	25,0	57,0	11,0	5,0	1,5	0,3	0,1
26	10,0	72,5	10,5	5,2	1,4	0,3	0,1
31	38,0	30,0	22,0	9,5	0,5	0,0	0,0
32	27,5	30,5	32,0	9,5	0,4	0,1	0,0
33	35,0	27,0	33,0	4,5	0,4	0,1	0,0
34	50,0	32,0	14,5	3,0	0,4	0,1	0,0
35	62,0	24,0	10,5	2,5	0,7	0,3	0,0
36	50,0	30,0	15,0	4,0	0,8	0,2	0,0
41	15,0	7,0	13,0	31,0	31,6	2,3	0,1
42	14,0	6,0	15,0	17,0	32,0	15,8	0,2
43	16,0	9,0	15,0	20,0	22,0	17,7	0,3
44	16,5	18,5	17,0	21,0	21,0	5,7	0,3
45	16,0	10,0	16,0	20,0	33,0	4,9	0,1
46	18,0	22,0	22,0	20,0	11,0	6,7	0,3
51	45,0	20,0	25,0	6,5	2,8	0,7	0,0
52	50,0	20,0	16,0	10,0	3,5	0,5	0,0
53	42,0	28,0	20,0	7,5	1,7	0,8	0,0
54	35,0	25,0	31,0	6,5	2,1	0,4	0,0
55	49,0	13,0	28,0	8,0	1,5	0,5	0,0
56	38,0	32,0	18,0	8,0	3,0	1,0	0,0
61	75,0	18,0	2,0	1,5	2,5	1,0	0,0
62	72,5	21,5	3,5	0,5	1,0	1,0	0,0
63	70,0	23,0	2,0	1,0	3,9	0,0	0,0
64	75,0	19,0	2,5	0,5	1,0	2,0	0,0
65	54,0	38,0	2,0	2,5	2,9	0,5	0,0
66	73,0	19,0	2,0	2,0	3,3	0,7	0,0
71	9,0	7,0	9,0	39,0	28,0	7,8	0,1

(continuação da tabela 2)

Amostra	Granul%	Armfgr%	Argros%	Armed%	Arfin%	Armfir%	Silt+argil%
72	9,0	9,0	16,0	16,0	46,5	3,3	0,2
73	7,0	11,0	17,0	25,0	36,0	3,7	0,3
74	7,5	12,5	20,0	20,0	34,0	5,8	0,2
75	9,0	7,0	12,0	28,0	38,0	5,5	0,5
76	10,0	8,0	14,0	23,0	41,5	3,1	0,4
81	50,0	23,0	22,0	4,0	0,8	0,1	0,0
82	50,0	32,0	15,5	2,1	0,3	0,0	0,0
83	56,0	19,0	17,0	7,0	0,8	0,1	0,0
84	44,0	31,4	20,6	3,4	0,4	0,1	0,1
85	49,0	26,0	21,0	3,3	0,5	0,1	0,0
86	60,0	24,0	10,5	4,8	0,6	0,0	0,0
91	4,5	15,5	50,0	29,4	0,3	0,2	0,0
92	5,0	10,0	60,0	24,5	0,3	0,1	0,0
93	4,0	12,0	68,0	14,5	1,3	0,2	0,0
94	3,0	13,0	59,0	24,5	0,3	0,1	0,0
95	6,0	19,0	55,0	16,9	2,6	0,4	0,1
96	7,0	9,0	43,0	40,5	0,3	0,1	0,0
101	18,0	37,0	33,0	11,3	0,4	0,1	0,1
102	16,0	59,0	22,0	2,3	0,4	0,1	0,1
103	25,0	45,0	26,0	3,5	0,3	0,1	0,0
104	16,0	54,0	22,0	6,3	1,2	0,3	0,1
105	27,0	38,0	20,0	11,0	3,2	0,6	0,1
106	22,5	42,5	25,0	9,0	0,7	0,0	0,2

**Tabela 3**

ESTES SÃO OS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS PARA OS SEDIMENTOS ESTUDADOS NAS CALHAS DAS SUB-BACIAS DA REGIÃO CARBONÍFERA. FORAM CALCULADOS SEGUINDO AS FÓRMULAS DE FOLK E WARD(1967).

Amost	Md	Mz	Ti	SKi	KG	K'G
1,1	-0,75	-0,65	0,93	0,22	1,25	0,44
1,2	-0,65	-0,55	0,64	0,36	1,78	0,36
1,3	-0,4	-0,43	0,91	-0,04	0,79	0,56
1,4	-0,4	-0,40	0,87	0,00	0,96	0,51
1,5	-0,6	-0,53	1,03	0,11	0,94	0,52
1,6	-0,75	-0,75	0,87	0,13	1,27	0,44
2,1	-1	-0,83	1,28	0,20	1,10	0,48
2,2	-1,25	-0,88	1,23	0,44	1,07	0,48
2,3	-1,25	-0,85	1,19	0,46	0,84	0,54
2,4	-1,35	-1,08	1,35	0,25	1,40	0,42
2,5	-1,3	-1,13	1,26	0,20	1,08	0,48
2,6	-1,2	-1,02	1,14	0,25	1,36	0,42
3,1	-0,6	-0,62	1,12	0,00	0,95	0,51

(continuação da tabela 3)

Amost	Md	Mz	Ti	SKi	KG	K'G
3,2	-0,4	-0,47	1,12	-0,10	1,05	0,49
3,3	-0,5	-0,67	1,15	-0,21	0,92	0,52
3,4	-1	-0,98	1,09	0,08	1,12	0,47
3,5	-1,2	-1,08	0,87	0,24	1,19	0,46
3,6	-1	-0,90	0,99	0,17	1,11	0,47
4,1	1,5	1,00	1,61	-0,50	1,07	0,48
4,2	1,75	1,35	1,80	-0,39	0,97	0,51
4,3	1,3	1,10	1,83	-0,20	0,91	0,52
4,4	0,75	0,71	1,72	-0,10	0,83	0,55
4,5	1,4	1,03	1,66	-0,35	0,76	0,57
4,6	0,45	0,47	1,66	0,01	0,98	0,51
5,1	-0,6	-0,77	1,60	-0,05	1,02	0,50
5,2	-1	-0,82	1,60	0,16	0,85	0,54
5,3	-0,7	-0,78	1,39	-0,05	0,86	0,54
5,4	1,5	-0,03	1,36	-1,38	1,83	0,35
5,5	-0,85	-0,85	1,49	-0,02	0,78	0,56
5,6	0	-0,17	1,07	0,51	3,69	0,21
6,1	-1,3	-1,23	0,87	0,12	1,89	0,35
6,2	-1,5	-1,43	0,85	0,14	1,21	0,45
6,3	-1,2	-1,30	0,84	-0,09	1,64	0,38
6,4	-1,4	-1,45	0,88	-0,04	1,21	0,45
6,5	-1,1	-1,20	0,98	-0,01	2,20	0,31
6,6	-1,4	-1,33	1,00	0,25	2,07	0,33
7,1	1,7	1,50	1,25	-0,35	1,57	0,39
7,2	1,85	1,45	1,29	-0,50	1,03	0,49
7,3	1,6	1,33	1,37	-0,35	0,97	0,51
7,4	1,5	1,37	1,41	-0,28	1,00	0,50
7,5	1,6	1,48	1,34	-0,54	1,01	0,50
7,6	1,85	1,52	1,32	-0,50	1,18	0,46
8,1	-1	-1,03	1,46	-0,07	0,80	0,55
8,2	-1,1	-1,22	1,32	-0,14	0,91	0,52
8,3	-1,5	-1,32	1,58	0,15	0,80	0,55
8,4	-0,75	-0,97	1,23	-0,23	0,89	0,53
8,5	-0,9	-1,15	1,39	-0,21	0,80	0,56
8,6	-1,3	-1,35	1,39	-0,02	1,19	0,46
9,1	0,6	0,57	0,68	-0,16	1,01	0,50
9,2	0,7	0,63	0,67	-0,32	1,83	0,35
9,3	0,5	0,50	0,60	-0,07	1,57	0,39
9,4	0,8	0,60	0,52	-0,52	1,13	0,47
9,5	0,3	0,37	0,80	0,06	1,51	0,40
9,6	0,9	0,75	0,79	-0,47	1,54	0,39
10,1	0,2	1,85	0,92	-0,31	-3,63	-0,38

(continuação da tabela 3)

Amost	Md	Mz	Ti	SKi	KG	KG
10,2	-0,3	-0,30	0,70	-0,02	1,05	0,49
10,3	-0,45	-0,40	0,82	0,08	0,89	0,53
10,4	-0,5	-0,23	0,85	0,40	0,99	0,50
10,5	-0,5	-0,33	0,92	0,54	0,76	0,57
10,6	-0,9	-0,47	0,96	0,56	4,37	0,19

**Tabela 4**  
CLASSIFICAÇÃO NOMINAL DOS PARÂMETROS  
GRANULOMÉTRICOS DAS AMOSTRAS ANALISADAS

amostras	Mznom	Tinom	Skinom	KGnom
1,1	Armtogro	moderada	positiva	Leptocurt
1,2	Armtogro	moderada	fortposi	Leptocurt
1,3	Armtogro	moderada	qsimet	Platicurt
1,4	Armtogro	moderada	qsimet	Mesocurt
1,5	Armtogro	pobre	positiva	Mesocurt
1,6	Armtogro	moderada	positiva	Leptocurt
1 Med	Armtogro	moderada	positiva	Leptocurt
2,1	Armtogro	pobre	positiva	Mesocurt
2,2	Armtogro	pobre	fortposi	Mesocurt
2,3	Armtogro	pobre	fortposi	Platicurt
2,4	Granulo	pobre	positiva	Leptocurt
2,5	Granulo	pobre	positiva	Mesocurt
2,6	Granulo	pobre	positiva	Leptocurt
2 Med.	Armtogro	pobre	positiva	Leptocurt
3,1	Armtogro	pobre	qsimet	Mesocurt
3,2	Armtogro	pobre	qsimet	Mesocurt
3,3	Armtogro	pobre	negativa	Mesocurt
3,4	Armtogro	pobre	qsimet	mesocurt
3,5	Granulo	moderada	positiva	Leptocurt
3,6	Armtogro	moderada	positiva	Mesocurt
3 Med.	Armtogro	pobre	qsimet	Mesocurt
4,1	Argro	pobre	fortneg	Mesocurt
4,2	Armed	pobre	fortneg	Mesocurt
4,3	Armed	pobre	negativa	Mesocurt
4,4	Argro	pobre	qsimet	Platicurt
4,5	Armed	pobre	fortneg	platicurt
4,6	Argro	pobre	qsimet	Mesocurt
4 Med.	Argro	pobre	negativa	Platicurt
5,1	Armtogro	pobre	qsimet	Mesocurt
5,2	Armtogro	pobre	positiva	Platicurt
5,3	Armtogro	pobre	qsimet	Platicurt
5,4	Armtogro	pobre	negativa	MtoLepto
5,5	Armtogro	pobre	qsimet	Platicurt

Continuação da Tabela 4

amostras	Mznom	Tinom	Skinom	KGnom
5,6	Armtogro	pobre	fortposi	ExtLepto
5 Med.	Armtogro	pobre	negativa	MtoLepto
6,1	Granulo	moderada	positiva	Mtolepto
6,2	Granulo	moderada	positiva	Leptocurt
6,3	Granulo	moderada	qsimet	Mtolepto
6,4	Granulo	moderada	qsimet	Leptocurt
6,5	Granulo	moderada	qsimet	Mtolepto
6,6	Granulo	pobre	positiva	Mtolepto
6 Med.	Granulo	moderada	qsimet	Mtolepto
7,1	Armed	pobre	fortneg	Mtolepto
7,2	Armed	pobre	fortneg	Mesocurt
7,3	Armed	pobre	fortneg	Mesocurt
7,4	Armed	pobre	negativa	Mesocurt
7,5	Armed	pobre	fortneg	mesocurt
7,6	Armed	pobre	fortneg	Leptocurt
7 Med.	Armed	pobre	fortneg	Leptocurt
8,1	Granulo	pobre	qsimet	Platicurt
8,2	Granulo	pobre	negativa	Mesocurt
8,3	Granulo	pobre	positiva	Platicurt
8,4	Armtogro	pobre	negativa	Platicurt
8,5	Granulo	pobre	negativa	Platicurt
8,6	Granulo	pobre	qsimet	Leptocurt
8 Med.	Granulo	pobre	qsimet	Platicurt
9,1	Argro	Moderada	negativa	Mesocurt
9,2	Argro	Moderada	fortneg	Mtolepto
9,3	Argro	Moderada	qsimet	Mtolepto
9,4	Argro	Moderada	fortneg	Leptocurt
9,5	Argro	Moderada	qsimet	Mtolepto
9,6	Argro	Moderada	fortneg	Mtolepto
9 Med.	Argro	Moderada	negativa	Leptocurt
10,1	Armed	Moderada	fortneg	Extlepto
10,2	Armtogro	Moderada	qsimet	Mesocurt
10,3	Armtogro	Moderada	qsimet	Platicurt
10,4	Armtogro	Moderada	fortposi	Mesocurt
10,5	Armtogro	Moderada	fortposi	Platicurt
10,6	Armtogro	Moderada	fortposi	Mtolepto
10 Med.	Armtogro	Moderada	positiva	Platicurt

## pH dos sedimentos

A atividade do íon hidrogênio (pH) nos sedimentos das bacias mapeadas é apresentado a seguir.

Na Bacia do Arroio do Conde o pH médio foi 5,62, o desvio padrão 1,16, a variância 1,35, o valor máximo 7,0 e o valor mínimo 2,3.

Na Bacia do Arroio dos Ratos o pH médio foi 6,47, o desvio padrão foi 0,21, a variância 0,40 o valor máximo 6,8 e o valor mínimo foi 6,2.

Na Bacia do Arroio da Porteira o pH médio dos sedimentos foi 6,59, o desvio padrão foi 0,32 a a variância 0,10. O valor máximo foi 7,0 e o valor mínimo foi 6,10.

Na Bacia do Arroio do Conde, estação 4, foram registradas as mais baixas taxas de pH, sendo que a média foi de 5,61 a média geométrica foi 5,45, o valor máximo foi de 7 e o valor mínimo foi de 2,26. O coeficiente de variação foi 20,70 enquanto que a variância foi de 1,35.

Na Bacia do Arroio dos Ratos o pH médio foi de 6,47, a média geométrica foi 6,47, o valor máximo igual a 6,8 e o valor mínimo 6,15, o coeficiente de variação foi 3,19.

Na Bacia do Arroio da Porteira o pH médio foi de 6,59. A média geométrica é igual a 6,58, o valor máximo iguala 7, e o valor mínimo foi 6,06. O coeficiente de variação iguala 4,79 e a variância 0.099.

## Matéria orgânica, área superficial e volume dos grãos

Os teores de matéria orgânica nos sedimentos estudados são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5**

Teores de matéria orgânica nos sedimentos das Sub-bacias do Arroio dos Ratos, Arroio da Porteira e Arroio do Conde, expressa em percentual. A notação da estação é composta por dois algarismo, o primeiro representa a estação e o segundo o número da campanha amostral.

Est.1	MatOrg%	Est.3	MatOrg%	Est.5	MatOrg%	Est.7	MatOrg%	Est.9	MatOrg%
1,1	0,38	3,1	0,24	5,1	4,55	7,1	2,06	9,1	1,47
1,2	0,47	3,2	2,48	5,2	5,33	7,2	3,73	9,2	0,62
1,3	0,29	3,3	0,25	5,3	5,34	7,3	3,01	9,3	0,46
1,4	0,32	3,4	0,39	5,4	5,18	7,4	3,2	9,4	0,5
1,5	0,43	3,5	1,25	5,5	4,79	7,5	3,16	9,5	0,55
1,6	0,28	3,6	2,15	5,6	5,26	7,6	3,38	9,6	0,51
Med1	0,36	Med3	1,12	Med5	5,07	Med7	3,09	Med9	0,685
2,1	8,35	4,1	11,83	6,1	4,73	8,1	0,56	10,1	0,27
Est.2	MatOrg%	Est.4	MatOrg%	Est.6	MatOrg%	Est.8	MatOrg%	Est.10	MatOrg%
2,2	5,56	4,2	3,55	6,2	6,19	8,2	13,26	10,2	0,27
2,3	4,74	4,3	2,93	6,3	3,51	8,3	8,72	10,3	0,45
2,4	5,6	4,4	3,1	6,4	3,97	8,4	7,39	10,4	0,29
2,5	5,76	4,5	3,18	6,5	4,15	8,5	8,7	10,5	0,35
2,6	4,95	4,6	3,06	6,6	5,08	8,6	11,25	10,6	0,33
Med2	5,82	Med4	4,60	Med6	4,605	Med8	8,31	Med10	0,32

Os teores de matéria orgânica apresentaram a seguinte distribuição nos sedimentos:

Na Bacia do Arroio do Conde a taxa média foi de 3,6% apresentou um desvio padrão de 2,60% um valor máximo de 11,8% e um valor mínimo de 0,2%, conferindo a distribuição uma variância de 6,74.

Na Bacia do Arroio dos Ratos a taxa média foi de 5,70% apresentou um desvio padrão de 4,02%, um valor mínimo de 0,6% e um valor máximo de 13,3%. A variância foi de 16,16.

Na Bacia do Arroio da Porteira a taxa média foi de 0,51%, o desvio padrão foi de 0,33, o valor mínimo foi de 0,30 e o valor máximo de 1,50% a variância foi de 0,11.

A habilidade da matéria orgânica em concentrar metais traços em solos como também em sedimentos suspensos ou de fundo vem sendo reconhecida por vários autores, Golberg(1954); Krauskopf (1956); Kononova (1966), Swanson *et alii* (1966); Saxby(1969); Schnitzer e Kahn(1972); Gibbs (1973):Bunzl *et alii* (1976); Jenne (1976); Singer(1977); Stoffers *et alii* (1977); Nriagu e Coker( 1980); Ghosh e Schnitzer(1981), Forstner (1982a,b).

A matéria orgânica aquática denominada de substância Húmica foi subdividida por Jonasson (1977) dentro de cinco categorias: Humins, ácido húmico, ácidos fúlvicos e ácidos amarelos orgânicos. Gibbs *et alii* (1973) e muitos outros tem indicado a importância das moléculas orgânicas no controle da concentração dos metais traços nos sedimentos de fundo e em suspensão e na interação entre os sedimentos e a água.

Saxby(1969) tem mostrado que a atração relativa entre metais com coloides, suspensos, e sedimentos de fundo associados a matéria orgânica pode alcançar a partir de uma fraca e rápida substituição (adsorção) uma ligação química forte.

A habilidade da matéria orgânica em concentrar metais varia com os constituintes e o tipo de matéria orgânica (Swanson *et alii* (1966); Saxby(1969); Rashid (1974): Bunzl *et alii* (1976); Jonasson (1977). A matéria orgânica pode concentrar entre 1% a 10% do peso seco de Co,Cu, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Ag, V, e Zn (Swanson *et alii* (1966)). A habilidade de concentrar vários metais traços parece ser relacionada aos números de fatores incluindo grande áreas superficiais, alta capacidade de troca de cations , alta carga negativa superficial, e ao trapeamento físico. Isto é também relacionado a estabilidade do constituinte complexo organico-metal. Nos solos a seqüência em ordem descendente é Pb,Cu, Ni, Co, Zn, Cd, Fe,Mn, Mg isto é a chamada Serie de Irving -Williams (Irving e Williams(1948)). Resultados similares também foram estabelecidos para matéria orgânica aquática (Swanson *et alii* 1966): Saxby 1969; Rashid, 1974; Bunzl *et alii* 1976; Jonasson 1977). A concentração da matéria orgânica aquática , indicada por seus constituintes como o carbono orgânico total e o nitrogênio orgânico total, tende a mostrar uma forte correlação positiva com o decréscimo do tamanho de grão e o aumento da área superficial (Kuenen(1965); Forstner e Wittmann, 1979).

**Tabela 6**

Área superficial dos grãos ( $\text{mm}^2$ ), media por estação relacionada aos teores de matéria orgânica, média por estação. A área superficial dos grão é expressa de duas maneiras, usando a mediana (Md2) e usando o tamanho médio (Mz2), ambas consideram os grãos como esferas. O volume dos grão é expresso também de duas maneiras, usando a mediana (Inv.Md) e usando o tamanho médio (inv.Mz) e da mesma forma considera os grão esferas.

Estações	Md2mm	Mz2mm	Inv.Md mm	Inv.Mz mm	Mat.Org. %
1	2,07	1,91	0,87	0,89	0,36
2	4,48	2,66	0,78	0,70	5,82
3	2,58	2,00	0,90	0,91	1,12
4	0,17	0,26	3,44	2,03	4,60
5	2,21	0,45	1,02	32,62	5,07
6	6,31	4,74	0,40	0,48	4,60
7	6,13	0,13	2,09	2,68	3,09
8	4,82	1,24	0,47	0,94	8,31
9	0,43	0,46	1,56	1,48	0,68
10	1,93	1,55	0,77	0,84	0,32

### Interpretação dos descritores numéricos

Infelizmente muitas estruturas sedimentares que tem papel importante na identificação de fácies texturais são observáveis somente junto as margens ou em testemunhos de sondagens contínuos de corpos hídricos.

O fator logística-operacionalidade bem como o fator custo impõe o uso de avaliação de frequência de distribuição do tamanho de grãos, um dos atributos texturais, como ferramenta importante na determinação e classificação das fácies.

A interpretação aqui considerada esta vinculada a interpretação dada por Folk & Ward (1957), onde os autores estudaram sedimentos bimodais de uma barra fluvial. Demonstraram os autores a existência de uma função dos diversos parâmetros estatísticos definindo uma helicoidal. Além disso concluíram que :

-pequenas variações de curtose e assimetria indicam bimodalidade ;

-valores extremos de curtose podem ser interpretados como a preservação de características de fases anteriores destes sedimentos, caracteres reliquias que foram preservados dentro deste ultimo ambiente de sedimentação, demonstrando maior eficiência do agente geológico no ambiente pretérito.

Shepard & Young (1961) não consideraram a assimetria como um parâmetro interpretativo do meio.

Folk(1962) e mais tarde Duana (1964) discordaram das conclusões dos autores anteriores, atribuindo aquela resposta ao uso do tubo de sedimentação . As distribuições granulométricas obtidas por tubo de sedimentação são diferentes daquelas obtidas por peneiração e portanto suas comparações não são possíveis.

Duana (1964) admitiu que a assimetria é sensível ao ambiente de deposição , e o sinal negativo indica a remoção seletiva contínua (praias, zonas litorâneas e canais de maré). O sinal positivo indicaria zonas protegidas, de deposição.

Hails(1967) estudando sedimentos costeiros da Austrália buscando um parâmetro que permitisse separar diversos ambiente costeiros nos termos da sedimentação. Demonstrou que o diâmetro médio e a morfologia dos grãos não serviam para ao seu objetivo, mas a assimetria foi eficiente e possibilitou a separação de sedimentos Holocênicos de sedimentos Pleistocênicos. Este estudo apresentou ainda a indicação de que o sinal da assimetria poder ser mais adequadamente referenciado a processos e não a idades.

Friedman (1967) estabelece que as distribuições granulométricas tem significado genético, obtendo uma distinção de ambientes de sedimentação. Apontou combinações gráficas entre os parâmetros calculados.

Cronan (1972) estudando sedimentos marinhos, polimodais estabeleceu que a interpretação dada por Duana (1964) de que a assimetria negativa indica erosão ou não deposição e a positiva indicaria deposição não se aplica a sedimentos fortemente polimodais.

Hails & Hoyt estabeleceram que o significado da assimetria como parâmetro sensível ao meio é demonstrado não somente pela distinção entre ambientes de alta energia e de baixa energia, mas também pela concordância do sinal da assimetria entre os métodos dos momentos e o métodos gráfico de análise sedimentológica.

Segundo Glaister e Nelson(1974) parâmetros estatísticos convencionais e técnicas da estatística multivariada não fornecem a identificação satisfatória dos ambientes deposicionais, no entanto um número muito grande de pesquisadores sustentam o contrário.

Glaister e Nelson(1974) afirmam que a média, desvio padrão, assimetria e curtose não refletem adequadamente variações sutis, na distribuição do tamanho de grãos. Apesar dos resultados não serem muito sensíveis discrimina um conjunto de fácies deposicionais.

A análise fatorial tende agrupar amostras de acordo com a sua classe modal e ignora variações menores mas muito significativas nas caudas das distribuições.

A análise gráfica e colocada por Nelson e Glaister(op.cit)como sendo a mais confiável. A análise de gráficos de probabilidade mostram detalhes do conjunto da distribuição de tamanhos. Esses gráficos geralmente exibem dois ou mais segmentos de retas log-normais os quais sugerem e refletem o mecanismo principal de transporte sedimentar: Tração, saltação e suspensão.

Portanto o uso interpretativo de parâmetros granulométricos é uma controvérsia, se houver relação definida entre os parâmetros ( não sendo independentes) qual será o alcance da interpretação.

Desta forma iniciou-se a interpretação através da comparação dos parâmetros.

## **Método de discriminação ambiental de Sahu**

As possibilidades de estabelecer as características granulométricas de uma amostra e conhecer seu meio de deposição, aumentam a medida que é maior o número de amostras disponíveis.

Em análise desta natureza emprega-se o tamanho médio ( $Mz$ ), a variância ( $Ti^2$ ) em lugar do desvio padrão ( $Ti$ ) a Assimetria ( $SKi$ ) e a curtose( $KG$ ).

Através da estatística tenta-se discriminar o ambiente de deposição. O autor desta teoria estatística foi Sahu(1964), que estabeleceu funções discriminantes, determinando limites, então pode-se identificar o meio provável de deposição da amostra analisada.

Equações:

$$1) Y_e - Y_p = -3.5688.M_z + 3.7016.Ti_2 - 2.0766 + 135KG$$

onde,  $Y_e - Y_p < -2.7411$ ...o meio é praia

$Y_e - Y_p > -2.7411$ ...o meio é eólico

$$2) Y_p - Y_m = 15.6534.M_z + 65.709Ti_2 + 18.1071 SKi + 18.5043 KG$$

onde,  $Y_p - Y_m < 65.3650$ ...o meio é praia

$Y_p - Y_m > 65.3650$ ...o meio é marinho

$$3) Y_m - Y_f = 0.2825.M_z - 8.7604.Ti_2 - 4.8932. SKi + 0.0482.KG$$

onde,  $Y_m - Y_f < -7.4190$ ...o meio é fluvial deltáico

$Y_m - Y_f > -7.4190$ ...o meio é marinho

$$4) Y_f - Y_t = 0.7215.M_z - 0.4030.Ti_2 - 6.7322.SK_i + 5.2927 KG$$

onde,  $Y_f - Y_t < 9.8433$ ...o meio é turbidez

$Y_f - Y_t > 9.8433$ ...o meio é fluvial deltáico

A forma de utilização deste procedimento para identificação dos possíveis meios de deposição das amostras envolvidas é:

Aplica-se a equação 1 substituindo-se os dados estatísticos, para uma determinada amostra, se o cálculo indicar depósito eólico interrompe-se o cálculo. Mas se a indicação for de depósito de praia passa-se a discriminar a equação 2. Desta maneira vão discriminando-se as equações seguintes até que duas delas indiquem o mesmo meio de deposição.

A resposta da discriminação é mostrado na tabela 7.

**Tabela 7**  
CLASSIFICAÇÃO DO MEIO DE DEPOSIÇÃO  
A PARTIR DAS EQUAÇÕES DISCRIMINANTES DE SAHU (OP.CIT).

amostras	Classific.	Amostras	Classific
1,1	turbidez	6,1	Turbidez
1,2	praia	6,2	Praia
1,3	praia	6,3	Praia
1,4	praia	6,4	Praia
1,5	turbidez	6,5	Fluv Delt
1,6	praia	6,6	Turbidez
1	turbidez	6	Fluv Delt
2,1	Turbidez	7,1	Fluv DELt
2,2	Turbidez	7,2	Fluv Delt
2,3	Turbidez	7,3	Turbidez
2,4	Turbidez	7,4	Turbidez
2,5	Turbidez	7,5	Fluv Delt
2,6	Turbidez	7,6	Fluv Delt
2	Turbidez	7	Turbidez
3,1	Turbidez	8,1	Turbidez
3,2	Turbidez	8,2	Turbidez
3,3	Turbidez	8,3	Turbidez
3,4	Turbidez	8,4	Turbidez
3,5	Praia	8,5	Turbidez
3,6	Turbidez	8,6	Turbidez
3	Turbidez	8	Turbidez

(continuação da tabela 7)

amostras	Classific.	Amostras	Classific
4,1	Turbidez	9,1	Praia
4,2	Turbidez	9,2	Marinho
4,3	Turbidez	9,3	praia
4,4	Turbidez	9,4	Praia
4,5	Turbidez	9,5	Marinho
4,6	Turbidez	9,6	Marinho
4	Turbidez	9	Praia
5,1	Turbidez	10,1	Eólico
5,2	Turbidez	10,2	Praia
5,3	Turbidez	10,3	Praia
5,4	Fluv.Delt	10,4	Turbidez
5,5	Turbidez	10,5	Turbidez
5,6	Fluv. Delt.	10,6	Fluv Delt
5	Turbidez	10	Praia

Na Bacia do Arroio do Conde as condições de Turbidez são preponderantes nas estações de 1 a 5. No entanto os sedimentos da estação 6 atestam o ambiente fluvial, fluvial deltaico. Isto é interpretado como a diminuição das influências provocadas pelas movimentações de terra da atividade mineira com a conseqüente turbidez provocada associada ao relevo mais suave.

Na Bacia do Arroio dos Ratos preponderam as condições de turbidez mas também as condições de fluvial a fluvial-deltaico também são registrados estabelecendo uma situação transicional.

Na Bacia do Arroio da Porteira as condições apontadas pelas equações discriminantes apontam ambientes marinhos e de praia. Evidentemente não é o caso, mas isto foi interpretado como a influência extrema das enchentes e vazões do Arroio que devem ser ali naquele trecho do rio extremamente significativas, gerando correntes bidirecionais transversais ao fluxo normal da calha fluvial, semelhante a movimentos das marés.

### **Método de Passega (cm)**

Passega( 1957,1964), concluiu que os aspectos texturais de um sedimento refletem as características do agente que proporcionou a sua deposição.

O mesmo autor afirma que este reflexo é marcante quando a textura for representada por dois parâmetros granulométrico, o valor do primeiro percentil (C) e o valor do diâmetro médio (M).

O padrão gerado por um diagrama CM construído em papel bilogarítmico para várias amostras onde os valores de C ocupam a ordenada e de M a abscissa é característico do agente deposicional que ali atuou, .

Passega & Byramjee(1969) estabeleceram que este diagrama CM, caracterizava a fração mais grosseira da amostra.

O diagrama de tamanho de grãos CM é empregado principalmente para a interpretação do modo de transporte dos sedimentos no seu ambiente de deposição. Passega (1957 e 1977) e Passega & Byranjee (1969), utilizam o tamanho dos grãos como instrumento para analisar as condições hidráulicas sob as quais os depósitos clásticos foram formados, o diagrama CM completo, pode ser dividido em vários segmentos, cada um dos quais corresponde a um mecanismo sedimentar com características próprias.

Os segmentos compreendidos entre os pontos NOPQRS e T correspondem a um tipo particular de sedimentação. A posição e tamanho destes segmentos é variável e alguns são mais frequentes do que outros nos diversos ambientes estudados.

O segmento NO representa depósitos formados predominantemente por grãos rolados.

O segmento PQ é formado por sedimentos em sua maioria transportados em tração. São sedimentos mais grosseiros do que 1.5 phi de tamanho médio, cuja composição não é diretamente controlada pelas características da carga em suspensão.

O segmento OP representa uma situação intermediária composta pelos dois modos de transporte rolamento e suspensão.

O segmento QR indica depósitos formados por suspensão gradacional material transportado em suspensão e afetados por corrente de fundo. São sedimentos no intervalo de 2.7 phi a 1.5 phi os quais são mais classificados e refletem condições sobre as quais a turbulência é perfeitamente apta a suportar a fração mais grosseira.

O segmento RS é formado por materiais transportados em suspensão uniforme afetada por correntes de fundo, descreve a resposta do material mais fino do que cerca de 2.7 phi a 3.0 phi e condições sobre as quais a turbulência de fundo não pode suportar frações mais grosseiras em suspensão deste material e geralmente menos classificado.

Em consequência:

**PQ** = regime de alta energia

**RS** = regime de baixa energia

**QR** = Corresponde a zona de velocidade crítica de erosão mínima de Hjulstrom (op. cit.)

Análise das condições hidráulicas da sedimentação pelo uso do tamanho de grão tem mostrado um mecanismo preferencial para o transporte de certos tamanhos de grãos.

Subdivide-se portanto com o auxílio do diagrama de Passega os sedimentos clásticos do fundo fluvial de acordo com o tipo de transporte e deposição.

Os grupos de classificação segundo o diagrama de Passega colocam os locais amostrados nos grupos IV,V e VI, sendo que nos grupos IV e V no segmento QR e o grupo VI no segmento RS. Este estudo classifica os sedimentos das Bacias Fluviais como sedimentos em suspensão que podem conter grãos rolados menor do que 1mm. Estes grãos rolados podem ter sido transportados de longas distâncias em suspensão antes de serem rolados e conseqüentemente incluídos na classificação com sedimentos em suspensão, ao que tudo indica materializa aqui a atuação cólica na sedimentação e transporte destes sedimentos, Tabela 8.

**Tabela 8**

Parâmetros calculados para a utilização do Método CM de ambiente de sedimentação. C é o primeiro percentil em microns, M é a mediana em microns. Estabelece-se a forma de transporte do sedimento imediatamente antes da sua deposição.

Amostra	C (microns)	M (microns)	Classificação	Amostra	C (microns)	M (microns)	Classificação
1,1	459,48	168,18	Suspensão e Rol	6,1	1212,6	246,23	Suspensão e Rol.
1,2	428,71	156,92	Suspensão e Rol	6,2	1055,61	282,84	Suspensão e Rol.
1,3	549,8	131,95	Suspensão e Rol	6,3	1131,4	229,74	Suspensão e Rol.
1,4	443,83	50	Suspensão e Rol	6,4	1212,6	263,9	Suspensão e Rol.
1,5	565,69	151,57	Suspensão e Rol	6,5	1212,6	214,35	Suspensão e Rol.
1,6	546,42	168,18	Suspensão e Rol	6,6	1131,4	263,9	Suspensão e Rol.
1	498,98	137,8	Suspensão e Rol	6	1159,36	250,16	Suspensão e Rol.
2,1	984,92	200	Suspensão e Rol	7,1	1019,65	324,9	Suspensão e Rol.
2,2	614,75	237,84	Suspensão e Rol	7,2	772,75	360,5	Suspensão e Rol.
2,3	606,29	237,84	Suspensão e Rol	7,3	772,75	32,99	Suspensão e Rol.
2,4	1392,9	39,23	Suspensão e Rol	7,4	951,37	17,68	Suspensão e Rol.
2,5	1299,6	246,23	Suspensão e Rol.	7,5	951,37	32,99	Suspensão e Rol.
2,6	1212,6	229,74	Suspensão e Rol.	7,6	984,92	360,5	Suspensão e Rol.
2	964,65	198,48	Suspensão e Rol.	7	908,80	188,26	Suspensão e Rol.
3,1	800	151,57	Suspensão e Rol.	8,1	1600	200	Rol. e Suspensão
3,2	1092,83	131,95	Suspensão e Rol.	8,2	1837,9	214,35	Rol. e Suspensão
3,3	1299,6	141,42	Suspensão e Rol.	8,3	1837,9	282,84	Rol. e Suspensão
3,4	1131,4	42,04	Suspensão e Rol.	8,4	1392,9	168,18	Rol. e Suspensão
3,5	918,96	229,74	Suspensão e Rol.	8,5	1492,9	186,61	Rol. e Suspensão
3,6	918,96	200	Suspensão e Rol.	8,6	1714,8	246,23	Rol. e Suspensão
3	1026,95	149,45	Suspensão e Rol.	8	1646,06	216,36	Rol. e Suspensão
4,1	1092,83	35,36	Suspensão e Rol.	9,1	800	65,98	Suspensão e Rol.
4,2	1131,4	29,73	Suspensão e Rol.	9,2	918,96	61,56	Suspensão e Rol.
4,3	1092,83	40,61	Suspensão e Rol.	9,3	857,42	70,71	Suspensão e Rol.
4,4	984,92	12,5	Suspensão e Rol.	9,4	741,1	57,43	Suspensão e Rol.
4,5	1055,61	37,89	Suspensão e Rol.	9,5	857,42	81,23	Suspensão e Rol.
4,6	887,66	73,21	Suspensão e Rol.	9,6	984,92	53,59	Suspensão e Rol.
4	1040,87	38,21	Suspensão e Rol.	9	859,97	65,08	Suspensão e Rol.
5,1	1392,9	151,57	Suspensão e Rol.	10,1	465,89	87,05	Suspensão e Rol.
5,2	1212,6	200	Suspensão e Rol.	10,2	527,8	123,11	Suspensão e Rol.
5,3	1212,6	162,45	Suspensão e Rol.	10,3	592,46	136,6	Suspensão e Rol.
5,4	1492,9	35,36	Suspensão e Rol.	10,4	400	141,42	Suspensão Gradacional
5,5	1545,5	180,25	Suspensão e Rol.	10,5	373,21	141,42	Suspensão Gradacional
5,6	1392,9	100	Suspensão e Rol.	10,6	658,87	186,61	Suspensão e Rol.
5	1374,9	138,27	Suspensão e Rol.	10	503,03	136,035	Suspensão e Rol.

Obs: Rol é abreviatura de rolamento

Este método apresentou o modo de transporte dos sedimentos estudados e seus ambientes deposicionais.

## Geoquímica dos sedimentos

Os sedimentos foram analisados examinando os teores dos elementos químicos na forma total e na forma extraível:

**Tabela 9**  
DISTRIBUIÇÃO LOGARÍTMICA DOS ELEMENTOS  
NA CROSTA TERRESTRE (CROST.), NA ÁGUA DO MAR E NO HOMEN  
EM PARTES POR MILHÃO, MODIFICADO DE TOMA (1985)

Elemento	Observação	Crosta	H <sub>2</sub> O	Homem
Na	Principál cation extracelular	4,45	4,02	3,41
K	Principál cation intracelular	4,41	2,58	3,34
Mg	Importante na clorofila e em funções enzimáticas	4,32	3,13	2,60
Ca	Constituinte dos ossos e conchas e importante nas funções enzimáticas	4,55	2,60	4,14
Al	Não essencial	4,91	-2,00	-----
As	Não essencial, tóxico	0,25	-2,50	-1,30
Se	Essencial em traços, muito tóxico em quantidades maiores.	-1,30	-3,40	-----
Cr	Essencial envolvido muito provavelmente	2,97	-2,70	0,01
Mn	Função enzimática	4,69	-2,70	1,70
Ni		1,87	-2,70	-1,40
Zn	Função estrutural enzimática	1,84	-2,00	1,40
Cd	Não essencial, tóxico poluente	-0,70	3,95	-----
Cu	Transporte de O <sub>2</sub> , função enzimática	1,74	-2,5	0,6
Hg	Não essencial poluente tóxico	-1,10	-4,50	-----

## BACIA DO ARROIO DOS RATOS

### ALUMÍNIO

O alumínio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 89,45mg/Kg uma média geométrica de 88,03 mg/Kg, um desvio padrão de 22,46 mg/Kg, um valor máximo de 105,33 mg/Kg e um valor mínimo de 73,57 mg/Kg.

O alumínio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 257,33 mg/Kg, uma média geométrica de 257,22 mg/Kg, um desvio padrão de 10,60 mg/Kg, um valor máximo de 264,83 mg/Kg e um valor mínimo de 249,83 mg/Kg.

### ARSÊNIO

O arsênio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,0045 mg/Kg, uma média geométrica de 0,0042 mg/Kg, um desvio padrão de 0,002 mg/Kg, um valor máximo de 0,006 mg/Kg e um valor mínimo de 0,003 mg/Kg.

O arsênio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,36 mg/Kg, uma média geométrica de 0,357 mg/Kg, um desvio padrão de 0,056 mg/Kg, um valor máximo de 0,4 mg/Kg e um valor mínimo de 0,32 mg/Kg.

## **CALCIO**

O cálcio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 66,935 mg/Kg, uma média geométrica de 56,95 mg/Kg, um desvio padrão de 49,73 mg/Kg, um valor máximo de 102,1 mg/Kg e um valor mínimo de 31,77 mg/Kg.

O cálcio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 124,51 mg/Kg, uma média geométrica de 117,85 mg/Kg, um desvio padrão de 56,79 mg/Kg, um valor máximo de 164,67 mg/Kg e um valor mínimo de 84,35 mg/Kg.

## **CHUMBO**

O chumbo em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 1,04 mg/Kg, uma média geométrica de 1,04 mg/Kg, um desvio padrão de 0,03 mg/Kg, um valor máximo de 1,07 mg/Kg e um valor mínimo de 1,02 mg/Kg.

O chumbo em sedimentos *totais* apresentou uma média de 6,895 mg/Kg, uma média geométrica de 6,8 mg/Kg, um desvio padrão de 1,59 mg/Kg, um valor máximo de 8,02 mg/Kg e um valor mínimo de 5,77 mg/Kg.

## **CROMO**

O cromo em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,085 mg/Kg, uma média geométrica de 0,084 mg/Kg, um desvio padrão de 0,021 mg/Kg, um valor máximo de 0,1 mg/Kg e um valor mínimo de 0,07 mg/Kg.

O cromo em sedimentos *totais* apresentou uma média de 10,02mg/Kg, uma média geométrica de 8,01 mg/Kg, um desvio padrão de 8,52 mg/Kg, um valor máximo de 16,05 mg/Kg e um valor mínimo de 4,0 mg/Kg.

## **FERRO**

O ferro em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 162,55 mg/Kg, uma média geométrica de 156,41 mg/Kg, um desvio padrão de 62,61 mg/Kg, um valor máximo de 206,83 mg/Kg e um valor mínimo de 118,28 mg/Kg.

O ferro em sedimentos *totais* apresentou uma média de 5516 mg/Kg, uma média geométrica de 4974,93 mg/Kg, um desvio padrão de 3369,36 mg/Kg, um valor máximo de 7898,5 mg/Kg e um valor mínimo de 3133,5 mg/Kg.

## **MAGNÉSIO**

O magnésio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 8,41 mg/Kg, uma média geométrica de 8,41 mg/Kg, um desvio padrão de 0.014 mg/Kg, um valor máximo de 8,42mg/Kg e um valor mínimo de 8,40 mg/Kg.

O magnésio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 12,28 mg/Kg, uma média geométrica de 12,19 mg/Kg, um desvio padrão de 2,17 mg/Kg, um valor máximo de 13,82 mg/Kg e um valor mínimo de 10,75 mg/Kg.

## **MANGANÊS**

O manganês em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 25,97 mg/Kg, uma média geométrica de 25,22 mg/Kg, um desvio padrão de 8,77 mg/Kg, um valor máximo de 32,18 mg/Kg e um valor mínimo de 19,77 mg/Kg.

O manganês em sedimentos *totais* apresentou uma média de 101,61 mg/Kg,

uma média geométrica de 101,14 mg/Kg, um desvio padrão de 56,79 mg/Kg, um valor máximo de 111,45 mg/Kg e um valor mínimo de 91,78 mg/Kg.

### MERCÚRIO

O mercúrio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,075 mg/Kg, uma média geométrica de 0,0748 mg/Kg, um desvio padrão de 0,007 mg/Kg, um valor máximo de 0,08 mg/Kg e um valor mínimo de 0,07 mg/Kg.

O mercúrio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,545 mg/Kg, uma média geométrica de 0,541 mg/Kg, um desvio padrão de 0,091 mg/Kg, um valor máximo de 0,61 mg/Kg e um valor mínimo de 0,48 mg/Kg.

### NÍQUEL

O níquel em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 2,80 mg/Kg, uma média geométrica de 1,91 mg/Kg, um desvio padrão de 2,89 mg/Kg, um valor máximo de 4,85 mg/Kg e um valor mínimo de 0,76 mg/Kg.

O níquel em sedimentos *totais* apresentou uma média de 25,5 mg/Kg, uma média geométrica de 18,18 mg/Kg, um desvio padrão de 25,28 mg/Kg, um valor máximo de 43,38 mg/Kg e um valor mínimo de 7,62 mg/Kg.

### POTÁSSIO

O potássio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 20,91 mg/Kg, uma média geométrica de 17,90 mg/Kg, um desvio padrão de 15,29 mg/Kg, um valor máximo de 31,73 mg/Kg e um valor mínimo de mg/Kg.

O potássio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 7238 mg/Kg, uma média geométrica de 3373,37 mg/Kg, um desvio padrão de 9056,38 mg/Kg, um valor máximo de 13641,83 mg/Kg e um valor mínimo de 834,17 mg/Kg.

### SELENIO

O selenio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,001 mg/Kg, uma média geométrica de 0,001 mg/Kg, um desvio padrão de 0,0 mg/Kg, um valor máximo de 0,001 mg/Kg e um valor mínimo de 0,001 mg/Kg.

O selenio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,009 mg/Kg, uma média geométrica de 0,009 mg/Kg, um desvio padrão de 0,0 mg/Kg, um valor máximo de 0,009 mg/Kg e um valor mínimo de 0,009 mg/Kg.

### SÓDIO

O sódio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 32,38 mg/Kg, uma média geométrica de 28,37 mg/Kg, um desvio padrão de 22,06 mg/Kg, um valor máximo de 47,98 mg/Kg e um valor mínimo de 16,78 mg/Kg.

O sódio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 2284,25 mg/Kg, uma média geométrica de 2007,64 mg/Kg, um desvio padrão de 1540,90 mg/Kg, um valor máximo de 3373,83 mg/Kg e um valor mínimo de 1194,67 mg/Kg.

### ZINCO

O zinco em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 5,70 mg/Kg, uma

média geométrica de 3,99 mg/Kg, um desvio padrão de 5,76 mg/Kg, um valor máximo de 9,78 mg/Kg e um valor mínimo de 1,63 mg/Kg

O zinco em sedimentos *totais* apresentou uma média de 13,49 mg/Kg, uma média geométrica de 12,76 mg/Kg, um desvio padrão de 6,18 mg/Kg, um valor máximo de 17,87 mg/Kg e um valor mínimo de 9,12 mg/Kg

## **BACIA DO ARROIO DO CONDE**

### **ALUMÍNIO**

O alumínio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 124,68mg/Kg uma média geométrica de 105,16 mg/Kg, um desvio padrão de 67,36 mg/Kg, um valor máximo de 196,67mg/Kg e um valor mínimo de 41,4mg/Kg

O alumínio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 758,28mg/Kg, uma média geométrica de 691,73mg/Kg, um desvio padrão de 2,62mg/Kg, um valor máximo de 1529,83mg/Kg e um valor mínimo de 394,17mg/Kg

### **ARSÊNIO**

O arsênio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,0035 mg/Kg, uma média geométrica de 0.0034mg/Kg, um desvio padrão de 0,0mg/Kg, um valor máximo de 0,004mg/Kg e um valor mínimo de 0,003mg/Kg

O arsênio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,41mg/Kg, uma média geométrica de 0,40mg/Kg, um desvio padrão de 0,068mg/Kg, um valor máximo de 0,51mg/Kg e um valor mínimo de 0,33mg/Kg

### **CÁLCIO**

O cálcio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 43,67mg/Kg, uma média geométrica de 38,04mg/Kg, um desvio padrão de 27,99mg/Kg, um valor máximo de 97,42mg/Kg e um valor mínimo de 20,93mg/Kg

O cálcio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 74,14mg/Kg, uma média geométrica de 69,92mg/Kg, um desvio padrão de 27,34mg/Kg, um valor máximo de 115,33mg/Kg e um valor mínimo de 41,52mg/Kg

### **CHUMBO**

O chumbo em sedimentos *totais* apresentou uma média de 4,18 mg/Kg, uma média geométrica de 3,89 mg/Kg, um desvio padrão de 1,62 mg/Kg, um valor máximo de 6,12mg/Kg e um valor mínimo de 1,88 mg/Kg

O chumbo em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,92 mg/Kg, uma média geométrica de 0.86 mg/Kg, um desvio padrão de 0,38 mg/Kg, um valor máximo de 1,45mg/Kg e um valor mínimo de 0,55 mg/Kg

### **CROMO**

O cromo em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,096mg/Kg, uma média geométrica de 0,087 mg/Kg, um desvio padrão de 0.05mg/Kg, um valor máximo de 0,19mg/Kg e um valor mínimo de 0,05mg/Kg

O cromo em sedimentos *totais* apresentou uma média de 2,54mg/Kg, uma média geométrica de 2,24mg/Kg, um desvio padrão de 1,18mg/Kg, um valor máximo de 3,85mg/Kg e um valor mínimo de 0,84mg/Kg.

### **FERRO**

O ferro em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 209,07mg/Kg, uma média geométrica de 163,20mg/Kg, um desvio padrão de 141,27 mg/Kg, um valor máximo de 419,33 mg/Kg e um valor mínimo de 43,5 mg/Kg.

O ferro em sedimentos *totais* apresentou uma média de 2917,14 mg/Kg, uma média geométrica de 2255,68 mg/Kg, um desvio padrão de 1746,70 mg/Kg, um valor máximo de 5120,83mg/Kg e um valor mínimo de 477,17mg/Kg.

### **MAGNÉSIO**

O magnésio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 11,54 mg/Kg, uma média geométrica de 11,10 mg/Kg, um desvio padrão de 3,49 mg/Kg, um valor máximo de 15,85 mg/Kg e um valor mínimo de 7,85 mg/Kg.

O magnésio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 14,93 mg/Kg, uma média geométrica de 14,15 mg/Kg, um desvio padrão de 5,24 mg/Kg, um valor máximo de 21,07 mg/Kg e um valor mínimo de 9,03 mg/Kg.

### **MANGANÊS**

O manganês em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 16,89mg/Kg, uma média geométrica de 13,64mg/Kg, um desvio padrão de 10,87mg/Kg, um valor máximo de 32,9 mg/Kg e um valor mínimo de 5,23mg/Kg.

O manganês em sedimentos *totais* apresentou uma média de 40,84 mg/Kg, uma média geométrica de 32,33 mg/Kg, um desvio padrão de 26,69 mg/Kg, um valor máximo de 84,73mg/Kg e um valor mínimo de 7,65 mg/Kg.

### **MERCÚRIO**

O mercúrio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,045 mg/Kg, uma média geométrica e 0,037 mg/Kg, um desvio padrão de 0,025 mg/Kg, um valor máximo de 0,08 mg/Kg e um valor mínimo de 0,01 mg/Kg.

O mercúrio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,33 mg/Kg, uma média geométrica de 0,32 mg/Kg, um desvio padrão de 0,068 mg/Kg, um valor máximo de 0,43 mg/Kg e um valor mínimo de 0,26 mg/Kg.

### **NÍQUEL**

O níquel em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 1,50 mg/Kg, uma média geométrica de 0,91 mg/Kg, um desvio padrão de 1,22 mg/Kg, um valor máximo de 2,97 mg/Kg e um valor mínimo de 0,12 mg/Kg.

O níquel em sedimentos *totais* apresentou uma média de 14,98 mg/Kg, uma média geométrica de 9,09 mg/Kg, um desvio padrão de 13,75 mg/Kg, um valor máximo de 35,33 mg/Kg e um valor mínimo de 1,87 mg/Kg.

## POTÁSSIO

O potássio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 28,42 mg/Kg, uma média geométrica de 21,84 mg/Kg, um desvio padrão de 24,99 mg/Kg, um valor máximo de 75,3 mg/Kg e um valor mínimo de 9,87 mg/Kg.

O potássio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 4257,64 mg/Kg, uma média geométrica de 3894,21 mg/Kg, um desvio padrão de 2229,64 mg/Kg, um valor máximo de 8621,33 mg/Kg e um valor mínimo de 2489,67 mg/Kg.

## SELÊNIO

O selênio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,001 mg/Kg, uma média geométrica de 0,001 mg/Kg, um desvio padrão de 0 mg/Kg, um valor máximo de 0,001 mg/Kg e um valor mínimo de 0,001 mg/Kg.

O selênio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,007 mg/Kg, uma média geométrica de 0,0058 mg/Kg, um desvio padrão de 0,003 mg/Kg, um valor máximo de 0,01 mg/Kg e um valor mínimo de 0,0008 mg/Kg.

## SÓDIO

O sódio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 26,99 mg/Kg, uma média geométrica de 25,76 mg/Kg, um desvio padrão de 8,94 mg/Kg, um valor máximo de 41,07 mg/Kg e um valor mínimo de 15,43 mg/Kg.

O sódio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 2085,64 mg/Kg, uma média geométrica de 2024,83 mg/Kg, um desvio padrão de 603,02 mg/Kg, um valor máximo de 3248,83 mg/Kg e um valor mínimo de 1544,5 mg/Kg.

## ZINCO

O zinco em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 2,44 mg/Kg, uma média geométrica de 1,93 mg/Kg, um desvio padrão de 1,85 mg/Kg, um valor máximo de 5,75 mg/Kg e um valor mínimo de 0,81 mg/Kg.

O zinco em sedimentos *totais* apresentou uma média de 12,78 mg/Kg, uma média geométrica de 11,20 mg/Kg, um desvio padrão de 7,31 mg/Kg, um valor máximo de 22,62 mg/Kg e um valor mínimo de 5,7 mg/Kg.

## Bacia Arroio da Porteira

### ALUMÍNIO

O alumínio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 44,36 mg/Kg, uma média geométrica de 43,35 mg/Kg, um desvio padrão de 13,31 mg/Kg, um valor máximo de 53,78 mg/Kg e um valor mínimo de 34,95 mg/Kg.

O alumínio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 549,91 mg/Kg, uma média geométrica de 537,19 mg/Kg, um desvio padrão de 166,29 mg/Kg, um valor máximo de 667,5 mg/Kg e um valor mínimo de 432,33 mg/Kg.

### ARSÊNIO

O arsênio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,0035 mg/Kg,

uma média geométrica de 0,0035mg/Kg, um desvio padrão de 0,0007mg/Kg, um valor máximo de 0,004mg/Kg e um valor mínimo de 0,003mg/Kg.

O arsênio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,52mg/Kg, uma média geométrica de 0,518 mg/Kg, um desvio padrão de 0,056mg/Kg, um valor máximo de 0,56mg/Kg e um valor mínimo de 0,48mg/Kg.

### **CÁLCIO**

O cálcio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 32,02mg/Kg, uma média geométrica de 30,82mg/Kg, um desvio padrão de 12,31mg/Kg, um valor máximo de 40,73 mg/Kg e um valor mínimo de 23,32mg/Kg.

O cálcio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 185,26mg/Kg, uma média geométrica de 147,39mg/Kg, um desvio padrão de 158,73mg/Kg, um valor máximo de 297,5mg/Kg e um valor mínimo de 73,02mg/Kg.

### **CHUMBO**

O chumbo em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de mg/Kg, uma média geométrica de mg/Kg, um desvio padrão de mg/Kg, um valor máximo de mg/Kg e um valor mínimo de mg/Kg.

O chumbo em sedimentos *totais* apresentou uma média de 12,49 mg/Kg, uma média geométrica de 12,49 mg/Kg, um desvio padrão de 0,32 mg/Kg, um valor máximo de 12,72 mg/Kg e um valor mínimo de 12,27 mg/Kg.

### **CROMO**

O cromo em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,04mg/Kg, uma média geométrica de 0,04 mg/Kg, um desvio padrão de 0mg/Kg, um valor máximo de 0,04mg/Kg e um valor mínimo de 0,04mg/Kg.

O cromo em sedimentos *totais* apresentou uma média de 1,985mg/Kg, uma média geométrica de 1,98mg/Kg, um desvio padrão de 0,12mg/Kg, um valor máximo de 2,07mg/Kg e um valor mínimo de 1,9mg/Kg.

### **FERRO**

O ferro em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 176,01 mg/Kg, uma média geométrica de 149,02mg/Kg, um desvio padrão de 132,45 mg/Kg, um valor máximo de 269,67 mg/Kg e um valor mínimo de 82,35 mg/Kg.

O ferro em sedimentos *totais* apresentou uma média de 1519,66 mg/Kg, uma média geométrica de 1518,47 mg/Kg, um desvio padrão de 85,09 mg/Kg, um valor máximo de 1579,83mg/Kg e um valor mínimo de 1459,5mg/Kg.

### **MAGNÉSIO**

O magnésio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 6,2 mg/Kg, uma média geométrica de 6,17 mg/Kg, um desvio padrão de 0,749 mg/Kg, um valor máximo de 6,73mg/Kg e um valor mínimo de 5,67 mg/Kg.

O magnésio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 8,43 mg/Kg, uma média geométrica de 8,27 mg/Kg, um desvio padrão de 2,26 mg/Kg, um valor máximo de 10,03mg/Kg e um valor mínimo de 6,83 mg/Kg.

## MANGANÊS

O manganês em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 71,07mg/Kg, uma média geométrica 58,99 de mg/Kg, um desvio padrão de 56,07mg/Kg, um valor máximo de 110,72 mg/Kg e um valor mínimo de 31,43mg/Kg.

O manganês em sedimentos *totais* apresentou uma média de 135,71 mg/Kg, uma média geométrica de 133,08 mg/Kg, um desvio padrão de 37,64 mg/Kg, um valor máximo de 162,33 mg/Kg e um valor mínimo de 109,1 mg/Kg.

## MERCÚRIO

O mercúrio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,055 mg/Kg, uma média geométrica de 0,0547 mg/Kg, um desvio padrão de 0,007 mg/Kg, um valor máximo de 0,06 mg/Kg e um valor mínimo de 0,05 mg/Kg.

O mercúrio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,315 mg/Kg, uma média geométrica de mg/Kg, um desvio padrão de 0,315 mg/Kg, um valor máximo de 0,32 mg/Kg e um valor mínimo de 0,31 mg/Kg.

## NÍQUEL

O níquel em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,55 mg/Kg, uma média geométrica de 0,55 mg/Kg, um desvio padrão de 0,077 mg/Kg, um valor máximo de 0,61 mg/Kg e um valor mínimo de 0,5 mg/Kg.

O níquel em sedimentos *totais* apresentou uma média de 29,7 mg/Kg, uma média geométrica de 19,23 mg/Kg, um desvio padrão de 32,00 mg/Kg, um valor máximo de 52,33mg/Kg e um valor mínimo de 7,07 mg/Kg.

## POTÁSSIO

O potássio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 10,15 mg/Kg, uma média geométrica de 10,15 mg/Kg, um desvio padrão de 0,11 mg/Kg, um valor máximo de 10,23 mg/Kg e um valor mínimo de 10,07 mg/Kg.

O potássio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 10291,91 mg/Kg, uma média geométrica de 10271,20 mg/Kg, um desvio padrão de 922,89 mg/Kg, um valor máximo de 10944,5mg/Kg e um valor mínimo de 9639,33 mg/Kg.

## SÓDIO

O sódio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 11,175 mg/Kg, uma média geométrica de 10,88 mg/Kg, um desvio padrão de 3,61 mg/Kg, um valor máximo de 13,73 mg/Kg e um valor mínimo de 8,62 mg/Kg.

O sódio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 3879,58 mg/Kg, uma média geométrica de 3631,30 mg/Kg, um desvio padrão de 1931,23 mg/Kg, um valor máximo de 5245,17 mg/Kg e um valor mínimo de 2514,00 mg/Kg.

## SELÊNIO

O selênio em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 0,001 mg/Kg, uma média geométrica de 0,001 mg/Kg, um desvio padrão de mg/Kg, um valor máximo de 0,001mg/Kg e um valor mínimo de 0,001 mg/Kg.

O selênio em sedimentos *totais* apresentou uma média de 0,009 mg/Kg, uma

média geométrica de 0,009 mg/Kg, um desvio padrão de 0 mg/Kg, um valor máximo de 0,009 mg/Kg e um valor mínimo de 0,009 mg/Kg.

## ZINCO

O zinco em sedimentos *extraíveis* apresentou uma média de 1,465 mg/Kg, uma média geométrica de 1,35 mg/Kg, um desvio padrão de 0,799 mg/Kg, um valor máximo de 2,03 mg/Kg e um valor mínimo de 0,9 mg/Kg.

O zinco em sedimentos *totais* apresentou uma média de 10,76 mg/Kg, uma média geométrica de 10,68 mg/Kg, um desvio padrão de 1,86 mg/Kg, um valor máximo de 12,08 mg/Kg e um valor mínimo de 9,45 mg/Kg.

Os indicadores ambientais de qualidade usados para água não servem para a qualidade ambiental dos sedimentos pois no compartimento dos sedimentos ainda não foram estabelecidos indicadores de qualidade que sejam modelos a serem aplicados a qualquer situação flúvio-sedimentar.

O que se sabe é que as estruturas bioquímicas e coloidais existentes no compartimento água são diferentes dos que existem nos sedimentos fluviais, e isto implica numa diferenciação relativa dos elementos químicos existentes em um e outro compartimento.

As relações de interação entre sedimentos e águas e destas com o homem são muito pouco conhecidas e portanto procurou-se comparar as concentrações dos elementos medidos nos Arroios, Conde, dos Ratos e da Porteira com os padrões de qualidade dos sedimentos fluviais desenvolvidos pela Puget Sound Water Quality Authority (PSWQA) e avalizados pela E.P.A.

Os padrões estabelecidos pela PSWQA especificamente para alguns elementos químicos estudados aqui são:

As	57 ppm
Cd	5,1ppm
Cr	260 ppm
Cu	390 ppm
Pb	450 ppm
Hg	0,41 ppm
Zn	410 ppm

As concentrações de metais dispersos nos leitos dos três Arroios estudados foram comparadas com aquelas que ocorrem no fundo do estuário do Rio Puget Sound em Washington, DC, EUA devido aos padrões de monitoramento de sedimentos de fundo adotados por Puget Sound Water Quality Authority (PSWQA) nos EUA, por que foram avalizados pela Environmental Protection Agency (EPA), e ainda por serem estes padrões os únicos disponíveis para qualidade de sedimentos.

Para compreender e ser capaz de definir a extensão da poluição é necessário estabelecer os valores de “background” natural dos arroios estudados, por meio dos quais o enriquecimento é definido como a diferença entre os valores medidos e o “background”.

A falta de um conhecimento do “background” natural os níveis dos elemen

tos químicos medidos tem sido uma dificuldade na informação da extensão da contaminação sedimentar e do risco potencial da saúde pública.

Schroeder(1973) fez uma importante distinção entre os elementos químicos essenciais e os não essenciais aos organismos. Estabelece que o Fe, Zn, Cu, Mn, Se, Cr, As são elementos essenciais para os organismos. Já os elementos Pb, Al, Cd, Ni, e Hg foram considerados não-essenciais. Definiu um elemento químico essencial aos organismos como sendo aquele que sem o qual não poderá haver saúde nem longevidade.

Allen *et alii* (1993) afirmam que todo elemento químico é tóxico quando absorvido além da capacidade de assimilação do organismo receptor.

Portanto cada organismo apresenta uma faixa de tolerância a determinado elemento químico dentro deste intervalo efeitos serão manifestados.

A Tolerância é prognosticada considerando uma concentração determinada para a qual efeitos biológicos são observados nos organismos.

A tolerância crítica é determinada como sendo a concentração máxima de determinado elemento químico a partir do qual efeitos sobre o organismo começam a ser detectados, .

Os padrões de qualidade são então valores que representam as tolerâncias críticas dos organismos frente a determinados elementos químicos (taxas, valores de mais baixa grau de toxidez).

Utiliza-se o índice de toxidez aparente que é a relação entre a concentração do metal e a sua tolerância crítica.

Quando o índice é igual a 1 a tolerância crítica e a toxidez potencial se confundem. Acima de 1 o elemento químico é considerado potencialmente tóxico.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS, DISTRIBUIÇÃO DOS TAMANHOS DE GRÃOS E A QUÍMICA DOS SEDIMENTOS**

A estação 1, localizada na Bacia do Arroio do Conde, tem como tamanho médio dos grãos a Areia muito Grossa, o grau de seleção é moderadamente classificado, a assimetria é positiva e o formato da curva de distribuição é leptocúrtica.

A estação 2, localizada na Bacia do Arroio do Conde tem como tamanho médio dos grãos a Areia muito grossa , o grau de seleção é pobremente classificado a assimetria é 93399positiva e o formato da curva de distribuição leptocúrtica.

A estação 3, localizada na Bacia do Arroio do Conde, tem como tamanho médio dos grãos a Areia muito Grossa, o grau de seleção é pobremente classificado, a assimetria é quase simétrica e o formato da curva de distribuição é mesocúrtica.

A estação 4, localizada na Bacia do Arroio do Conde, tem como tamanho médio dos grãos a Areia Grossa, o grau de seleção é pobremente classificado, a assimetria é negativa e o formato da curva de distribuição é platicúrtica.

A estação 5, localizada na Bacia do Arroio do Conde, tem como tamanho médio dos grãos a Areia muito Grossa, o grau de seleção é pobremente classificado,

a assimetria é negativa e o formato da curva de distribuição é muito leptocúrtica.

A estação 6, localizada na Bacia do Arroio do Conde, tem como tamanho médio dos grãos Grânulo, o grau de seleção é moderadamente classificado, a assimetria é quase simétrica e o formato da curva de distribuição é muito leptocúrtica.

A estação 7, localizada na Bacia do Arroio dos Ratos, tem como tamanho médio dos grãos a Areia média, o grau de seleção é pobremente classificado, a assimetria é fortemente negativa e o formato da curva de distribuição é leptocúrtica.

A estação 8, localizada na Bacia do Arroio dos Ratos, tem como tamanho médio dos grãos o Grânulo, o grau de seleção é pobremente classificado, a assimetria é quase simétrica e o formato da curva de distribuição é Platicúrtica.

A estação 9, localizada na Bacia do Arroio da Porteira, tem como tamanho médio dos grãos a Areia Grossa, o grau de seleção é moderadamente classificado, a assimetria é negativa e o formato da curva de distribuição é leptocúrtica.

A estação 10, localizada na Bacia do Arroio da Porteira, tem como tamanho médio dos grãos a Areia muito Grossa, o grau de seleção é moderadamente classificado, a assimetria é positiva e o formato da curva de distribuição é Platicúrtica.

As estações 4 e 5 representam para a Bacia do Arroio do Conde os locais de energia relativamente mais baixas, enquanto que as estações 1,2,3, e 6 representam as áreas de energia mais alta.

As estações 7 e 8 apresentam energias relativas baixas para a Bacia do arroio dos Ratos.

A estação 10 representa áreas de energias altas para a Bacia do Arroio da Porteira enquanto que a estação 9 representa as energias baixas da bacia.

Na Bacia do Arroio do Conde e dos Ratos as condições de deposição (Sahu) apresentaram diagnósticas de ambientes de turbidez e fluvial deltáico, muito provavelmente registrando as movimentações de terra que acontecem ou que aconteceram transformando áreas estáveis em zonas fontes de sedimentos para as bacias.

Na Bacia do Arroio da Porteira o caráter predominante parece ser a atuação de correntes bidirecionais, interpretadas por vazantes e cheias que marcam as populações de grãos

Os elementos químicos estudados apresentaram os intervalos de variação, descritos a seguir considerando a área independente dos limites de Bacias Hidrográficas:

O alumínio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 101,57mg/Kg uma média geométrica de 85,00 mg/Kg, um desvio padrão de 60,93 mg/Kg, um valor máximo de 196,67mg/Kg e um valor mínimo de 34,95mg/Kg.

O alumínio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 616,41mg/Kg, uma média geométrica de 539,57mg/Kg, um desvio padrão de 365,59mg/Kg, um valor máximo de 1529,83mg/Kg e um valor mínimo de 249,83mg/Kg.

O arsênio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 0,0037 mg/Kg, uma média geométrica de 0,0036mg/Kg, um desvio padrão de 0,0009mg/Kg, um valor máximo de 0,006mg/Kg e um valor mínimo de 0,003mg/Kg.

O arsênio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 0,42mg/Kg, uma média geométrica de 0,415 mg/Kg, um desvio padrão de 0,079mg/Kg, um valor máximo de 0,56mg/Kg e um valor mínimo de 0,32mg/Kg.

O cálcio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 45,99mg/Kg, uma média geométrica de 39,54mg/Kg, um desvio padrão de 29,52mg/Kg, um valor máximo de 102,1 mg/Kg e um valor mínimo de 20,93mg/Kg.

O cálcio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 106,43mg/Kg, uma média geométrica de 90,09mg/Kg, um desvio padrão de 75,64mg/Kg, um valor máximo de 297,5mg/Kg e um valor mínimo de 41,52mg/Kg.

O cromo em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 0,08mg/Kg, uma média geométrica de 0,07 mg/Kg, um desvio padrão de 0,04mg/Kg, um valor máximo de 0,19mg/Kg e um valor mínimo de 0,04mg/Kg.

O cromo em sedimentos **totais** apresentou uma média de 3,93mg/Kg, uma média geométrica de 2,82mg/Kg, um desvio padrão de 4,38mg/Kg, um valor máximo de 16,05mg/Kg e um valor mínimo de 0,84mg/Kg.

O ferro em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 193,15 mg/Kg, uma média geométrica de 158,90 mg/Kg, um desvio padrão de 117,96 mg/Kg, um valor máximo de 419,33mg/Kg e um valor mínimo de 43,5mg/Kg.

O ferro em sedimentos **totais** apresentou uma média de 3157,41 mg/Kg, uma média geométrica de 2441,21mg/Kg, um desvio padrão de 2197,25 mg/Kg, um valor máximo de 7898,5 mg/Kg e um valor mínimo de 477,17 mg/Kg.

O mercúrio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 0,053 mg/Kg, uma média geométrica de 0,0461 mg/Kg, um desvio padrão de 0,023 mg/Kg, um valor máximo de 0,08 mg/Kg e um valor mínimo de 0,01 mg/Kg.

O mercúrio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 0,368 mg/Kg, uma média geométrica de 0,354 mg/Kg, um desvio padrão de 0,11 mg/Kg, um valor máximo de 0,61 mg/Kg e um valor mínimo de 0,26 mg/Kg.

O potássio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 23,26 mg/Kg, uma média geométrica de 18,0 mg/Kg, um desvio padrão de 20,74 mg/Kg, um valor máximo de 75,3 mg/Kg e um valor mínimo de 9,87 mg/Kg.

O potássio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 6060,56 mg/Kg, uma média geométrica de 4593,97 mg/Kg, um desvio padrão de 4292,25 mg/Kg, um valor máximo de 13641,83mg/Kg e um valor mínimo de 834,17 mg/Kg.

O magnésio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 9,849 mg/Kg, uma média geométrica de 9,34 mg/Kg, um desvio padrão de 3,488 mg/Kg, um valor máximo de 15,85mg/Kg e um valor mínimo de 5,67 mg/Kg.

O magnésio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 13,10 mg/Kg, uma média geométrica de 12,34 mg/Kg, um desvio padrão de 4,85 mg/Kg, um valor máximo de 21,07mg/Kg e um valor mínimo de 6,83 mg/Kg.

O manganês em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 29,547mg/Kg, uma média geométrica de 20,67 mg/Kg, um desvio padrão de 30,27mg/Kg, um valor máximo de 110,72 mg/Kg e um valor mínimo de 5,23mg/Kg.

O manganês em sedimentos **totais** apresentou uma média de 71,97 mg/Kg, uma média geométrica de 53,90 mg/Kg, um desvio padrão de 48,15 mg/Kg, um valor máximo de 162,33 mg/Kg e um valor mínimo de 7,65 mg/Kg.

O sódio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 24,90 mg/Kg,

uma média geométrica de 22,10 mg/Kg, um desvio padrão de 12,54 mg/Kg, um valor máximo de 47,98 mg/Kg e um valor mínimo de 8,62 mg/Kg.

O sódio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 2484,15 mg/Kg, uma média geométrica de 2271,86 mg/Kg, um desvio padrão de 1194,87 mg/Kg, um valor máximo de 5245,17 mg/Kg e um valor mínimo de 1194,67 mg/Kg.

O níquel em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 1,57 mg/Kg, uma média geométrica de 0,959 mg/Kg, um desvio padrão de 1,52 mg/Kg, um valor máximo de 4,85mg/Kg e um valor mínimo de 0,12 mg/Kg.

O níquel em sedimentos **totais** apresentou uma média de 20,02 mg/Kg, uma média geométrica de 12,13 mg/Kg, um desvio padrão de 18,28 mg/Kg, um valor máximo de 52,33mg/Kg e um valor mínimo de 1,87 mg/Kg.

O chumbo em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 0,928 mg/Kg, uma média geométrica de 0,89 mg/Kg, um desvio padrão de 0,295 mg/Kg, um valor máximo de 1,45mg/Kg e um valor mínimo de 0,55 mg/Kg.

O chumbo em sedimentos **totais** apresentou uma média de 6,38mg/Kg, uma média geométrica de 5,49 mg/Kg, um desvio padrão de 3,65 mg/Kg, um valor máximo de 12,72 mg/Kg e um valor mínimo de 1,88mg/Kg.

O selenio em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 0,001 mg/Kg, uma média geométrica de 0,001 mg/Kg, um desvio padrão de mg/Kg, um valor máximo de 0,001mg/Kg e um valor mínimo de 0,001 mg/Kg.

O selenio em sedimentos **totais** apresentou uma média de 0,008 mg/Kg, uma média geométrica de 0,006 mg/Kg, um desvio padrão de 0,003 mg/Kg, um valor máximo de 0,01 mg/Kg e um valor mínimo de 0,0008 mg/Kg.

O zinco em sedimentos **extraíveis** apresentou uma média de 2,897 mg/Kg, uma média geométrica de 2,07 mg/Kg, um desvio padrão de 2,83 mg/Kg, um valor máximo de 9,78 mg/Kg e um valor mínimo de 0,81 mg/Kg.

O zinco em sedimentos **totais** apresentou uma média de 12,52 mg/Kg, uma média geométrica de 5,94 mg/Kg, um desvio padrão de 5,93 mg/Kg, um valor máximo de 22,62 mg/Kg e um valor mínimo de 5,7 mg/Kg.

Considerando-se os elementos químicos utilizados para o estudo da qualidade dos sedimentos aqueles estabelecidos pela P.S.W.Q.A. nos E.U.A. como padrões (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn), somente o mercúrio apresentou índice de toxidez aparente maior que 1 e como consequência toxicidade potencial, os restantes apresentaram taxas aquém da suas Tolerância crítica

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, H.E. et alii. *Metal in Groundwater*. Ann Arbor, Michigan, Lewis Publisher, 1993.
- BOWEN, H. J. M. *Environmental chemistry of the elements*. London Academic Press, 1979.
- BUNZL, K.; SCHMIDT, W.; SANSONI, B. Kinetics of ion exchange in soil organic matter, IV adsorption and desorption of Pb, Cu, Cd, Zn and Ca, by peat. *Soil Science*, n.27, p.32-41, 1976.

- BURTON JR. *Sediment Toxicity Assessment*, Ann Arbor, Michigan: Lewis Publisher, 1992
- CASSIE, R.M. Some uses of probability paper in the analyses of size frequency distribution. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, n.5, p.513-22, 1954.
- DAVIS, M. W.; EHRLICH. Relationship between measures of sediment size frequency distributions and nature sediments. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, n.81, p.3537-48, 1970
- DOEGLAS, D. J. Interpretation of results of mechanical analyses. *Jour. of Sedimentary Petrology*, n.16, p.19-40, 1946
- FERGUSON, J.E. *The heavy elements; chemistry, environmental impact and health effects*. New York: Pergamon Press, 1990.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Jour. of Sed.Petrology*, n.27, p.3-26, 1957
- FORSTNER, U. Chemical forms of metal enrichment in recent sediments, In: AMSTUTZ, G. (Ed.) *Ore Genesis*. New York: Springer-Verlag, p191-199, 1982.
- FORSTNER, U.; WITTMANN, G.T. *Metal pollution in the aquatic environment*. New York: Springer Verlag, 1979. 486p.
- FULLER, A. D. Size distributions characteristics of shallow marine sands from the Cape of Good Hope, South Africa. *Jour. of Sed. Petrology*, n.31, p.256-61, 1961.
- GLAISTER, R. P.; Nelson, H. W. Grain size distributions on aid in facies identification. *Jour. of Sed. Petrology*, v.22, n.3, p.203-40, 1974.
- GHOSH, K.; SCNITZER, M. Fluorescence excitation spectra and viscosity behavior of a fulvic acid and its copper and iron complexes. *Soil Sciences Society of America Journal*, n.45, p.25-29, 1981.
- GIBBS, R. J. Mechanisms of trace metal transport in rivers. *Science*, n.180, p.71-73, 1973.
- GOLDBERG, E. D. Marine geochemistry I - chemical scavengers of the sea. *Journal of Geology*, n.62, p.249-265, 1954.
- HARDING, J. P. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distribution. *Jour. Marine Biol. Assoc.*, n.28, p.141-53, 1949.
- HJUSTROM, F. Transportation of detritus by moving water. In: Recent marine sediments (Ed. by P. D. Trask), *Symp.Am. Assoc. Petrol. Geol.*, p.141-53, 1939.
- IRVING, H.; WILLIAMS, R. J. Order of stability of metal complexes. *Nature*, n.162, p.746-47, 1948.
- INMANN, D. L. Sorting of sediments in the ligh of fluid mechanics. *Jour. of Sed. Petrology*, n.19, p.51-70, 1949.
- JENNE, E. A.; KENNEDY, V. C.; BURCHARD, J. M.; BALL, J. W. Sediment collection and processing for selctive extraction and for total metal analysis. In: BAKER, R. (Ed.). Contaminants and sediments 2. *Ann. Arbour Mich., Ann Arbor Sciences Publications*, p.169-89, 1980..
- JONASSON, I.R. Geochemistry of sediment/water interactions of metal, including observations on availability. In: SHEAR, H.; WATSON, A. (Ed.) *The fluvial transport of sediment-associated nutrients and contaminants*. Windsor, Ontário: IJC/PLUARG, 1977. p.255-271.
- KANONOVA, M. M. *Soil organic matter*. 2.ed. New York: Pergamon Press, 1966. p.377-419. (Nowakowski, T. e Newman, A. trans.)
- KRAUSKOPF, K. B. Factors controlling the concentration of thirteen rare metals in sea water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, n.9, p.1-32, 1956.
- KRUMBEIN, W.C.; PETTIJOHN, F.J. *Manual of sedimentary petrography*. New York: D. Appleton-Century, 1938. 549p.

- KUENEN, P. H. Geological conditions of sedimentation. In: RLEY, J.; SKIRROW, G. (Eds.) *Chemical oceanography 2*. New York: Academic Press, 1965. p1-22.
- MIDDLETON, G.V. Hydraulic interpretation of sand size distributions. *Jour. of Geology*, n.84, p.405-26, 1976.
- MOSS, A. J. The physical nature of common sandy and pebbly deposits, Part I. *Am. Jour. Sci.*, n.260, p.337-73, 1962.
- NRIAGU, J. O.; COKER, R. D. Trace metals in humic and fulvic acids from Lake Ontario Sediments. *Environmental Sciences and Tecnology*, n.14, p.443-46, 1980.
- OTTO, G.M. A modified logarithmic probability graph for the interpretation of mechanical analyses of sediments. *Jour. of Sed. Petrology*, n.9, p.62-76, 1939.
- RASHID, M. A. Adsorption of metals on sedimentary and peat humic acids. *Chemical Geology*, n.13, p.115-23, 1974.
- SAHU, B.K. Depositional Mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Jour. of Sed. Petrology*, n.9, p.62-76, 1964.
- SAXBY, J. D. Metal-organic chemistry of the geochemical cycles. *Reviews of Pure and Applied Chemistry*, n.19. p.131-150, 1969.
- SCHROEDER, H. A. *The trace elements and man. Old Greenwich*. The Devin-Adair Company, 1973.
- SCHNITZER, M.; KAHN, S. U. *Humic substances in the environment*. New York: Marcel-Dekker, 1972. 327p.
- SHEA, J. H. Deficiencies of clastic particles of certain sizes. *Jour. of Sed. Petrology*, n.44, p.985-1003, 1974.
- SHEPARD, P. P. Nomenclature based on sand-silt ratios. *Jour. of Sed. Petrology*, n.24, p.151-58, 1954.
- SINDOWSKI, K. H. Die synoptische methode dos komkurven - Vergleiches zur Ausdentung fossiler sedimentations raune. *Geol. Jährb.*, n.73, p.235-75, 1957.
- SLY, P. G.; THOMAS, R. L.; PELLETIER, B. R. Interpretation of moment measures derived from water-lain sediments. *Sedimentology*, n.30, p.219-33, 1983.
- SPENCER, D. W. The interpretation of grain size distribution curves of clastic sediments. *Jour. of Sed. Petrology*, n.33, p.180-90, 1963.
- STOFFERS, P.; SUMMERHAYES, C.; FORSTNER, U.; PATCHINEELAND, S. R. Coper and other heavy metals contamination in sediments from New Bedford Harbor, Massachusetts: a preliminary note. *Environmental Science and Technology*, n.11, p.819-21, 1977.
- SWANSON, V. E.; Frost, I.C.; Rader Jr., L.F.; Huffman Jr., C. Metal sorption by northwest Florida Humate, in Geological Survey Ressearch 1966. *U.S. Geological Survey Professional Paper 500-C: C174-C177*, 1966.
- TANNER, W.F. The zig-zag nature of type I and type IV curves. *Jour. of Sed. Petrology*, n.28, p.372-75, 1958.
- TANNER, W. F. Sample components obtained by method of diferences. *Jour. of Sed. Petrology*, n.29, p.408-11, 1959.
- TANNER, W.F. Modification of sediments size distributions. *Jour. of Sed. Petrology*, n.34, p.156-64, 1964..
- TEIXEIRA, J. A.; FYFE, W. S. Notas preliminares sobre a toxicidez potencial dos sedimentos do leito do ribeirão Claro e da cinza hospitalar, por metais pesados em Rio Claro, SP. *Geociências*, v.13, n.1, p.243-61, 1994.
- TOMA, H.E. Bioinorgânica-os elementos inorgânicos em sistemas biológicos. *Ciencia e Cultura*, v.37, n.1, p.3-15, 1985.

- VISHER, G. S. Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.39, n.3, p.1074-1106, 1969.
- WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour.Geology*, n.30, p.377-92, 1932.

# SOLOS CONSTRUÍDOS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DA BACIA CARBONÍFERA

Nestor Kämpf  
Paulo Schneider  
Humberto Bohnen  
Élvio Giasson  
Carlos Alberto Bissani  
Paulo Freire Mello  
Marcelo Dondé de Alexandre  
Marcelo Cotrim  
Adão Luiz dos Santos

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul existem extensas reservas de carvão que podem ser mineradas a céu aberto. Este processo de mineração é atualmente a principal forma de extração de carvão no Estado, com tendência de ampliação das áreas mineradas em futuro próximo. Como a mineração de superfície causa significativas modificações na paisagem, é possível antever alterações ambientais crescentes.

A legislação ambiental recente exige que áreas de terras submetidas à mineração sejam restauradas. Este procedimento deve iniciar antes da extração mineral propriamente dita, através da remoção em separado dos solos e das camadas geográficas. Após a conclusão da extração mineral, no processo de restauração da área, esses materiais, deveriam ser repostos na seqüência original. Na prática porém, isto nem sempre é exequível, fato que aliado à instabilidade do material utilizado na reabilitação da paisagem, pode impedir uma restauração satisfatória, mesmo a longo prazo.

Desta maneira, estudos que viessem monitorar e avaliar as alterações em características de solos construídos em áreas de mineração, bem como o seu potencial de uso,

são importantes para a obtenção de parâmetros que permitam estimar o impacto ambiental destas atividades e propor eventuais ajustes.

No presente trabalho são apresentados os resultados referentes ao estudo de solos construídos em áreas de mineração de carvão, desenvolvidos nos subprojetos “mapeamento e caracterização de solos construídos e de solos não perturbados de área de mineração” e “Avaliação do potencial de acidificação de solos construídos e contaminados de mineração de carvão”, com os seguintes objetivos: 1. Avaliar as suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas; 2. Avaliar a sua evolução temporal (= amadurecimento), com base nas características relacionados no item 1;3. Testar parâmetros físicos e químicos que sirvam para monitorar a reabilitação das áreas mineradas e avaliar o potencial de uso do solo construído a longo prazo e 4. Estabelecer critérios para a sua classificação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Características do material**

Na Bacia Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul, as camadas mais superficiais de carvão ocorrem a profundidades entre 25 e 40 metros, com espessuras de um a cinco metros, recobertas e intercaladas por material estéril (sedimentos pelíticos: siltitos, argilitos e folhelhos carbonosos). O processo empregado na lavra das áreas do presente estudo foi a mineração a céu aberto em faixas (“stripmining”), em cortes com 80 metros de largura e 200 a 1500 metros de comprimento, utilizando “motoscrapers”. O corte já minerado foi fechado com material estéril do corte em decapagem para a recuperação topográfica e recoberto com material de solo (Bugin e outros, 1989). No processo de construção dos solos, a reposição dos estéreis foi feita em camadas com espessuras de 20-30 cm pelas máquinas escavadoras (“motoscrapers”), distribuindo o material decapado da nova faixa de mineração. Na cobertura final foi usado material de solo (mistura de horizontes A, B e C de podzólico vermelho-escuro ou outro solo) originalmente na superfície, espalhado com trator de esteira numa espessura de aproximadamente um metro, seguido de práticas para a revegetação da área.

### **Amostragem e descrição dos perfis de solos**

Nas minas Butiá-Leste e Recreio, da COPELMI Mineração Ltda., situadas na margem da BR-290, no município de Butiá-RS, a cerca de 80 km de Porto Alegre, foram descritos e amostrados 16 perfis de solos em áreas mineradas e recuperadas, representando uma superfície de aproximadamente 200 ha. O elevado número de perfis amostrados objetivou a obtenção de uma representatividade adequada à grande variabilidade dos solos construídos.

Na Mina Butiá-Leste foram amostrados em outubro e novembro de 1993 perfis de áreas reabilitadas em 1988 e 1991, representando na época da amostragem solos

com idades de 2 anos (= solos BL2) e 5 anos (= solos BL5) desde sua construção. Na mina do Recreio foram amostrados em setembro e outubro de 1995 perfis de área reabilitada em 1981, representando na época da amostragem solos com aproximadamente 15 anos desde sua construção (= solos RE15); estes são os solos construídos mais antigos que se tem conhecimento na área de mineração de carvão no Rio Grande do Sul. Todos os perfis foram descritos e coletados em taludes de voçorocas. Nos perfis fez-se a separação dos horizontes ou camadas, a descrição de características morfológicas e a coleta de amostras (Lemos & Santos, 1984).

### **Análises físicas dos solos**

As análises físicas consistiram em: granulometria pelo densímetro Bouyoucos, argila dispersa em água, densidade aparente em anel volumétrico, densidade de partícula e cálculo da porosidade (EMBRAPA, 1979). A condutividade hidráulica saturada foi determinada utilizando-se permeâmetro de carga variável, aplicando-se uma coluna de água inicial de aproximadamente 1 m, com cinco repetições para cada amostra. A retenção de umidade foi determinada em painéis de pressão (tensões de 0,01, 0,05, 0,1, 0,5 e 1,0 MPa), com três repetições. A taxa instantânea de infiltração foi determinada no campo com duas repetições, usando-se cilindros concêntricos, em áreas próximas aos perfis BL5-4 e BL2-7.

### **Análises químicas dos solos**

A determinação do pH e da condutividade elétrica (CE) foi feita imediatamente após a coleta e, posteriormente, em amostras secas e moídas, sendo repetida nestas últimas após 12 meses. As demais análises foram efetuadas somente em amostras secas ao ar, moídas e passadas em peneira de 2 mm. As análises químicas consistiram em: pH(H<sub>2</sub>O) e CE em mistura 1:1 de solo e solução; C orgânico pelo método Walkley-Black modificado (Tedesco e outros, 1985); bases trocáveis (Ca, Mg, K, Na), Al e H+Al (EMBRAPA, 1979); sulfato solúvel em CaCl<sub>2</sub> 0,1 molL<sup>-1</sup> (Bissani e outros, 1995); equivalente de CaCO<sub>3</sub> e potencial de acidificação por digestão com H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - Perhidrol (adaptado de O'Shay e outros, 1990), calculado na forma de equivalente de CaCO<sub>3</sub> necessário para neutralização a pH 7. Fe, Mn, Al, Cu e Zn extraídos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB) (Mehra & Jackson, 1960) e com oxalato de amônio (Schwertmann, 1964), determinados por espectrometria de absorção atômica.

### **Análise da solução do solo**

Para determinação da composição da solução do solo foram incubadas 50 g de amostras de solo selecionadas, em recipiente de boca larga de 120 ml, mantidas saturadas com água deionizada, por 24 horas. A solução do solo foi extraída por sucção utilizando-se um tubo de PVC rígido, com 15 cm de comprimento e 8 mm de diâmetro interno. Em uma extremidade do tubo foi colado (Brascopen PK) um filtro 0,20 mm (Versapor-200-Gelman Sciences Inc.) e na outra foi inserida uma seringa de plástico de

20 ml. A extremidade do tubo com filtro foi inserida em um orifício feito na parte superior da amostra de solo, mantido saturado. Com a seringa fez-se sucção (aprox. 0,7 atm), fixando-se o êmbolo da seringa na posição através de um pino de metal. O tempo de extração variou de 1 hora até 24 horas, dependendo do tipo de amostra. Na solução extraída foram analisados pH, CE, Al, Si, SO<sub>4</sub>, COS, Ca, Mg, K, Na, Fe e Mn. A atividade dos elementos foi calculada segundo o programa Soil Solution (Wolt, 1989).

## **Análise mineralógica dos solos**

Análises mineralógicas por análise térmica-diferencial (ATD, equipamento BR 300) e por difratometria de raios X (DRX, equipamento Philips, radiação Fe, monocromador de grafite) foram realizadas em amostras da fração terra fina, argila, eflorescências e mosqueados de solos.

## **Análise da variabilidade espacial dos solos**

Para análise da variabilidade espacial dos solos construídos foram locadas duas parcelas de um hectare cada em áreas dos solos construídos BL2 e BL5. Uma amostragem preliminar em duas transeções alocadas, aleatoriamente, mostrou uma variabilidade relacionada à topografia reconstruída e possivelmente à exposição de materiais por erosão. Para captar estes efeitos foi efetuada uma amostragem em grade com malha de 10 metros, coletando-se a camada superficial do solo na profundidade de 0-20cm, nas interseções da grade; as dimensões da grade foram de 50x200m e de 70x150m respectivamente nas áreas com 2 e 5 anos de reconstrução, perfazendo cada qual a área de um hectare; em função das dimensões das grades, o número de amostras é de 126 e 121, nas respectivas áreas. Além disto, devido às condições de acesso nas áreas, o eixo maior tem a orientação leste-oeste na área de 2 anos e norte-sul na de 5 anos.

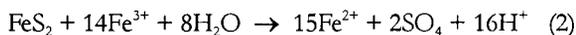
As amostras foram analisadas segundo métodos indicados em 4.4., quanto a: pH e CE; Ca, Mg, Al, K, Na, C, Mn, Cu e Zn. A cor (Munsell), em amostras úmidas e amassadas, foi convertida em “índice de cor vermelha” (IV), na forma de  $(H^* \times C)/V$ , onde C e V representam croma e valor, e H\* é derivado de: 2,5YR = 10; 4YR = 8,5; 5YR = 7,5; 6YR = 6,5; 7,5YR = 5,0; 9YR = 3,5 e, 10YR = 2,5. O decréscimo de H\* representa um aumento do branco na coloração.

Os resultados foram analisados estatisticamente utilizando-se os programas Statistix (1994) para a estatística clássica e GEOEAS (Englund & Sparks, 1991) para a estimativa da variabilidade espacial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A concepção de *solo construído* adotada no presente texto é a de solo formado por materiais e procedimentos determinados pela ação humana; tais solos são fundamentalmente antropogênicos e na condição ambiente passam a ter uma evolução pedogênica.

Além disso, ao contrário dos solos naturais, o solo recém construído ainda não alcançou um “steady state” com as condições do ambiente de superfície, estando sujeito a mudanças rápidas nas suas propriedades. A velocidade e o grau destas modificações podem afetar o potencial de uso do solo para fins diversos e o sucesso da recuperação a longo prazo. Entre as alterações previsíveis em solos construídos afetados pela mineração de carvão está a acidificação através da oxidação da piritita ( $\text{FeS}_2$ ) presente nos sedimentos, esquematicamente representada pelas seguintes reações (Fanning & Fanning, 1989):



Além das conseqüentes implicações ambientais destas reações, os solos construídos oferecem oportunidade para o estudo dos efeitos da ação antrópica, bem como para acompanhar estádios pedogênicos incipientes e a sua evolução temporal, na busca do “steady state”.

### **Aspectos da revegetação nas áreas de solos construídos**

A área dos solos BL2 apresentava boa cobertura vegetal por gramíneas (*Festuca sp.*) e desenvolvimento homogêneo de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), com pouca incidência de voçorocas. Por outro lado, a área dos solos BL5 apresentava-se fortemente erodida, com cerca de 70% da superfície descoberta; no processo de revegetação desta área haviam sido introduzidas gramíneas (*Festuca sp.*) e eucalipto (*Eucalyptus sp.*); na época da amostragem a vegetação baixa havia desaparecido em grande parte da área, enquanto que o eucalipto apresentava desenvolvimento muito heterogêneo e muito inferior ao esperado; havia desenvolvimento de vegetação espontânea na forma de touceiras de gramíneas, maricá (*Mimosa bicromata*) e vassoura branca (*Baccharis sp.*). Já a área dos solos RE15 apresentava-se em parte com boa cobertura do solo, um bom desenvolvimento de acácia e pinus (*Pinus elliotti*) e pouca erosão, bem como uma parte com vegetação espontânea intensamente erodida.

### **Morfologia dos solos**

Na mobilização, transporte e redeposição dos materiais, é praticamente inevitável a mistura de horizontes e camadas de solo e material geológico, produzindo alterações na composição original. Desta maneira, feição morfológica marcante dos solos construídos é a presença de camadas estratificadas originadas da sucessiva sobreposição de materiais heterogêneos na sua construção. Esta diferenciação de materiais também foi confirmada nas análises químicas, físicas e mineralógicas. Assim, basicamente as características morfológicas desses solos são dependentes do material geológico utilizado e do processo de construção, aos quais se sobrepõem os processos pedogênicos.

Mais especificamente, os perfis de solos são constituídos por uma sucessão de camadas ou horizontes de espessura variável (5 a 25cm), geralmente com transições

abruptas e onduladas devidas ao processo de construção (Apêndice 1 e Tabela 1), distinguidos pela coloração (identificada segundo o padrão Munsell); as camadas superficiais foram identificadas como A e as subjacentes como C.

Nos solos BL2 a cor do horizonte A não evidenciou desenvolvimento por acumulação de matéria orgânica e sim as feições: (1) do material de solo (horizonte B de Podzólico Vermelho Escuro) usado na cobertura final (vermelho-escuro-acinzentado a bruno-avermelhado-escuro 2,5YR 3/2-4; 5YR 3/4); ou (2) do material geológico aflorante por erosão desta cobertura. A formação de agregados estruturais é inexistente ou incipiente em blocos subangulares com desenvolvimento fraco. A preservação de parte da cobertura final de solo na área BL2 deve-se à vegetação mais densa. Nos solos BL5, a camada superficial, qualificada como horizonte A, também não apresentou estrutura pedogênica ou escurecimento por matéria orgânica, mas domínio de feições do material geológico exposto por erosão da cobertura. Os solos RE15 apresentaram boa preservação da cobertura com material de solo superficial original nas áreas reflorestadas, identificado pela cor (bruno-avermelhado e bruno avermelhado escuro 5YR 4/4 e 3/2,5), com estrutura fraca ou moderada em blocos subangulares e granular; nos locais com abundante acúmulo de acículas observou-se um escurecimento incipiente em camada com aproximadamente 3 mm de espessura no topo do horizonte A.

Nos solos BL2 e BL5 os horizontes C apresentaram-se maciços e sem estrutura pedogênica, e em alguns casos com feições estriadas (bandas) atribuíveis à compactação pelo tráfego do equipamento (“motoscrapers”) usado na sua construção. Nos solos RE15, além das feições registradas nos solos mais jovens, observou-se desenvolvimento de estrutura pedogênica, fraca a moderada na forma de blocos angulares e subangulares. Isto confirma as informações de que, ao longo do tempo, solos construídos tendem a adquirir uma estruturação (Schafer e outros, 1980; Thomas & Jansen, 1985; Ciolkosz e outros, 1985; Haering e outros, 1993), quando é mantida uma cobertura vegetal. O rápido desenvolvimento de horizonte A tem sido observado em solos construídos e vegetados onde há desenvolvimento radicular intenso (Haering e outros, 1993), enquanto que a formação de horizonte câmbico (EUA, 1992) foi registrada em solos construídos com idade superior a 50 anos (Schafer e outros, 1980). No presente caso, entretanto, apenas nos solos RE15 a vegetação apresentou um apreciável desenvolvimento radicular, o que deve ter contribuído para a formação de agregados estruturais. A ausência de estrutura é uma das principais deficiências de solos construídos jovens, implicando em suscetibilidade à erosão devido a pouca estabilidade do material.

As cores dos horizontes C são variadas, refletindo a composição do material mineral. Observa-se a coloração escura dos folhelhos carbonosos (preto a cinzento muito escuro 2,5Y 2-3/0), com ou sem mosqueados indicadores de processos de oxidação (bruno-oliváceo-claro 2,5Y 5/6; bruno-amarelado-escuro a bruno-amarelado 10YR 4-5/6-8; bruno-forte 7,5YR 4/6) e formação de jarosita (amarelo-oliváceo 2,5Y 6/6-8; oliva 5Y 5,5/4 e amarelo-oliváceo 5Y 5-6/6); coloração acinzentada (preto a bruno muito escuro 10YR 5/1,5; preto 7,5YR 2/0) correspondente aos argilitos e siltitos; ou coloração variegada devido a mistura de materiais diversos (vermelho 2,5YR 4/8; cinzento-brunado-claro 10YR 6,5/2; cinzento muito escuro e cinzento claro 2,5Y 3/0 e 7/2). Eflorescências (branco 5Y 8/1) nas faces expostas dos perfis alguns dias após a ocorrência de chuvas, atestam os processos de oxidação da pirita na interior dos solos (vide 5.5).

## Propriedades Físicas

As propriedades físicas de perfis representativos dos solos construídos BL2 e BL5 estão relacionadas nas Tabelas 1 a 3; valores médios das populações BL2, BL5 e RE15, para comparação da evolução, constam na Tabela 9. Os solos apresentam menos que 10% de material com diâmetro  $>2\text{mm}$ , constituído por fragmentos de folhelho carbonoso, carvão e sílica; raros matacões na forma de fragmentos de carvão, de laterita e de granito ocorrem esparsos na área. Na fração terra fina predomina a textura argilosa e, em menor proporção, as texturas média e muito argilosa (Tabelas 1 a 3). A granulometria varia irregularmente com a profundidade na maioria dos solos, sem evidência de translocação de argila (eluviação-iluviação) que identifique desenvolvimento de horizonte B, indicando ser resultante da superposição de materiais heterogêneos. Desta maneira, a função profundidade irregular da textura está relacionada à granulometria dos sedimentos geológicos empregados na construção dos solos. O teor de argila dispersa em água (Tabelas 1 a 3) foi baixo nas camadas ácidas e com alto  $\text{Al}^{3+}$  (Tabelas 5 a 7), e alto nas camadas com pH elevado, indicando floculação pelo alumínio.

Os solos apresentaram uma densidade aparente elevada, variando de 1,41 a 2,29  $\text{kg dm}^{-3}$ , com uma média de 1,65  $\text{kg dm}^{-3}$ ; a densidade de partícula variou de 2,06 a 2,87  $\text{kg dm}^{-3}$ . A porosidade calculada mostrou valores muito baixos, de 0,10 a 0,45  $\text{m}^3\text{m}^{-3}$ , com uma média de 0,26  $\text{m}^3\text{m}^{-3}$  nos solos BL e de 0,19  $\text{m}^3\text{m}^{-3}$  nos solos RE. Este adensamento, produzido pelo tráfego do equipamento utilizado na construção dos solos, explica a baixa taxa de infiltração d'água, de 5  $\text{cm h}^{-1}$  ( $I = 49,52t^{-0,467}$ ) e 3  $\text{cm h}^{-1}$  ( $I = 24,30t^{-0,413}$ ) respectivamente para as áreas BL2 e BL5, bem como a baixa condutividade hidráulica; a condutividade hidráulica saturada vertical e horizontal, sem diferença entre elas, é lenta a moderadamente rápida nos horizontes A (0,08 a 7,09  $\text{cm h}^{-1}$ ) e muito lenta nas camadas subjacentes ( $<0,01$  a 0,15  $\text{cm h}^{-1}$ ). Estas condições favorecem o escorrimento da água e a conseqüente severa erosão observada no local. Além disso, a compactação pode ser um dos fatores que afeta negativamente o desenvolvimento do eucalipto, que apresenta sistema radicular pivotante, enquanto que a acácia, com sistema radicular mais superficial, parece ser mais tolerante a este impedimento físico; não foram observados indícios de impedimento ao sistema radicular nos solos RE15. A retenção de água nos solos é baixa (Tabela 4), sendo maior nas camadas mais profundas dos perfis. Os perfis BL2 retiveram mais água em todas as tensões, em comparação às camadas dos solos BL5. Com excessão de alguns horizontes A, mais de 50% da massa total de água está retida a tensões menores que 1 MPa, equivalendo à poros com diâmetro  $<0,3 \mu\text{m}$ , ou seja, de forte retenção de água. Essa predominância de poros muito pequenos é responsável pela baixa taxa de infiltração e baixa condutividade hidráulica observadas.

Esses resultados confirmam observações de diversos autores (Pedersen e outros, 1980; Snarski e outros, 1981; Bussler e outros, 1984; McSweeney & Jansen, 1984; Potter e outros, 1988).

## Propriedades Químicas

Nas Tabelas 5 a 7 são apresentadas as propriedades químicas dos perfis; valo-

res médios das populações BL2, BL5 e RE15, para comparação da sua evolução, constam nas Tabelas 9 e 10. O comportamento irregular nas propriedades químicas com a profundidade dos solos, confirma a sua composição por empilhamento de camadas de materiais heterogêneos, identificada na análise granulométrica.

Não foi constatada diferença significativa nos valores de pH entre as condições imediatas à coleta das amostras, após secagem e 12 meses depois. Os resultados apresentados são os das medições imediatas. A amplitude de variação no pH dos solos é de 1,4 à 8,3, com valores médios de 5,3, 3,0 e 4,0, respectivamente nos solos BL2, BL5 e RE15. O progresso da oxidação da pirita é evidenciado nos solos mais antigos; entre os solos BL2 apenas um perfil de área erodida e sem vegetação, expondo camadas contendo rejeitos de carvão, apresentou pH <3,5, enquanto que nos solos BL5 e RE15 valores de pH <4,0 são comuns. Valores de pH alcalino foram observados em algumas camadas a maior profundidade nos solos RE15 e BL5 e mais superficiais e com maior frequência nos solos BL2, indicando as características originais do material geológico. O valor de pH médio mais elevado registrado nos solos RE15 em comparação com os BL5 deve-se, provavelmente, ao uso de material com maior teor de carbonatos.

A drástica diminuição do pH com a idade dos solos sugere um rápido desencadeamento de processos pedogênicos, onde o sistema busca o equilíbrio dinâmico com as condições oxidantes do ambiente de superfície. Amostras suplementares do perfil BL2-7, coletadas 19 meses depois, mostraram um decréscimo de uma a 2,5 unidades de pH. Através de amostras obtidas por tradagem em posições afastadas de voçorocas verificou-se que os respectivos valores de pH não se diferenciavam, significativamente, daqueles determinados nas amostras de perfis expostos à oxidação em voçorocas.

A condutividade elétrica (CE) dos extratos 1:1 variou de 0,02 a 8,80 dS m<sup>-1</sup>, sendo os valores mais elevados constatados nos solos BL5. O fato da soma de cátions básicos ser maior e a CE menor nos solos BL2 e RE15, indica que a CE mais elevada nos solos BL5 deve-se aos sais liberados no processo de oxidação da pirita (Evangelou e outros, 1985), visualizados na forma de eflorações (vide 5.5). A presença de sais, também foi confirmada visualmente nas amostras utilizadas para a determinação do pH(H<sub>2</sub>O) após a evaporação da água em condição ambiente. A diminuição da CE nos solos RE15 sugere que a continuidade dos processos de percolação das águas e o gradativo esgotamento das fontes destes sais leva ao decréscimo da CE ao longo do tempo, em conformidade com o constatado em solos construídos mais antigos (Schafer *et al.*, 1980; Ciolkosz e outros, 1985).

O teor de cátions básicos (Ca, Mg, K e Na), com predomínio de Ca, geralmente foi maior nas camadas com pH elevado, observando-se o contrário com a acidez extraível (H+Al) e o alumínio trocável que apresentaram níveis tóxicos mais frequentes nos solos BL5 e RE15. Este alumínio é liberado no intemperismo dos argilominerais (Carson e outros, 1982). Os teores de Mg, K e Na foram menores nos solo BL5, o que lhe confere uma menor soma (SB) e saturação por bases ( $V = (SB/CTC)100$ ). A saturação por bases em solos naturais apresenta uma relação linear com o pH do solo, onde  $V = 100\%$  corresponde a um valor de pH aproximadamente 7,0, e um pH 4 apresenta V igual a zero. Nos solos construídos esta relação não é aparente, observando-se que, notadamente, nos solos RE15 ocorre saturação por bases elevada (>50%) em pH <4,0.

A razão desta anomalia está no fato dos solos construídos conterem materiais pouco intemperizados ou lixiviados (vide 3.5.), bem como a presença de minerais como  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CaCO}_3$ , que contribuem para o excesso de Ca, e desta maneira aumentam a saturação por bases. Os teores de Na indicam um ambiente onde a percolação da água é restrita, o que é confirmado pela baixa taxa de infiltração e condutividade hidráulica observados (vide 5.3.).

Os teores de carbono orgânico apresentaram uma amplitude de variação de 0,2 a 123,1  $\text{g kg}^{-1}$ , com médias de 8,4, 20,4 e 13,6  $\text{g kg}^{-1}$ , respectivamente nos solos BL2, BL5 e RE15. A distribuição irregular do C orgânico com a profundidade dos perfis está relacionada à alternância de camadas com folhelhos carbonosos ou contendo rejeitos de carvão com camadas menos carbonosas (vide 5.2.). Não há evidência de contribuição significativa de C orgânico ao solo pela vegetação estabelecida (vide 5.1.). A alternância de camadas heterogêneas durante a construção é frequente em solos desse tipo (Ciolkosz e outros, 1985). Os teores de sulfato solúvel também mostraram uma distribuição errática com a profundidade dos perfis, sendo os valores mais elevados observados nos solos BL5. A regressão  $\text{SO}_4(\text{água}) = 0,845 \text{SO}_4(\text{CaCl}_2) + 5,8$  ( $r = 0,994$ ;  $n = 12$ ) de Bissani e outros. (1995), permite converter os valores de sulfato nas Tabelas 3 e 4 em sulfato solúvel em água utilizado como critério diagnóstico de horizonte sulfúrico (vide 5.9.).

Na face exposta de perfis, na interface de camadas ou no fundo das voçorocas, foram observados precipitados de ferro (amarelo 10YR 7/8) da migração de soluções com  $\text{Fe}^{2+}$  provenientes das reações no interior dos solos, indicando a atividade dos processos químicos. Da mesma forma, os teores de ferro extraídos com DCB (Fed, representando a soma das formas cristalinas e de baixa cristalinidade; Tabela 8), além de serem mais elevados nesses precipitados, apresentaram nos perfis uma dependência da composição do material de origem dos solos ou das camadas, bem como uma relação com a presença de mosqueados originados pelos processos de oxidação da pirita. Por sua vez, o Fe extraído com oxalato de amônio (Feo), que representa as formas de baixa cristalinidade, foi, de maneira geral, mais indicativo de processos de sulfurização (vide 5.9.). Uma correlação muito significativa entre CE e  $\text{SO}_4$  ( $r=0,950$ ), CE e FeO ( $r=0,923$ ) e entre Feo e  $\text{SO}_4$  ( $r=0,889$ ) nos solos BL5, e entre CE e  $\text{SO}_4$  ( $r=0,859$ ) nos solos BL2, mostra que a CE é um indicativo dos sulfatos solúveis formados na sulfurização e que nos solos BL5 o Feo representa o  $\text{Fe}^{2+}$  associado a estes sulfatos. Nos solos RE15 estas relações foram pouco evidentes. A razão Feo/Fed (indicativo da proporção dos óxidos de ferro de maior atividade em relação ao teor total dos óxidos de ferro no solo), apresentou tendências irregulares com a profundidade dos perfis indicando a desuniformidade das camadas e, conseqüentemente, da ação dos processos de alteração.

Enquanto que as formas de óxidos de ferro podem ser dissolvidas seletivamente por extrações com DCB e oxalato, expressas respectivamente por Feo e Fed (Schwertmann & Fitzpatrick, 1992), no caso de alumínio são extraídos apenas polímeros ou formas de baixa cristalinidade, ou ainda Al contido nos óxidos de ferro. Dessa maneira, os teores de Alo e Ald e as altas relações Alo/Ald (Tabela 8) representam diversas formas de Al com alta atividade nos solos (não identificadas na análise mineralógica por DRX e ATD; vide 5.5), correspondentes a polímeros de alumínio, superfícies intemperizadas de argilominerais, sulfatos de alumínio, bem como a hidróxi-Al silicatos amorfos (vide 5.7.).

## Mineralogia

A mineralogia dos solos reflete a composição do material de origem, bem como os efeitos de uma pedogênese incipiente. A fração terra fina (Figuras 1 e 2) contém comumente predomínio de esmectita (1,88 e 1,5 nm), acompanhada por caulinita de boa cristalinidade (0,7 e 0,44 nm), baixos teores de muscovita (1,0 e 0,5 nm), quartzo (0,426 e 0,334 nm) e vestígios de feldspatos (0,385, 0,32 e 0,318 nm). Adicionalmente, nos solos mais antigos (BL5 e RE15) tende a ocorrer gesso (0,76 nm), anidrita, rozenita e goethita, como indicativos do processo de sulfurização (vide 5.9.). O gesso geralmente forma-se onde há  $\text{CaCO}_3$ , presente na forma de marga nos sedimentos pelíticos, atuando na neutralização da acidez produzida pelo intemperismo da pirita, liberando Ca que reage com o sulfato (vide 5.6.). A presença do gesso é indicadora de ambientes com lixiviação reduzida, mas no presente caso, sob pluviosidade média anual de 1400 mm, deve-se ao estágio incipiente de intemperismo dos solos e a sua baixa condutividade hidráulica.

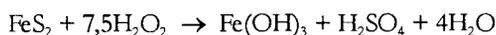
A ação da acidificação sobre as esmectitas pode ser visualizada na comparação de amostras de camadas de perfis BL2, BL5 e RE15 (Figuras 1 e 2). Os reflexos mais largos e desordenados das esmectitas indicam um intemperismo acelerado através da acidez gerada na oxidação da pirita, com o conseqüente aumento dos níveis de Al trocável (vide 5.4. e 5.6.), conforme foi observado em outros locais (Carson e outros, 1982; Carson & Dixon, 1983; Charoenchamratcheap *et al.*, 1987), e confirmando a caulinita como mineral mais estável. Entretanto, também ocorrem camadas mais esmectíticas e outras mais caulínicas correspondentes à composição original dos estratos geológicos.

Cristais de pirita, visíveis na forma de macrocristais ou detectados por DRX (Figura 3), estão normalmente presentes nos folhelhos carbonosos e rejeitos de carvão incluídos nos perfis dos solos, constituindo a principal fonte de acidez. Os sintomas visíveis da sua alteração aparecem inicialmente como eflorescências, na forma de precipitados pulverulentos esbranquiçados; são formadas por migração de soluções com íons  $\text{SO}_4$  e  $\text{Fe}^{2+}$  a locais de dessecação, como a face exposta do perfil e nas arestas de fragmentos de carvão, onde precipitam como rozenita  $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (0,687, 0,406, 0,322 e 0,258 nm), szomolnoquita  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (0,342, 0,337, 0,326, 0,265 e 0,251 nm), melanterita  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,492 e 0,379 nm) e siderotila  $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0,563, 0,492, 0,375 e 0,251 nm) (Figura 3). Estes sulfatos de  $\text{Fe}^{2+}$  são precursores na formação de jarosita  $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$  (0,593, 0,295, 0,276 e 0,251 nm) e natrojarosita (0,552, 0,295, 0,276 e 0,251 nm). Amostras de eflorescências analisadas algumas semanas após a coleta mostraram alteração no grau de hidratação dos sulfatos de  $\text{Fe}^{2+}$  até formação de jarosita, com a mudança da cor branca para amarela e verde. A alta solubilidade dos sulfatos de  $\text{Fe}^{2+}$  e, conseqüentemente, sua fácil remoção pode dificultar a formação de jarosita nas faces expostas dos perfis.

A rápida formação destes sulfatos em material que contém sulfetos recém expostos permite seu uso como indicadores de oxidação ativa ou pós-ativa destes compostos. Por outro lado, minerais menos solúveis, como o gesso e a jarosita, são encontrados tanto em materiais de oxidação recente como de mais antiga (Wagner e outros, 1982; Carson e outros 1982).

## Potencial de acidificação

A predição da evolução dos solos construídos baseia-se na estimativa do processo de acidificação gerado pela oxidação da pirita e da capacidade de neutralização desta acidez pelos carbonatos e silicatos presentes nos solos. Devido a dificuldade de se quantificar os fatores que controlam a oxidação da pirita (taxa de difusão do oxigênio, taxa de infiltração da água, pH, temperatura, presença de carbonatos, variabilidade do material, oxidação química ou bacteriana), usou-se um método que avalia o potencial de acidificação (PA) com base na oxidação total da pirita (O'Shay *et al.*, 1990), desconsiderando o tempo necessário para que isto aconteça no ambiente natural:



A reação mostra que para cada mol de  $\text{FeS}_2$  oxidado são liberados 2 moles de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . A neutralização dessa acidificação depende, basicamente, da capacidade de tamponamento do material geológico utilizado na construção do solo e da aplicação de corretivos. Entre os tamponantes naturais estão os carbonatos e os silicatos. A quantificação dos carbonatos permite estimar o potencial de neutralização (PN), cuja ação de neutralização exemplificada com o  $\text{CaCO}_3$  é representada pela seguinte reação:



A diferença entre o potencial de acidificação e o potencial de neutralização indica se o material contém carbonatos em quantidade suficiente para neutralizar a acidez gerada na oxidação da pirita. Entretanto, este balanço apresenta vários pontos críticos: não considera as diferenças entre a taxa de oxidação da pirita e a de dissolução dos carbonatos, e assume que a oxidação completa da pirita ocorre nas condições naturais. Apesar destas restrições, essa técnica tem sido aplicada com sucesso em áreas de mineração de carvão (Sobek *et al.*, 1987; Evangelou, 1995).

De acordo com o balanço PN - PA, a maioria dos solos apresenta um potencial de neutralização (por carbonatos) insuficiente para contrabalançar o potencial de acidificação (Tabelas 5 a 7), indicando a baixa capacidade tampão dos materiais. A literatura indica que a razão PN/PA deve ser  $>1$ , até 4 conforme a cinética das reações, para alcançar uma neutralização satisfatória (Sherlock *et al.*, 1995). Em consequência da dificuldade de ser alcançada, ao longo do tempo, a neutralização satisfatória da acidez gerada no intemperismo da pirita, segue-se o processo de dissolução dos silicatos, principalmente esmectitas, em intemperismo denominado de sulfurização (vide 3.9.). Essa dissolução mais lenta das esmectitas tampona a acidez na faixa de pH 3 a 4, conforme é observado nos solos BL5 e RE15. Neste processo ocorre a liberação de cátions básicos (Mg, Na), de Si, Fe e Al. O alumínio e o ferro, por reação de hidrólise com a água, originam mais prótons ( $\text{H}^+$ ) que contribuem adicionalmente ao intemperismo dos silicatos. Desta maneira há uma espécie de catalização da acidificação.

A necessidade de calagem (NC) baseada no método SMP (Tabelas 5 a 7) não

prevê a oxidação da pirita, mas inclui a acidez atual e a acidez potencial decorrente da dissolução dos silicatos pela sulfuração (vide 5.9.). O balanço  $[PN - (PA + NC)]$  permite uma estimativa da quantidade de  $CaCO_3$  necessária para neutralizar o potencial de acidificação mais a acidez potencial. Na maioria das amostras o balanço é negativo, pois  $PA + NC$  são maiores que o  $PN$  dos solos, demonstrando que a correção da acidez é onerosa e difícil. Este aspecto evidencia que a medida mais adequada para evitar consequências ambientais desfavoráveis deve ser preventiva, na forma da seleção prévia do material a ser utilizado na construção dos solos.

As Tabelas 9 e 10 apresentam os parâmetros estatísticos que resumem as propriedades de solo analisadas e fazem uma comparação entre as amostras dos perfis BL2, BL5 e RE15. As propriedades foram agrupadas conforme sua relação com: (1) o material de origem do solo, (2) a construção do solo e (3) a evolução do solo. Algumas propriedades do material de origem sofrem alterações com a evolução do solo, como por exemplo o  $PN$  e o  $PA$ . O comportamento das propriedades mais relacionadas com a evolução dos solos sugere que a “seta do tempo” é no sentido da acidificação, mas o grau de acidificação depende da constituição do material utilizado na construção dos solos.

### Composição da solução do solo

A composição da solução do solo de amostras selecionadas consta na Tabela 11. As concentrações dos elementos são compatíveis com os níveis constatados em ambiente ácido sulfatado (Karathanasis e outros, 1988). Apesar das limitações à aplicação de conceitos de equilíbrio à sistemas abertos, o uso de diagramas de solubilidade e estabilidade de minerais permite um melhor entendimento do comportamento físico-químico dos elementos na solução e sua interação com a fase sólida.

Na Figura 4, a atividade iônica da solução foi usada para estimar o equilíbrio potencial do  $Al$  na solução do solo com as fases minerais caulinita, gibbsita, alunita, jurbanita e basaluminita (Karathanasis e outros, 1988). Conforme o diagrama de solubilidade, o controle potencial de  $Al$  é determinado por sulfatos de  $Al$  na maioria das amostras. As amostras a baixo  $pH + pSO_4$  estão agrupadas ao longo da linha de solubilidade da jurbanita  $Al(SO_4)(OH)_6$  e delimitadas pelas linhas da alunita  $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$  e da K-aluminita; a valores maiores há maior afinidade com basaluminita  $Al_4(SO_4)(OH)_{10}$ . A não identificação destes minerais deve-se, supostamente, ao fato de apresentarem baixa cristalinidade ou estarem presentes em quantidades não detectáveis pelas técnicas utilizadas (DRX, ATD); é de se supor que os teores de  $Al_0$  (Tabela 8) representem uma parcela desses minerais. Poucas amostras sugerem controle do  $Al$  pela caulinita ou gibbsita. Assim, enquanto que na maioria dos ambientes terrestres e aquáticos naturais a concentração de  $Al$  é controlada pela solubilidade da gibbsita ou da caulinita, nas áreas de mineração de carvão este controle é exercido por sulfatos básicos. Por serem menos solúveis que a gibbsita e a caulinita, esses minerais modificam significativamente os limites superiores do  $Al$  em solução (Nordstrom, 1982).

Na Figura 5 está representado o diagrama de solubilidade considerando as fases minerais esmectita, esmectita com hidróxi-entrecamadas (EHE), caulinita, gibbsita, sílica amorfa e quartzo (Wolt, 1994). A maioria das amostras concentra-se em torno

da linha de estabilidade da sílica amorfa, com indicação de supersaturação para a mesma em amostras com valor  $\text{pH}-1/3\text{pAl}$  baixo, enquanto que aquelas com valor alto mostram supersaturação com relação à esmectita. Esta distribuição está em acordo com a ocorrência de esmectita nos solos e as respectivas evidências de sua dissolução pela acidificação. Algumas amostras mostram subsaturação em relação à caulinita e a EHE, mas não há evidências de equilíbrio com a gibbsita, indicando que a formação desta última é pouco provável no sistema estudado.

Desta maneira o Al liberado na dissolução de argilominerais excedendo a de sulfato disponível para formar sulfatos de Al, em contato com drenagens menos ácidas, poderá gerar compostos amorfos tipo  $\text{Al}(\text{OH})_n$ . Estudos recentes indicam que esses compostos secundários podem ser importantes reguladores de metais tóxicos, por viabilizarem reações de adsorção/coprecipitação (Chapman e outros, 1983; Winland e outros, 1991), o que poderia explicar os baixos níveis desses elementos nas águas de drenagem dos solos construídos. Por outro lado, há indícios de que possam ter uma ação tóxica sobre peixes (Baker e Schofield, 1982). Entretanto, a presença de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , indicada pela supersaturação com relação à sílica amorfa poderá exercer uma ação protetora contra a toxidez de Al, possivelmente através da formação de hidróxi-Al silicatos não cristalinos (Lumsdon e Farmer, 1995). A formação desses compostos em contato com águas menos ácidas ( $\text{pH } 5$ ) é viável dado o alto teor de Si e Al liberado no intemperismo das esmectitas.

Também o equilíbrio do Fe pode ser significativamente modificado no sistema ácido-sulfatado, sendo o Fe dissolvido controlado pela solubilidade do sulfato de ferro, jarosita (Van Bremen e Harmsen, 1975). Entretanto, o teor de Fe em solução foi muito baixo na maioria das amostras, não viabilizando a construção de diagrama de solubilidade com relação à jarosita (observada em eflorescências). Esta baixa atividade do Fe em solução pode indicar o favorecimento da formação de goethita em vez de jarosita.

Estas diversas feições do sistema “solos construídos” exemplificam alguns dos mecanismos operantes na busca do “steady state” no ambiente natural, e indicam a temas para estudos mais aprofundados.

## **Variabilidade espacial**

No mapeamento de solos naturais é comumente utilizado o modelo de gênese do solo baseado nos fatores de estado (material de origem, clima, relevo, organismos vivos, tempo), pelo qual são relacionados os tipos de solos às feições da paisagem. Mas, quando os padrões naturais foram intensamente modificados pela ação humana, como é o caso nas áreas de mineração a céu aberto, torna-se difícil estimar a variação de um determinado atributo de solo apenas usando as feições externas da paisagem. Nestes casos, a análise geoestatística pode ser uma ferramenta útil para avaliar a variabilidade espacial dos solos.

A análise estatística clássica dos atributos de solo analisados mostra que os mesmos apresentam uma grande amplitude de variação (Tabelas 12 e 13), representando espacialmente o que foi constatado no conjunto dos perfis de solos BL2 e BL5. Deve ser lembrado que para a avaliação da variabilidade espacial foi amostrada apenas a camada

superficial de solo (0 - 20 cm). Entretanto, em analogia ao verificado nos perfis de solos, pode-se supor que a cada camada subsuperficial corresponderá uma variabilidade espacial própria, diferente da camada sobrejacente e da subjacente imediata.

Os resultados da análise estrutural (Tabelas 14 e 15) mostram que o alcance (a) variou de 50 a 130 metros na área BL2 e de 30 a 55 metros na área BL5, indicando que o espaçamento de amostragem utilizado (10 m) foi adequado para captar a relação espacial dos atributos de solos. Os patamares ( $C+C_0$ ) são próximos às respectivas variâncias, mostrando que a distribuição dos atributos é estacionária. Entretanto, observa-se um elevado efeito pepita para alguns atributos, o que provavelmente decorre de variabilidade em distâncias menores do que o intervalo de amostragem arbitrado. A partir das informações dos semi-variogramas podem ser construídos mapas temáticos para os diversos atributos de solo analisados.

## **Pedogênese e classificação dos solos**

Quando se considera isoladamente cada perfil de solo construído, a irregularidade das funções profundidade nas propriedades morfológicas (vide 5.2.), físicas (vide 5.3.) e químicas (vide 5.4.) destaca a ausência do padrão pedogênico observado em solos naturais (Schneider *et al.*, 1996). Neste contexto, a formação desses solos é predominantemente antropogênica, com o predomínio da estratificação de camadas, refletindo as características do material de origem e do processo de construção. Entretanto, uma análise comparativa das propriedades dos solos construídos BL2, BL5 e RE15 demonstra uma evolução pedogênica previsível, representada por: decréscimos de pH, de cátions básicos (Mg, K e Na); aumentos de CE,  $SO_4$  solúvel, Al e Al+H; distribuição de Feo, Fed, Alo e Ald (vide 5.4.); alterações na composição da solução do solo (vide 5.7.) e na mineralogia (5.5.); além da formação incipiente de agregados estruturais em camadas dos solos RE15 (vide 5.2.).

As alterações observados nos solos BL5 e RE15 se identificam com o intemperismo ácido-sulfatado, mais recentemente denominado de *sulfurização*, definido como o processo pelo qual materiais contendo sulfetos são oxidados, com o conseqüente intemperismo de minerais pelo ácido sulfúrico produzido e a formação de novas fases minerais a partir dos produtos desta dissolução (Carson e outros, 1982; Fanning e Fanning, 1989).

Na sulfurização são considerados os estádios de (1) pré-sulfurização, onde a oxidação dos materiais sulfídricos está inibida, por exemplo devido a saturação contínua com água, ou, como observado nos solos BL2, pelo fato do material ter sido exposto ao ambiente oxidante muito recentemente; (2) sulfurização ativa, com  $pH < 3,5$ , presença de jarosita, qualificando o material como horizonte sulfúrico, como foi constatado nos solos BL5 e RE15; e (3) pós-sulfurização, onde os sulfetos estão completamente oxidados e o  $pH > 4$ , com presença de jarosita e gesso, estágio não constatado nos solos analisados no presente estudo.

Todos os perfis de solos BL5 e RE15 apresentaram feições de sulfurização ativa, na forma de camadas com  $pH < 3,5$ , presença de eflorescências salinas e eventualmente jarosita; por outro lado, entre os solos BL2, dos 6 perfis analisados, apenas uma camada apresentou  $pH < 3,5$ , enquanto que a ocorrência de eflorescências salinas foi generalizada.

Na Classificação Brasileira de Solos (Camargo e outros, 1987; EMBRAPA, 1988) as atuais definições de material sulfídrico, horizonte sulfúrico e solos tiomórficos, não prevêem sua aplicação a solos de áreas de mineração de carvão. Assim, novas definições são necessárias, em analogia ao Soil Taxonomy (EUA, 1992), conforme apresentam Fanning *et al.* (1993). Segundo definição recente (EUA, 1992), o horizonte sulfúrico tem espessura >15cm e é composto de material de solo mineral ou orgânico com pH <3,5 causado por ácido sulfúrico através de uma ou mais das seguintes evidências: (1) concentrações de jarosita, (2) materiais sulfídricos subjacentes, ou (3) 500 mg kg<sup>-1</sup> ou mais de sulfato solúvel em água. Assim, segundo o Soil Taxonomy (EUA, 1992), esses solos construídos são classificados como Sulfochrepts.

Nos solos BL5 e RE15, os valores de pH <3,5, a presença de eflorescências de sulfato de Fe<sup>2+</sup> e teores de 500 mg kg<sup>-1</sup> ou mais de sulfato solúvel em água indicam a ocorrência de horizonte sulfúrico. Além destes atributos, parâmetros como a CE (= indicadora dos sais solúveis) e o PA como indicativo de sulfetos, são úteis no diagnóstico do horizonte sulfúrico atual ou potencial. Devido a ausência de critérios apropriados para a classificação de solos construídos em área de mineração de carvão na Classificação Brasileira de Solos, sugere-se tentativamente o seu enquadramento como Antrossolos Tiomórficos, por apresentarem feições derivadas de construção antrópica à qual se superpõem processos pedogênicos incipientes de tiomorfismo.

Na maioria dos solos BL2 há um indicativo de processos oxidantes incipientes, visíveis na forma de mosqueados amarelos e freqüentes eflorescências esbranquiçadas, mas ainda sem acidificação acentuada; entretanto, o balanço (PN - PA) negativo confirma a presença de sulfetos em proporção suficiente para a formação de horizonte sulfúrico. Nesta situação, anteendo a sua evolução ("seta do tempo"), sugere-se a sua classificação como Antrossolos Pré-Tiomórficos.

## CONCLUSÕES

1 - Os solos construídos analisados no presente estudo correspondem ao período em que o equipamento disponível para o processo de mineração e a correspondente recuperação das áreas era do tipo "motoscraoper". A operação consistia na decapagem na frente de mineração seguida pela reposição do material decapado na área já minerada, num processo contínuo. Esta operação produziu uma inversão e mistura dos estratos geológicos, pelo qual foram trazidos para a superfície materiais (folhelhos carbonosos) com alto poder de acidificação.

2 - Os perfis de solos construídos são constituídos por uma sucessão de camadas de espessura variável, diferenciadas entre si pela coloração, normalmente com transições abruptas e onduladas. Apresentam alta densidade aparente, muito baixa porosidade, baixa condutividade hidráulica e baixa retenção de água. Estas características são resultantes do material e do processo de construção utilizados, e contribuem para a baixa resistência destes solos aos processos erosivos hídricos.

3 - Os solos apresentam tendência generalizada de acidificação a curto prazo, resultante da oxidação da pirita e compostos afins. O balanço entre o Potencial de Neutralização (PN) e o Potencial de Acidificação (PA) normalmente é negativo, indicando que a acidificação tenderá a persistir a longo prazo.

4 - Como consequência da acidificação ocorre a alteração de silicatos esmectícos, com a liberação de Al, cujo potencial em solução parece ser controlado por sulfatos de alumínio e por hidróxi-Al-silicatos. Assim, em função da insuficiência de carbonatos, os silicatos passam a atuar no tamponamento da acidez, originando neofomações minerais, cujo impacto ambiental deve ser melhor investigado.

5 - O conjunto das propriedades de solo analisadas mostrou ser o melhor critério para o monitoramento da evolução e do potencial do subsistema "solo construído". A qualidade do solo construído e seu potencial de uso dependem diretamente do material usado na sua construção. É, portanto, imprescindível a seleção na fase pré-mineração dos materiais adequados à comporem os solos na fase pós-mineração.

6 - Os solos construídos em áreas de mineração de carvão constituem obras antrópicas, sujeitas à evolução pedogênica sob processo de sulfurização, pelo qual é sugerida sua classificação como Antrossolos Tiomórficos e Pré-tiomórficos.

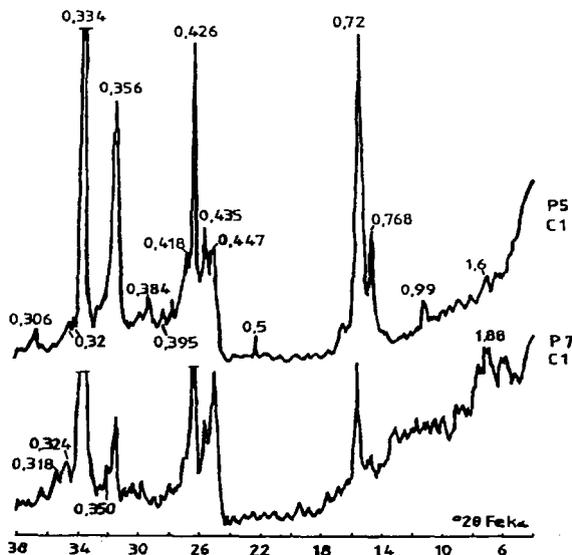


Figura 1. Difratogramas de raios X da fração terra fina de amostras selecionadas dos perfis BL2-7 e BL5-5. A identificação dos minerais consta no texto (valores em nanômetros).

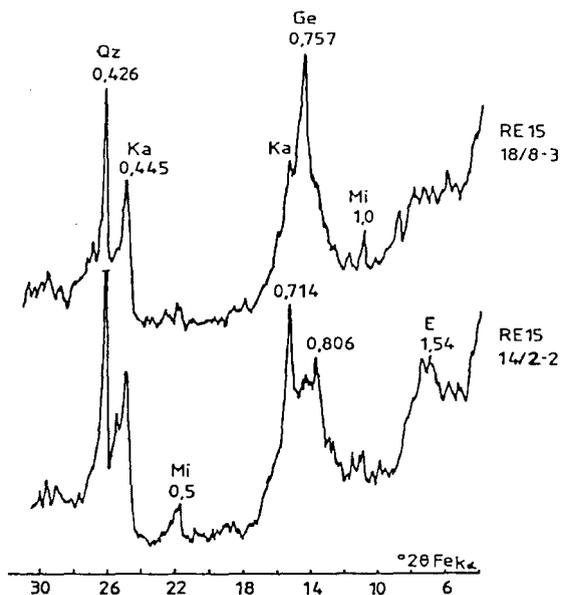


Figura 2. Difratoograma de raios X de amostras selecionadas dos perfis RE15-14 e RE15-18 (valores d em nanômetros; E: esmectita; Mi: mica; Ge: gesso; Ka: caulinita; Qz: quartzo)

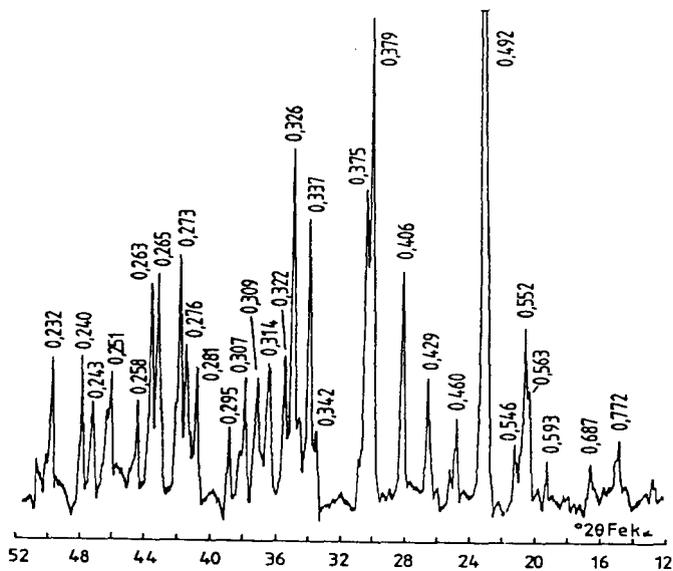


Figura 3. Difratoograma de raios X de efluorescências do perfil BL5-6. A identificação dos minerais consta no texto (valores d em nanômetros).

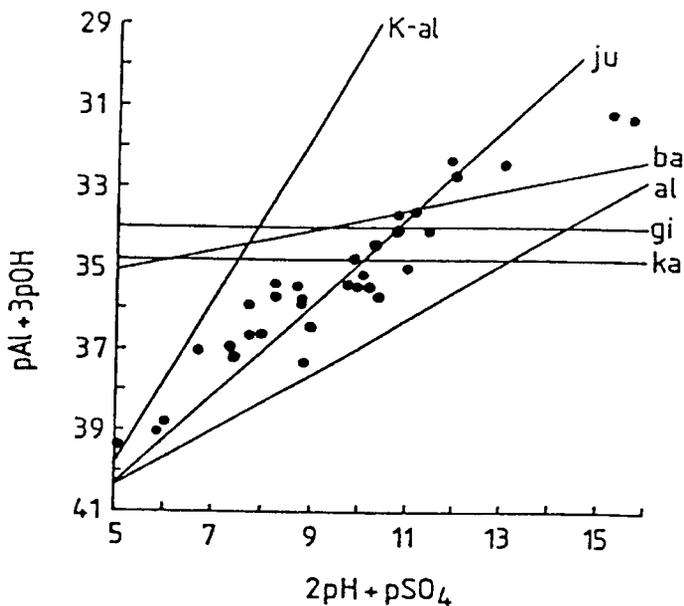


Figura 4. Diagrama de solubilidade das fases minerais que determinam o controle potencial do Al em solução. (K-al: K-aluminita; ju: jurbanita; ba: basaluminita; al: alunita; gi: gibbsita; ka: caulinita)

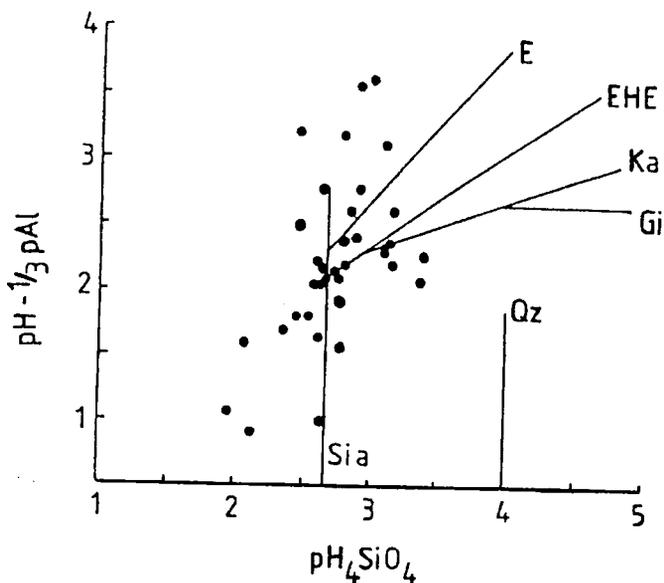


Figura 5. Diagrama de solubilidade das fases minerais que determinam o controle potencial de Al e do Si em solução. (E: esmectita; EHE: esmectita com hidróxi-Al entrecamadas; Ka: caulinita; Gi: gibbsita; Si a: sílica amorfa; Qz: quartz)

## DESCRIÇÃO DE PERFIS

Amostragem em 21/10/1993

Local: Mina Butiá-Leste da COPELMI, em área da DELAPIEVE

Participantes: Paulo Schneider, Nestor Kämpf

Solos construídos e vegetados com acácia e eucalipto. Desenvolvimento de vegetação espontânea na forma de touceiras de gramíneas e maricá. Aproximadamente 70% da área descoberta, com grande quantidade de formigueiros.

### PERFIL BL5-3

Local: voçoroca situada na direção norte em relação à estrada paralela à BR-290, a partir do acacial mais desenvolvido.

Vegetação: eucalipto com altura aprox. de 2,5m; touceiras esparsas de gramíneas.

Camada 3/1 - 0 - 12/19cm; variegados 2,5YR 3/6; 7,5YR 5/8; 10R 4/6; 2,5YR 3/0; 7,5YR 2/0; inclusões de 5Y 7/1.

Camada 3/2 - 12/19 - 20/32cm; camada com evidências de gleização 5Y 7/1, e variegado 2,5Y 6/5; 10YR 5/6; 2,5YR 4/5.

Camada 3/3 - 20/32 - 34/45cm; matriz 2,5Y 3,5/0; mosqueado pouco pequeno e médio proeminente 2,5YR 4/6.

Camada 3/4 - 34/45 - 55cm+; matriz 2,5Y 3,5/0 e 10YR 4/1; variegado 10YR 5,5/8; 2,5YR 4/6.

Obs.: Na camada 4 em contato com a lâmina de água no canal da voçoroca havia em determinados pontos liberação de material amarelo 10YR 7/8.

Foi feita coleta de anéis para determinação da densidade do solo, pois apresenta aspecto de maciço.

### PERFIL BL5-4

Local: voçoroca a aproximadamente 30m do Perfil 3.

Vegetação: eucaliptos, superfície desnuda

Camada 4/1 - 0 - 5/11cm; matriz 5YR 4/3; variegado 2,5YR 4/8; 10YR 5/8; superfície com fragmentos de folhelho carbonoso preto esparso, alguns fragmentos de carvão com pirita.

Camada 4/2 - 5/11 - 17/22cm; matriz 2,5Y 3/0 (dominante); 2,5Y 2/0; 5Y 4/1; mosqueado 2,5Y 5/4 e 10YR 5/8; fragmentos de folhelho carbonoso na massa da camada.

Camada 4/3 - 17/22 - 30/39cm; matriz 2,5Y 4/0; 1Y 3/0; mosqueado 3YR 3/6.

Camada 4/4 - 30/39 - 51cm+; matriz 10YR 4/1; 2,5Y 4/4; revestimentos 4YR 3/4 em faces de agregados ou fendas; contém cascalhos cortáveis de folhelho carbonoso.

Obs: coleta de anéis para determinação da densidade do solo.

#### PERFIL BL5-5

Local: voçoroca, local com aproximadamente 1m de profundidade.

Vegetação: eucalipto, vassoura branca, touceiras de gramíneas; aproximadamente 70% da superfície descoberta.

Camada 5/1 - 0 - 17/25cm; variegado e mosqueados 5YR 4,5/3; 5YR 4/1; 7,5YR 5/6; 10YR 5/1,5; 10R 4/8.

Camada 5/2 - 17/25 - 42/47cm; folhelho carbonoso, matriz 5Y 5/1,5 (dominante); 7,5YR 2/0; mosqueados pequenos 5YR 4,5/3; 10R 4/8.

Camada 5/3 - 42/47cm - 68/71cm; matriz 10YR 4/6 e 10YR 5/6 (dominantes); 10YR 4/2; 10YR 6/2; 10R 4/8.

Camada 5/4 - 68/71 - 90cm+; matriz 2,5Y 4/0; mosqueados difusas 5Y 4/2; fragmentos de folhelho carbonoso; slickensides (?).

Obs: Na superfície presença esparsa de calhaus de quartzo e calcedônia (?).

#### Butiá-leste 28/10/93

Participantes: Paulo Schneider, Nestor Kämpf, Luiz F.S. Pinto, Leonardo Guimarães (BIC-PROPESP)

#### Perfil BL5-6

Local: Voçoroca, após o perfil 5.

Vegetação: eucalipto, vassoura, touceiras de gramíneas.

Camada 6/1 - 0 - 28cm: variegado 10YR 4/3, 5/2, 4,5/6; 7,5YR 4/4; 2,5Y 3/0; 5Y 3/1.

Camada 6/2 - 28 - 47cm; variegado 2,5Y 3/0; 10YR 4/1 e 6/1; mosqueados 10YR 5/8; 7,5YR 4/6. Fragmentos de folhelho carbonoso.

Camada 6/3 - 47 - 68/72cm; fundo 10YR 3,5/1; inclusões de material 7,5YR 4/7; 10YR 5/1,5; 7,5YR 2/0; pouco 10R 4/6; fragmentos de folhelho carbonoso.

Camada 6/4 - 68/72 - 85/88; inclusão 1: variegado 7,5YR 5/8, 10YR 6/2,5, 10R 4/7; inclusão 2: 2,5Y 2,5/0 e 5Y 3,2 contendo pequenos cristais de pirita; inclusão 3: 5Y 3/1, 10YR 4/4; 7,5YR 5/8.

Camada 6/5 - 85/88 - 120cm: fundo 10YR 4,5/1; mosqueado 10YR 6/1, 4/6 e 5/8; inclusões de folhelho carbonoso 2,5Y 2,5/0.

#### PERFIL BL2-7

Local: Voçoroca, a 30m da estrada paralela à BR-290, aproximadamente na primeira curva. Área a direita da estrada de acesso à sede.

Vegetação: densa de gramíneas, acácia.

Camada 7/1 - 0 - 7cm; 2,5YR 3/4, 2,5/4 e 3/2; com cascalho de quartzo; transição abrupta e plana.

Camada 7/2 - 7 - 28cm; adensado; 2,5Y 3,5/0; mosqueado pouco 2,5Y 5/4 e 10YR 6/8; inclusões de 2,5YR 4/2; domina argilite (r).

Camada 7/3 - 28 - 47/53cm; 5Y 4,5/1 e 3/1; mosqueado abundante 2,5Y 5/6 e 6/8; 5Y 5/4.

Camada 7/4 - 47/53 - 66cm; dominante 2,5Y 3/0; 2,5Y 2/0; blocos de folhelho carbonoso; transição abrupta.

Camada 7/5 - 66 - 75cm; 5Y 5/2 e 4/1; mosqueados na parte superior 10YR 6/8, 7/4 e 7/5 (coleta em separado); mosqueados 1Y 6/8, 2,5Y 6/6 e 6/7; transição gradual.

Camada 7/6 - 75 - 90cm+; 5Y 4/1; 2,5Y 2,5/0 e 3/0; mosqueado pouco 2,5Y 6/7.

Amostragem em 04/11/1993

Local: Mina Butiá-Leste da COPELMI, em área da DELAPIEVE

Participantes: Paulo Schneider, Nestor Kämpf, Luiz F.S.Pinto

#### PERFIL BL2-8

Local: Área à direita da estrada de acesso à sede. Voçoroca à direita do Perfil 7, no sentido do dreno do açude.

Vegetação: gramíneas e acácia; desnuda no local, com fragmentos de carvão na superfície. Erosionado.

Camada 8/1 0 - 9/20cm; mistura de materiais; mais freqüente 2,5Y 3/0 e 2/0; 7,5YR 3/4; 2,5YR 4,5/4; 10YR 5/8; 10R 4/6; 10YR 5,5/2; transição clara e irregular.

Camada 8/2 9/20 - 43/45cm; aparência estriada, estrutura laminar (?); variegado 7,5YR 5/8; 10R 4/6; 10YR 6/8; 10YR 7/2,5; raros fragmentos de folhelho carbonoso 2,5Y 3/0. Transição abrupta e ondulada.

Camada 8/3 43/45 - 70cm+; fundo 5Y 33,5/1; mosqueado 2,5Y 3/0; 5Y 6/6; 10R 4/6.

Obs.: fragmentos de carvão na superfície.

#### PERFIL BL2-9

Local: Voçoroca, ao sul do Perfil 7; vegetação de gramíneas e acácia.

Camada 9/1 0 - 8/12cm; variegado 2,5YR 4/6; 10R 4/4; 10YR 5/1; 5Y 5/2. Transição abrupta e ondulada.

Camada 9/2 8/12 - 16/23cm; 2,5Y 2,5/0; estrias 2,5Y 5/2. Transição abrupta e ondulada.

Camada 9/3 16/23 - 48/53cm; maciço; fundo 10YR 4/1 e 7,5YR 4/4; variegado vermelho pequeno. Transição abrupta e ondulada.

Camada 9/4 48/53 - 62/66cm; variegado constituído pelas inclusões 2,5Y 2,5/0, 5/4, 5/0 e 6/6; 10R 4/6. Transição clara e ondulada.

Camada 9/5 62/66 - 69/74cm; 10R 3/2; mosqueados 10YR 5/8, 4/6 e 5/4. Transição abrupta e ondulada.

Camada 9/6 69/74 - 80/85cm; variegado (inclusões) 5Y 6/1; 10R 4/8; 2,5Y 6/6 e 4/0; transição abrupta e ondulada.

Camada 9/7 80/85 - 86/91cm; 5Y 3,5/1; mosqueados 2,5Y 7/8; 10R 4/3; 2,5YR 4/2 e 4/8; 2,5Y 5/2 e 2,5/0. Transição clara e ondulada.

Camada 9/8 86/91 - 99/102cm; variegado 5Y 6/3; 7,5YR 4,5/6; 10YR 6/1; 10R 4/3 e 4/8; calhaus duros de folhelho carbonoso 2,5Y 2,5/0. Transição abrupta e ondulada.

Camada 9/9 99/102 - 110/114cm; fundo 2,5Y 3,5/0 e 3/0; mosqueado pouco 5YR 5/6; 2,5Y 6/8; calhaus cortáveis de folhelho carbonoso, esverdeados. Transição abrupta e ondulada.

Camada 9/10 110/114 - 124cm+; variegado 10YR 7/3 e 6/8; 5Y 6/3; 2,5YR 5/4 e 4/6; 7,5YR 3/0.

#### PERFIL BL2-10

Local: Voçoroca no final da “várzea”, a 25m do dreno, e aproximadamente 40m do riacho.

Vegetação: gramíneas.

Camada 10/1 0 - 18/23cm; 10YR 3,5/2; misturado com porções 2,5Yr 4/4; na transição ocorre 10YR 6,5/1; mosqueado 10YR 5/8. Transição clara e irregular.

Camada 10/2 18/23cm - 40/46cm; 2,5Y 3/0 e 2,5/0; fragmentos de folhelho carbonoso. Transição clara e ondulada.

Camada 10/3 40/46cm - 70cm+; 5Y 5/2; mosqueados 10YR 5/6; 10R 3,5/1.

#### PERFIL BL2-11

Local: estrada de acesso à sede, na primeira curva à esquerda, a aproximadamente 10m da estrada. Voçoroca paralela à estrada.

Camada 11/1 0 - 13/17cm; 2,5YR 3/2; mosqueados 2,5YR 4/8 e 4/6; 5YR 4/4; poucas inclusões 2,5YR 3/0; cascalho de quartzo comum; transição abrupta e irregular.

Camada 11/2 13/17 - 27/32cm; fundo 5Y 5/1; inclusões de folhelho carbonoso 2,5Y 3/0 e 4/0; mosqueado comum 2,5Y 6/6; 5Y 5,5/4. Transição abrupta e ondulada.

Camada 11/3 27/32 - 38/42cm; fndo 2,5Y 5,5/2; mosqueado abundante 2,5Y 6/8 e 10R 3/6. Transição abrupta e ondulada.

Camada 11/4 38/42 - 58/80cm; fundo 2,5Y 6,5/2; folhelho 2,5Y 8/2; mosqueado abundante 2,5Y 6/4, 6/6 e 7/6; 10YR 6/8; 10R 3/6. Transição clara e irregular.

Camada 11/5 58/80 - 86cm+; variegado 2,5YR 4/8; 10YR 6,5/2; 2,5Y 7/2 e 7/5; inclusão de folhelho carbonoso 2,5Y 3/0.

#### PERFIL BL2-12

Local: Voçoroca, cabeceira a leste do Perfil 11, margeando a área plantada com acácia. Vegetação de gramíneas.

Camada 12/1 0 - 13/19cm; fundo 5YR 3/4; variegados pequenos e mosqueados médios, 7,5YR 5/8; 10R 4/8; 5Y 6/3; 2,5Y 3/0. Transição abrupta e ondulada.

Camada 12/2 13/19 - 22/27cm: fundo 2,5Y 3/0; mosqueados 10YR 6/6 e 5/6; 2,5YR 4/6; Transição abrupta e ondulada.

Camada 12/3 22/27 - 35/42cm: fundo 4YR 4,5/4; mosqueado comum 5Y 6/5; pouco 2,5Y 5/6; transição abrupta e ondulada.

Camada 12/4 35/42 - 64cm; fundo 2,5Y 6/5; mosqueado 10YR 6/8; 7,5YR 5,5/8; 2,5YR 4/4; 5Y 6,5/2; transição abrupta e plana.

Camada 12/5 64 - 90cm+; fundo 5Y 3/1; mosqueados poucos 2,5YR 4/6; 2,5Y 5/4; 5Y 4/3,5; fragmentos de folhelho carbonoso 2,5Y 3,5/0 e 3/0.

Obs.: coleta de amostras para densidade do solo.

## PERFIL REFERÊNCIA SOLO NATURAL EM BUTIÁ-LESTE

Local: Trincheira, mata de eucalipto situada entre as áreas de 2 e 5 anos, a 15m da estrada interna; declive 2%; bem drenado.

Material de origem: sedimentos de granito

Classificação: Podzólico Vermelho Escuro (?)

Data: 24/01/1995; Paulo Schneider, Nestor Kämpf, Elvío Giasson.

A 0 - 17cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); argila arenosa; moderada, médios e grandes blocos subangulares; friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico; transição plana e gradual; raízes comuns.

AB 17 - 33cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 2,75/4, úmido); argila arenosa; moderada, médios e grandes blocos subangulares; friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico; transição plana e gradual.

BA 33 - 57cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); argila; moderada, médios e grandes blocos subangulares; friável, ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; superfícies foscas comuns; muito poroso; transição plana e gradual.

B 57 - 99cm; bruno avermelhado escuro a vermelho escuro (2,5YR 3/5, úmido); argila com cascalho; moderada, médios e grandes blocos subangulares; friável, ligeiramente pegajoso, ligeiramente plástico; superfícies foscas comuns; muito poroso; raízes poucas; transição plana e gradual.

B/C 99 - 150cm+; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); argila cascalhenta; moderada, pequenos e médios blocos subangulares; friável e muito friável em bolsões com caráter latossólico; ligeiramente pegajoso e ligeiramente plástico; contém *clay balls* e nódulos de ferro; muito poroso. Contém partes de material de horizonte C.

Descrição dos perfis de solos construídos coletados na Mina do Recreio - COPELMI, Butiá. Idade dos solos aprox. 15 anos.

#### PERFIL RE15-13

Localização: área de Pinus com 7m de altura, lado esquerdo da estrada de acesso. Cabeceira de voçoroca.

Data: 28/09/95

Equipe: Paulo Schneider, Nestor Kämpf, Élvio Giasson, Luis F.S. Pinto.

Camada 13/1 0 - 20/25cm; 5YR 4/4 com mosqueado abundante, médio 10R 4/8; torrões, moderada, médios e grande blocos subangulares e muito pequena granular; torrões muito firme, granular friável; muitas raízes.

Camada 13/2 36/41cm; 10YR 2,5/1, com ocorrência de fragmentos de carvão 7,5YR 2/0, com mosqueado 7,5YR 5/8 abundante, material amarelado 2,5Y 4/4 e 10YR 5/8; grãos e pedaços de folhelho carbonoso laminares; friável; raízes comuns. Coleta de amostra amarela e preta.

Camada 13/3 46/50cm; 10YR 6/1 com mosqueado pouco 10YR 6/8 e 10R 4/8; maciço; poucas raízes.

Camada 13/4 57/63cm; 2,5Y 2/0; moderada, fragmentos de carvão na forma de moderada blocos subangulares pequenos e médios: friável.

Camada 13/5 70/75cm; 10YR 6/1 com estrias 10YR 4/8 abundantes; maciço.

Camada 13/6 75/79cm; 2,5Y 6/6; fraca, laminar e blocos subangulares.

Camada 13/7 84 cm; 2,5y 4/2 com mosqueados comuns 2,5Y 3/0; fraca pequenos e médios blocos subangulares; friável.

Camada 13/8 94cm+; 10YR 6/1 com mosqueados abundantes, grandes 10YR 6/8 e raros 10R 4/0; fraca, médios e grandes blocos subangulares; plástico.

#### PERFIL RE15-14

Localização: voçoroca, Pinus com 10m de altura, cobertura de 100% por acículas. Lado direito da estrada de acesso.

Camada 14/1 0 - 28cm; (material de solo) 5YR 3/2,5, mosqueado 5YR 4/4; cascalho; moderada, médios blocos subangulares que se desfazem em pequena granular; friável; raízes abundantes; transição abrupta e plana.

Camada 14/2 55/60cm; 10YR 3/1 moderada médios e grande blocos subangulares; mosqueados 10YR 6/6 menos estruturada com blocos de siltito; friável; raízes comuns.

Camada 14/3 61/90cm; 10YR 4/2 e 3/1 (dominantes) com mosqueados 10YR 7/6 e 2,5YR 4/2; moderada pequenos e médios blocos subangulares; friável; transição abrupta, inclinada e descontínua; raízes comuns.

Camada 14/4 90cm (cunha); variegado 10YR 7/1, 7/8, 2,5Y 5/6, 6,5/4, 10YR 4/6, 2,5YR 4/2; fraca, torrões e pequenos e grandes blocos subangulares; raízes poucas.

Camada 14/5 90 - 105cm+; 10YR 7/8 (dominante), 2,5Y 7/2 e 6,5/6, 2,5YR 5/6 poucos; inclusão 2,5YR 4/2, 10R 4/6, 2,5YR 3,5/2; maciço; raízes raras.

#### PERFIL RE15-15

Localização: talhão de acácia com 10m de altura; cabeceira de voçoroca.

Camada 15/1 0 - 13cm; 10YR 3/1 e 4/1; moderada pequena granular e média blocos subangulares; friável; transição plana e abrupta; raízes abundantes.

Camada 15/2 33cm; 10YR 3,5/1 e 2,5Y 4/4; laminar de folhelho e alguns blocos subangulares; firme; transição plana e abrupta; raízes muitas.

Camada 15/3 49cm; fundo 2,5Y 3/0; variegado 2,5Y 5/4, 10YR 5/8, 2,5YR 6/5; moderada blocos subangulares e alguns laminares de folhelho; firme, friável; transição plana e abrupta; raízes comuns.

Camada 15/4 58/61cm; 2,5Y 2,5/0, 10YR 4/1; fraca, pequenos e médios blocos subangulares; muito friável; transição plana e abrupta; raízes poucas.

Camada 15/5 67/73cm; 2,5Y 3,5/0 e 5/2; fraca médios e pequenos blocos subangulares e poucos torrões de folhelho; friável; transição plana e abrupta; raízes poucas.

Camada 15/6 77/81cm; 2,5Y 2,5/0 e 4/2, 2,5YR 4/2 e 4/6, 5YR 8/2, 10YR 6/6; fraca pequenos e médios blocos subangulares e pedaços de siltito; transição plana e abrupta; raízes poucas.

Camada 15/7 95cm+; 2,5Y 4/2 e 10YR 6/6; fraca médios e grandes blocos subangulares; firme; raízes poucas.

#### PERFIL RE15-16

Localização: trincheira na extrema direita da área; Pinus esparsos.

Data: 02/10/95

Camada 16/1 0 - 12/20cm; 7,5YR 4/2, mistura com material de 16/2; fraca, pequena granular e média blocos subangulares; friável; transição ondulada e abrupta; raízes comuns.

Camada 16/2 20/40cm; 5YR 3,5/1 e 10YR 5/2; mosqueados abundantes 10R4/6 e poucos 10YR 5/8; maciço; transição ondulada e abrupta; raízes comuns.

Camada 16/3 47/54cm; 10YR 6/2; mosqueados abundantes e grandes 10YR 6/8 e 5/8; blocos subangulares; friável; transição ondulada e abrupta; raízes poucas.

Camada 16/4 50/66cm; 10YR 6/2; mosqueados pequenos e comuns 2,5YR 4/8; maciço; transição descontínua e abrupta; raízes raras.

Camada 16/5 79cm; 10YR 4,5/1; fragmentos de carvão 2,5Y 3/0; mosqueados comuns 2,5Y 5/4; fragmentos de siltito 2,5Y 2,5/0; maciço; transição plana e abrupta; raízes raras.

Camada 16/6 87/92cm; 2,5Y 2/0; fragmentos finos de siltito e carvão; friável; raízes raras.  
Camada 16/7 105cm+; variegado 2,5Y 5/2, 6/8 e 3/0 (fragmentos de siltito) e 2,5YR 4/6; maciço; raízes raras.

#### PERFIL RE15-17

Localização: à esquerda da estrada de acesso, no final da área, barranco; Pinus antigo.

Camada 17/1 0 - 11/17cm; 5YR 5/3, mosqueado 2,5YR 4/6, inclusões 5YR 6/2; fraca, médios e grandes blocos angulares e subangulares; transição ondulada e abrupta; raízes abundantes.

Camada 17/2 27cm; 5YR 4/2,5; mosqueado grande e abundante 5YR 5/8, pequeno 2,5YR 4/6; inclusão 5YR 5,5/1; fraca, médios e grandes blocos subangulares, algumas laminares; estrias; firme; transição abrupta e plana; raízes abundantes.

Camada 17/3 40/47cm; 10YR 4/1 e 3/1; mosqueado abundante, médio e grande 10YR 5/6 e 5YR 4/6; fragmentos laminares de siltito; fraca blocos subangulares; firme; transição abrupta e plana; raízes comuns.

Camada 17/4 64/72cm; 5Y 3/1 e 3,5/1; mosqueado pouco pequeno 5YR 5/8; blocos de siltito e laminares; moderada médios e pequenos blocos subangulares; friável; transição ondulada e abrupta; raízes poucas.

Camada 17/5 96cm; 10YR 3/1; mosqueado abundante 10YR 5/8 e 5YR 5/8; fraca pequena blocos subangulares, alguns cascalhos de siltito; friável; transição abrupta e plana; raízes poucas.

Camada 17/6 96 - 108cm; 5Y 3,5/1 e 3/1; mosqueado raro pequeno 10YR 5/6; estrutura similar a 17/5; friável; transição abrupta e plana.

Camada 17/7-1 116cm; 5Y 3/1; mosqueado 10YR 5/6 pouco e pequeno; estrutura similar a 17/5; friável; transição abrupta e plana.

Camada 17/7-2 116/119cm; 2,5Y 5/6.

Camada 17/8 140cm+; 10YR 3.5/1; blocos de silito entrecamadas com material 17/7.

#### PERFIL RE15-18

Localização: lado esquerdo da estrada de acesso, afastado aprox. 10m; voçoroca. Pinus esparsos.

Camada 18/1 0 - 9/13cm; 2,5YR 3/5; fraca, pequenos, médios e grandes blocos subangulares; friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/2 14/18cm; 7,5YR 4,5/3; fraca pequena granular, pequenos e médios blocos subangulares; friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/3 19/22cm; 10YR 3/1; mosqueados 10R 4/6 e pouco 10YR 5/8; fraca pequena granular e pequenos e médios blocos subangulares; friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/4 26/39cm; 10YR 3/1 e 2,5Y 3/0; inclusões 10R 4/8, 10YR 5/1 e 5/8; fraca, médios e grandes blocos angulares e subangulares; firme, friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/5 47/52cm; fundo 2,5Y 2/0 e 3/0; 2,5Y 5/2; 10R 4/8 comum e 10YR 6/8 pouco; maciço (preto e vermelho); transição abrupta e ondulada.

Camada 18/6 50cm; 5YR 4/1 e 10YR 7/1; estriado 10R 4/8; maciço (vermelho e cinza); transição plana e abrupta.

Camada 18/7 56/59cm; preto 2,5Y 2/0 e 10YR 6,5/1; fragmentos de carvão e silito; friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/8 89/94cm; 5Y 4/1; transição para 18/7 2,5Y 4/2 e 5/4, com mosqueado 7,5YR 5/8; fraca, pequena, média e grande blocos subangulares; friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/9 109/114cm; 2,5Y 3/0, mosqueado 5Y 4/1; fraca blocos subangulares e cascalhos de silito; friável; transição abrupta e ondulada.

Camada 18/10 125cm; preto 2,5Y 2/0; fraca, pequenos, médios e grandes blocos subangulares, fragmentos de silito e folhelho carbonoso; friável; transição abrupta e plana.

Camada 18/11 135cm+; amarelo 10YR 6/8, mosqueado comum e grande 10YR 7/1; maciço.

**Tabela 1**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLOS CONSTRUÍDOS,**  
**2 ANOS APÓS CONSTRUÇÃO, NA MINA BUTIÁ-LESTE.**

Camada	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	AD <sup>(1)</sup>	Silte / argila	DS <sup>(2)</sup>	DP <sup>(3)</sup>	Porosidade	Kv <sup>(4)</sup>	Kh <sup>(5)</sup>	Ki <sup>(6)</sup>
	cm	g kg <sup>-1</sup>						kg dm <sup>-3</sup>		m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>	cm.h <sup>-1</sup>	cm.h <sup>-1</sup>	cm.h <sup>-1</sup>
<b>Perfil BL2-7</b>													
7/1	0-7	110	170	200	520	20	0,38	1,89	2,13	0,12	1,13	1,20	1,16
7/2	-28	0	100	460	440	260	1,04	1,77	2,13	0,17	0,02	<0,01	0,01
7/3	-47/53	0	50	450	500	340	0,90	1,64	2,06	0,20	<0,01	0,02	0,02
7/4	66	0	100	500	400	200	1,25	1,57	2,07	0,24	0,02	0,03	0,02
7/5	-75	0	20	340	640	380	0,53	1,45	2,19	0,34			
7/6	-90+	0	30	510	460	240	1,11	1,65	2,37	0,30			
<b>Perfil BL2-8</b>													
8/1	0-9/20	10	110	470	410		1,14	1,49	2,21	0,32			
8/2	-43/45	30	320	390	260		1,50	1,85	2,43	0,24			
8/3	-70+	40	310	250	400		0,62	1,65	2,20	0,25			
<b>Perfil BL2-9</b>													
9/1	0-8/12	40	180	280	500		0,56	1,42	2,20	0,35			
9/2	-16/23	10	50	330	610		0,54	1,46	2,08	0,30			
9/3	-48/53	70	530	200	200		1,00	1,91	2,18	0,12			
9/4	-62/66	20	40	520	420		1,24	1,53	2,14	0,28			
9/5	-69/74	30	180	250	540		0,46						
9/6	-80/85	10	200	380	410		0,92						
9/7	-86/91	10	200	310	480		0,64						
9/8	-99/102	0	70	430	500		0,86						
9/9	-110/114	10	150	340	500		0,68						
9/10	-124+	10	210	320	460		0,69						
<b>Perfil BL2-10</b>													
10/1	0-18/23	100	600	100	200		0,50	1,67	2,35	0,29			
10/2	-40/46	0	320	380	300		1,27	1,71	2,25	0,24			
10/3	-70+	0	320	380	300		1,27	1,67	2,19	0,24			
<b>Perfil BL2-11</b>													
11/1	0-13/17	30	400	230	340		0,68	1,73	2,18	0,21			
11/2	-27/32	0	170	470	360		1,30	1,56	2,10	0,26			
11/3	-38/42	10	140	330	520		0,61	1,53	2,56	0,40			
11/4	-58/80	0	120	280	600		0,47	1,44	2,30	0,37			
11/5	-86+	40	210	270	480		0,56	1,41	2,12	0,33			
<b>Perfil BL2-12</b>													
12/1	0-13/19	50	430	220	300		0,73	1,39			7,09	1,04	2,72
12/2	-22/27	0	240	440	320		1,37	1,62			<0,01	<0,01	<0,01
12/3	-35/42	0	220	230	440		0,52	1,31			0,09	0,01	0,03
12/4	-64	0	240	280	480		0,58	1,44			0,01	<0,01	<0,01
12/5	-90+	0	250	410	340		1,20	nd					

<sup>(1)</sup> argila dispersa em água; <sup>(2)</sup> densidade do solo; <sup>(3)</sup> densidade de partícula; <sup>(4)</sup> condutividade hidráulica vertical; <sup>(5)</sup> condutividade hidráulica horizontal; <sup>(6)</sup> condutividade hidráulica isotrópica

**Tabela 2**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLOS CONSTRUÍDOS,**  
**5 ANOS APÓS CONSTRUÇÃO, NA MINA BUTIÁ-LESTE.**

Camada	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	AD <sup>(1)</sup>	Silte/argila	DS <sup>(2)</sup>	DP <sup>(3)</sup>	Porosidade	K <sub>v</sub> <sup>(4)</sup>	K <sub>h</sub> <sup>(5)</sup>	K <sub>i</sub> <sup>(6)</sup>
	cm	g.kg <sup>-1</sup>						kg.dm <sup>-3</sup>		m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>	cm.h <sup>-1</sup>		
Perfil BLS-3													
3/1	0-12/19	290	50	280	380	40	0,74	1,67	2,24	0,25			
3/2	-20/32	170	40	410	380	40	1,08	1,64	2,22	0,26			
3/3	-34/35	10	40	390	560	20	0,70	1,78	2,52	0,29			
3/4	-55+	20	70	310	600	20	0,52	1,60	2,20	0,27			
Perfil BLS-4													
4/1	0-5/11	60	290	270	380	20	0,71	1,65	2,21	0,25	1,80	0,07	0,35
4/2	-17/22	40	150	290	520	20	0,56	1,59	2,38	0,33	0,07	<0,01	0,01
4/3	-30-39	10	50	340	600	20	0,57	1,58	2,87	0,45	0,05	<0,01	<0,01
4/4	-51+	90	10	420	480	20	0,87	1,77	2,45	0,28	<0,01	<0,01	<0,01
Perfil BLS-5													
5/1	0-17/25	40	200	360	400	120	0,90	1,76	2,32	0,24	0,01	0,63	0,08
5/2	-42/47	60	10	370	560	40	0,66	1,72	2,14	0,20	<0,01	0,15	0,02
5/3	-68/71	70	370	280	280	40	1,00	2,03	2,26	0,10	<0,01	<0,01	<0,01
5/4	-90+	0	10	390	600	400	0,65	1,53	2,23	0,31	<0,01	<0,01	<0,01
Perfil BLS-6													
6/1	0-28	50	290	360	300	20	1,20	1,72	2,35	0,27			
6/2	-47	50	280	270	400	20	0,67	1,66	2,22	0,25			
6/3	-68/72	50	250	500	200	20	2,50	1,78	2,19	0,19			
6/4-1	-85/88	20	160	420	400	20	1,05	1,93	2,34	0,17			
6/4-2		100	440	420	40	20	1,50						
6/4-3		50	270	220	460	40	0,48						
6/5	-120+	20	140	320	520	60	0,61	1,81	2,28	0,21			

(<sup>1</sup>) argila dispersa em água; (<sup>2</sup>) densidade do solo; (<sup>3</sup>) densidade de partícula; (<sup>4</sup>) condutividade hidráulica vertical; (<sup>5</sup>) condutividade hidráulica horizontal; (<sup>6</sup>) condutividade hidráulica isotrópica

**Tabela 3**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLOS CONSTRUÍDOS,**  
**15 ANOS APÓS CONSTRUÇÃO, NA MINA RECREIO**

Camada	Profundidade	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	AD <sup>(1)</sup>	Silte/argila	DS <sup>(2)</sup>	DP <sup>(3)</sup>	Porosidade	K <sub>v</sub> <sup>(4)</sup>	K <sub>h</sub> <sup>(5)</sup>	K <sub>i</sub> <sup>(6)</sup>
	cm	g.kg <sup>-1</sup>							kg.dm <sup>-3</sup>		cm.h <sup>-1</sup>		
Perfil RE15-13													
13/1	0-20/25	4	1	67	28	0	2,39	1,62		0,28			
13/2-1	-36/41	13	9	31	47	0	0,66	1,43		0,35			
13/2-2													
13/3	-46/50	1	3	43	53	38	0,81	1,78		0,21			
13/4	-57/63	12	7	36	45	23	0,80	1,67		0,26			
13/5	-70/73	1	1	19	79	0	0,24	1,88		0,17			
13/6	-75/79	1	1	30	69	0	0,43						
13/7	-84	3	5	39	53	0	0,73						
13/8	-94+	0	1	34	64	0	0,53	1,91		0,16			

(Continuação da tabela 3)

Camada	Profundidade	Área grossa	Área fina	Súte	Argila	AD <sup>(2)</sup>	Súte/argila	DS <sup>(2)</sup>	DP <sup>(2)</sup>	Pocosidade	Kv <sup>(6)</sup>	Kh <sup>(6)</sup>	Ki <sup>(6)</sup>
Camada	Profundidade	Área grossa	Área fina	Súte	Argila	AD <sup>(2)</sup>	Súte/argila	DS <sup>(2)</sup>	DP <sup>(2)</sup>	Pocosidade	Kv <sup>(6)</sup>	Kh <sup>(6)</sup>	Ki <sup>(6)</sup>
	cm	g kg <sup>-1</sup>						kg dm <sup>-3</sup>		m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup>		cm h <sup>-1</sup>	
Perfil RE15-13													
13/1	0-20/25	4	1	67	28	0	2,39	1,62		0,28			
13/2-1	-36/41	13	9	31	47	0	0,66	1,43		0,35			
13/2-2													
13/3	-46/50	1	5	43	53	38	0,81	1,78		0,21			
13/4	-57/63	12	7	36	45	23	0,80	1,67		0,26			
13/5	-70/75	1	1	19	79	0	0,24	1,88		0,17			
13/6	-79/79	1	1	30	69	0	0,43						
13/7	-84	3	5	39	53	0	0,73						
13/8	-94+	0	1	34	64	0	0,33	1,91		0,16			
Perfil RE15-14													
14/1	0-28	2	2	40	39	26	1,00	1,93		0,15			
14/2-1	-55/60	2	2	34	62	34	0,55	1,88		0,37			
14/2-2													
14/3	-61/90	2	3	38	57	0	0,66	1,86		0,18			
14/4-1	-90	1	2	24	73	0	0,33	1,91		0,16			
14/4-2		16	19	27	38	19	0,71						
14/5	90-100	0	1	29	70	0	0,41						
Perfil RE15-15													
15/1	0-13	6	3	30	61	23	0,49	1,85		0,19			
15/2	33	0	1	32	67	0	0,48	2,29		0,01			
15/3	-49	2	3	32	63	0	0,51	1,84		0,19			
15/4	-58/61	0	2	43	55	0	0,78	1,84		0,19			
15/5	-67/73	0	2	51	47	0	1,08						
15/6	-77/81	2	3	46	49	0	0,94						
15/7	-85+	8	4	21	67	0	0,31	2,02		0,12			
Perfil RE15-16													
16/1	0-12/20	3	3	27	67	13	0,40	1,79		0,21			
16/2	-20/40	6	3	21	70	0	0,30	1,73		0,23			
16/3	-47/54	1	3	31	65	26	0,47						
16/4	-50/66	1	5	48	46	23	1,04	1,64		0,26			
16/5	-79	1	2	47	50	2	0,94						
16/6	-87/92	47	10	37	8	0	0,16						
16/7	-105+	0	1	39	60	0	0,65						
Perfil RE15-17													
17/1	0-11/17	3	3	27	67	0	0,40	1,82		0,20			
17/2	-27	2	3	23	72	15	0,32	1,61		0,28			
17/3	-40/47	0	2	33	65	0	0,51	1,95		0,15			
17/4	-64/72	0	2	34	44	0	1,23						
17/5	-96	0	1	32	67	0	0,48	1,99		0,13			
17/6	-108	0	1	51	48	0	1,06						
17/7-1	-116	0	1	39	40	0	1,47						
17/7-2	-119	0	1	44	55	41	0,80						
17/8	-140+	0	1	35	44	4	1,23						
Perfil RE15-18													
18/1	0-9/13	9	8	16	67	2	0,24	1,80		0,21			
18/2	-14/18	10	9	27	34	31	0,50						
18/3	-19/22	2	2	33	63	8	0,52						
18/4	-26/39	2	3	30	65	6	0,46	1,71		0,24			
18/5	-47/52	1	2	40	57	4	0,70						
18/6	-50	2	2	30	66	34	0,45						
18/7	-56/59	7	6	38	49	31	0,77						
18/8-1	-87/94	0	1	37	42	0	1,36	1,77		0,22			
18/8-2		0	1	61	38	2	1,40						
18/8-3		0	1	24	71	31	0,34						
18/9	-109/114	0	2	49	49	32	1,00						
18/10	-125	0	1	64	35	32	1,83						
18/11	-135+	0	1	24	75	0	0,32						

<sup>(1)</sup> argila dispersa em água; <sup>(2)</sup> densidade do solo; <sup>(3)</sup> densidade de partícula; <sup>(4)</sup> condutividade hidráulica vertical; <sup>(5)</sup> condutividade hidráulica horizontal; <sup>(6)</sup> condutividade hidráulica isotrópica

**Tabela 4**  
**RETENÇÃO DE ÁGUA (KG.KG<sup>-1</sup>) A DIFERENTES TENSÕES (MPa)**  
**APLICADAS NAS CAMADAS DE PERFIS SELECIONADOS**  
**COM DOIS (BL2) E CINCO (BL5) ANOS DE CONSTRUÇÃO**

Camada	Tensão (MPa)					
	0	0,01	0,05	0,1	0,5	1
	kg.kg <sup>-1</sup>					
	Perfil BL2-7					
7/1	0,312	0,195	0,168	0,154	0,131	0,123
7/2	0,355	0,307	0,292	0,280	0,253	0,247
7/3	0,386	9,350	0,323	0,309	0,277	0,267
7/4	0,396	0,350	0,323	0,309	0,277	0,267
	Perfil BL2-12					
12/1	0,342	0,256	0,233	0,221	0,198	0,194
12/1	0,248	0,222	0,210	0,205	0,189	0,186
12/3	0,406	0,383	0,368	0,357	0,327	0,322
12/4	0,321	0,306	0,300	0,282	0,258	0,254
	Perfil BL5-4					
4/1	0,280	0,160	0,132	0,122	0,097	0,095
4/2	0,299	0,251	0,235	0,224	0,203	0,202
4/3	0,272	0,243	0,228	0,224	0,205	0,203
4/4	0,239	0,224	0,213	0,205	0,186	0,184
	Perfil BL5-5					
5/1	0,219	0,166	0,147	0,139	0,126	0,125
5/2	0,236	0,188	0,171	0,162	0,147	0,141
5/3	0,242	0,218	0,199	0,190	0,173	0,168
5/4	0,302	0,282	0,265	0,261	0,232	0,219

**Tabela 5**  
**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS CONSTRUÍDOS,**  
**2 ANOS APÓS CONSTRUÇÃO, NA MINA BUTIÁ-LESTE.**

Camada	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	Al <sup>+</sup> -H	CTC	V	sAl	Corg	SO <sub>4</sub>	PN	PA	NC
	Perfil BL2-7																
7/1	4,43	0,12	3,08	1,91	0,36	0,21	5,56	3,23	8,99	14,55	38	37	0,91	136	4,0	5,1	11,8
7/2	8,30	0,29	19,97	12,76	0,90	1,06	34,69	0,00	0,00	14,69	100	0	1,39	216	10,0	4,1	0,0
7/3	7,69	0,31	17,24	12,03	0,90	1,72	31,89	0,00	0,41	32,30	99	0	0,63	158	13,3	6,9	0,0
7/4	7,93	0,41	20,03	11,50	0,81	1,72	34,06	0,00	0,34	34,40	99	0	5,33	210	14,7	4,2	0,0
7/5	5,27	0,93	15,24	11,14	1,22	1,72	29,32	0,19	2,14	31,46	93	0	0,35	648	9,3	3,1	0,0
7/6	6,87	0,88	17,49	12,21	0,77	1,51	31,98	0,05	0,83	32,81	97	0	0,35	844	10,7	3,8	0,0
	Perfil BL2-8																
8/1	5,70	0,96	17,40	18,96	1,04	1,76	39,16	0,00	1,43	40,59	96	0	0,49	632	14,0	8,1	0,0
8/2	3,56	0,72	2,42	1,57	0,16	0,09	4,24	1,89	4,67	8,91	47	30	0,10	432	1,3	0,3	6,7
8/3	2,78	1,08	0,98	0,00	0,13	0,06	1,17	4,88	13,43	14,60	8	81	2,10	748	0,0	5,2	18,3

(continuação da tabela 5)

Camada	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	Al+H	CTC	V	sAl	Corg	SO <sub>4</sub>	PN	PA	NC	
		dS.m <sup>-1</sup>	cmol.kg <sup>-1</sup>									%	g.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	kgCaCO <sub>3</sub>	t <sup>-1</sup>		
Perfil BL2-9																		
9/1	4,13	0,22	5,55	1,29	0,68	0,08	7,60	5,24	10,49	18,09	42	41	0,99	256	4,7	9,4	16-8	
9/2	3,96	0,52	2,66	3,33	0,55	0,13	6,67	3,33	7,62	14,29	47	33	0,71	234	6,7	10,0	9,8	
9/3	4,27	0,16	5,92	0,00	0,12	0,12	6,16	0,83	3,84	10,00	61	12	1,16	172	0,7	3,0	4,4	
9/4	4,07	0,00	2,85	1,97	0,48	0,25	5,55	2,10	5,54	11,09	50	27	1,12	520	4,0	6,5	8,1	
9/5	3,76	1,32	3,33	2,63	0,45	0,34	5,75	2,89	7,24	12,99	44	33	1,83	636	6,0	9,5	4,4	
9/6	4,03	1,50	3,77	3,46	0,17	0,56	7,96	2,10	3,69	11,65	68	21	0,37	752	7,3	10,3	5,4	
9/7	4,42	1,71	5,95	4,92	0,66	0,73	12,26	0,73	2,94	15,20	81	6	1,01	872	12-0	11,8	2,0	
9/8	4,31	1,84	5,25	4,79	0,68	1,29	12,01	1,27	4,22	16,23	74	9	0,52	816	4,0	4,5	1,6	
9/9	6,82	1,10	5,99	4,82	0,76	1,24	12,81	0,00	0,67	13,48	95	0	0,56	578	8,7	4,2	0,0	
9/10	4,15	0,98	nd	nd	0,63	0,77			2,20	5,66			0,67	428	2,7	3,9	4,9	
Perfil BL2-10																		
10/1	4,74	0,13	3,14	0,00	0,20	0,01	3,35	1,02	5,88	9,23	36	23	0,97	502	1,3	3,0	6,7	
10/2	8,32	0,15	9,17	4,24	0,86	0,56	14,83	0,00	0,00	14,83	100	0	0,20	168	8,0	3,8	0,0	
10/3	8,26	0,26	8,91	7,51	0,83	0,51	17,76	0,00	0,00	17,76	100	0	0,02	224	12-7	3,5	0,0	
Perfil BL2-11																		
11/1	4,65	0,13	4,36	0,99	0,35	0,06	5,76	1,61	4,45	10,21	56	22	0,90	276	2,0	4,0	5,4	
11/2	6,53	0,15	7,03	5,21	0,81	0,43	13,48	0,00	0,37	13,85	97	0	0,50	100	5,3	5,7	0,0	
11/3	4,98	0,08	5,62	1,28	0,41	0,25	7,56	3,13	6,14	13,70	55	29	0,12	60	0,7	4,4	11-8	
11/4	4,48	0,15	3,70	3,33	0,53	0,34	7,90	3,62	7,84	15,74	50	31	0,02	132	0,7	4,3	14-1	
11/5	4,58	0,35	3,48	2,42	0,48	0,30	6,68	2,05	5,66	12,34	54	23	0,98	228	2,7	4,7	8,1	
Perfil BL2-12																		
12/1	4,48	0,31	7,10	5,66	0,28	0,13	13,17	1,84	5,43	18,60	71	12	0,71	200	2,0	3,8	6,7	
12/2	4,54	0,56	14,76	14,96	0,60	0,34	30,66	1,89	5,35	36,01	85	6	0,81	338	4,0	4,9	6,7	
12/3	4,06	0,31	12,91	13,34	0,60	0,43	27,28	5,99	11,92	39,20	70	18	0,22	276	0,0	6,1	18-3	
12/4	4,41	0,06	11,55	12,24	0,38	0,34	24,51	6,77	12,07	36,58	67	22	0,20	160	0,7	7,3	19-8	
12/5	7,67	0,62	24,65	15,29	0,68	0,60	41,22	0,00	0,00	41,22	100	0	0,58	346	8,0	5,2	0,0	

SB: soma de bases; sAl: saturação por Al; PN: potencial de neutralização; PA: potencial de acidificação; NC: necessidade de calagem conforme método SMP.

**Tabela 6**  
CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS CONSTRUÍDOS,  
5 ANOS APÓS A CONSTRUÇÃO, NA MINA BUTIÁ-LESTE.

Camada	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	Al+H	CTC	V	sAl	Corg	SO <sub>4</sub>	PN	PA	NC
		dS.m <sup>-1</sup>	cmol.kg <sup>-1</sup>									%	g.kg <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>	kgCaCO <sub>3</sub>	t <sup>-1</sup>	
Perfil BL5-3																	
3/1	3,83	0,29	3,21	2,18	0,24	0,09	5,72	2,94	5,04	10,76	53	34	2,94	246	0,0	3,1	4,9
3/2	3,82	0,52	8,81	6,67	0,38	0,13	15,9-9	3,82	5,39	21,38	75	19	0,27	302	2,6	3,7	8,9
3/3	3,04	0,48	3,70	2,60	0,31	0,12	6,73	5,39	7,67	14,40	47	44	0,37	366	0,0	3,2	14-1
3/4	2,99	0,66	2,98	2,03	0,32	0,12	5,45	5,97	8,64	14,09	39	52	2,53	410	0,0	3,4	33-9

(continuação da tabela 6)

Camada	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	Al+H	CTC	V	+Al	Corg	SO <sub>4</sub>	PN	PA	NC
		dS m <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>							%	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	kg CaCO <sub>3</sub>	r <sup>-1</sup>			
Perfil BL5-4																	
4/1	2,30	1,44	0,36	0,11	0,10	0,03	0,60	6,86	11,55	12,15	5	92	1,90	732	0,0	3,5	18,-3
4/2	1,90	2,40	2,00	0,42	0,18	0,03	2,63	10,87	18,53	21,16	5	80	4,16	1070	0,0	6,3	21,-5
4/3	2,25	1,55	2,46	0,60	0,28	0,05	3,39	11,17	14,87	18,26	18	77	0,77	920	0,0	4,0	21,-5
4/4	2,86	1,24	5,71	1,51	0,38	0,07	7,67	10,48	13,00	20,67	37	58	0,48	964	0,0	4,7	19,-8
Perfil BL5-5																	
5/1	4,21	0,19	4,55	2,38	0,23	0,11	7,07	2,05	4,84	11,91	59	22	0,41	122	3,3	2,9	3,9
5/2	2,74	2,55	15,8-8	1,62	0,32	0,22	18,1-4	3,52	7,19	25,33	72	16	2,87	1340	0,7	6,3	8,9
5/3	3,90	0,51	3,85	1,52	0,12	0,16	5,65	1,13	2,97	8,62	65	17	0,18	302	2,6	2,5	1,3
5/4	7,60	0,57	24,7-0	9,59	0,42	0,68	35,3-9	0,00	0,48	35,87	99	0	0,45	236	6,0	2,0	0,0
Perfil BL5-6																	
6/1	2,80	2,10	4,00	1,34	0,12	0,14	5,60	2,84	7,05	12,65	44	33	0,27	1084	0,0	2,8	9,8
6/2	1,91	4,30	15,4-6	0,53	0,04	0,06	16,0-9	6,81	18,53	34,62	46	30	3,06	3950	0,0	4,0	31,-5
6/3	1,93	3,90	9,49	0,89	0,05	0,05	10,4-8	5,58	12,59	23,07	45	35	0,90	3170	0,0	2,4	21,-5
6/4-1	2,33	1,60	4,06	0,99	0,15	0,08	5,28	3,62	8,43	13,71	38	41	0,25	1072	0,0	3,1	15,-4
6/4-2	1,39	8,80	4,29	1,14	0,04	0,10	5,57	9,99	24,41	29,98	18	64	12,31	5472	0,0	66,6	44,-7
6/4-3	2,38	4,20	9,62	4,63	0,21	0,26	14,7-2	4,60	10,65	25,37	58	24	nd	nd	nd	nd	nd
6/5	2,18	2,40	7,71	2,39	0,17	0,38	10,6-5	2,64	8,09	18,74	57	20	2,61	1364	0,0	4,7	15,-5

**Tabela 7**  
**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE PERFIS DE SOLOS**  
**CONSTRUÍDOS HÁ 15 ANOS NA MINA DO RECREIO**

Camada	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	Al+H	CTC	V	+Al	Corg	SO <sub>4</sub>	PN	PA	NC
		dS m <sup>-1</sup>	cmol kg <sup>-1</sup>							%	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	kg CaCO <sub>3</sub>	r <sup>-1</sup>			
Perfil RE15-13																	
13/1	4,3	0,06	15,-8	2,6	0,51	0,28	19,9	8,5	15,1	34,3	58	31	8,9	>411,8	2,7	5,4	25,1
13/2	3,3	0,20	2,2	1,5	0,45	0,09	4,2	17,0	23,4	27,8	15	80	3,0	>316,4	0,0	6,3	39,1
13/2-1	3,2	0,24	1,3	0,9	0,37	0,04	2,6	13,9	27,1	29,7	9	84	40,1	261,6	0,0	7,8	45,4
13/3	4,3	0,11	4,8	2,9	0,43	0,09	8,2	12,6	16,1	24,3	34	60	3,2	68,5	0,0	3,6	26,8
13/4	3,1	0,35	3,1	1,7	0,28	0,14	5,2	6,8	27,1	32,3	16	57	77,8	94,2	0,4	2,9	45,4
13/5	3,6	0,45	7,0	22,-2	0,48	0,18	29,8	10,5	13,6	43,5	68	26	2,9	192,8	3,9	5,4	22,6
13/6	3,3	0,73	8,6	9,6	0,43	0,18	18,8	11,2	13,9	32,7	57	37	1,0	225,3	0,0	4,1	23,1
13/7	3,0	1,38	10,-7	7,0	0,43	0,23	18,3	6,6	14,1	32,5	56	26	25,4	389,9	3,9	6,4	23,5
13/8	3,8	1,29	11,-8	16,-2	0,46	0,56	29,0	2,4	6,8	35,8	81	8	0,3	336,7	3,5	4,5	11,1
Perfil RE15-14																	
14/1	5,1	0,02	3,7	2,5	0,48	0,14	6,8	0,7	7,0	13,8	49	9	13,0	14,0	2,7	0,7	11,4
14/2-1	4,7	0,05	14,-5	10,-0	0,46	0,18	25,1	1,2	6,5	31,6	79	4	11,6	29,1	5,5	4,8	10,5
14/2-2	3,2	0,25	6,5	2,4	0,34	0,09	9,3	12,5	15,4	24,7	38	57	8,6	269,4	0,0	5,5	25,6
14/3	3,6	0,19	8,0	2,5	0,40	0,09	11,0	10,5	17,3	28,3	39	49	15,6	227,8	2,2	5,5	28,8
14/4-1	4,0	0,41	11,-4	10,-9	0,37	0,14	22,8	3,4	8,5	31,3	73	13	2,6	186,5	3,1	5,4	14,0
14/4-2	3,4	0,28	5,9	3,7	0,43	0,09	10,1	7,6	11,1	21,2	48	43	4,4	111,4	2,4	3,7	18,4
14/5	4,3	0,31	11,-5	12,-7	0,40	0,14	24,7	2,5	5,0	39,7	83	9	0,6	17,3	4,9	3,8	8,1

(continuação da tabela 7)

Camada	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	SB	Al	Al+H	CTC	V	sAl	Org	SO <sub>4</sub>	PN	PA	NC
Perfil RE15-15																	
15/1	4,9	0,24	11,-6	8,8	0,54	0,23	21,2	0,4	4,0	25,2	84	2	9,3	87,9	3,9	4,8	6,4
15/2	4,1	0,34	9,7	5,7	0,37	0,14	15,9	2,9	3,9	19,8	80	15	2,5	222,8	3,1	4,0	9,6
15/3	3,4	0,27	5,0	3,3	0,34	0,09	8,7	10,4	17,6	26,3	33	54	21,0	174,6	0,0	5,2	29,4
15/4	3,5	0,61	6,5	3,8	0,40	0,09	10,8	9,2	16,2	27,0	40	46	30,8	>249,1	3,5	4,0	27,0
15/5	3,6	0,97	16,-2	7,7	0,51	0,18	24,6	6,4	13,2	37,8	65	21	15,4	386,8	1,2	4,6	21,9
15/6	3,4	2,10	10,-2	9,6	0,46	0,23	20,3	6,7	18,1	38,4	53	25	24,0	383,7	0,0	3,9	30,2
15/7	3,4	3,10	1,4	1,0	0,37	0,09	2,8	13,1	19,5	22,4	12	82	9,1	182,7	1,2	5,3	32,6
Perfil RE15-16																	
16/1	4,1	0,24	3,6	4,1	0,51	0,09	8,3	7,1	14,5	22,8	36	46	11,8	160,2	1,2	4,5	24,1
16/2	4,2	0,36	2,8	3,4	0,37	0,14	6,7	9,4	19,2	25,9	26	58	8,2	314,9	0,0	4,9	32,1
16/3	3,2	0,68	3,5	4,5	0,40	0,09	8,5	10,4	17,5	26,0	33	55	5,3	418,4	0,0	5,5	29,2
16/4	3,0	1,96	9,5	5,8	0,54	0,18	16,0	1,2	7,7	23,7	67	7	63,5	493,6	3,1	6,5	12,6
16/5	2,9	2,80	7,3	4,7	0,23	0,18	12,4	2,8	9,8	22,2	56	18	18,5	516,2	0,0	6,0	16,2
16/6	2,8	1,95	6,0	1,8	0,11	0,14	8,0	2,1	13,3	21,2	38	21	66,2	512,5	0,0	109,5	22,1
16/7	4,9	0,97	18,-0	11,-7	0,48	0,75	30,9	0,5	3,3	34,2	90	1	4,4	339,7	1,9	6,7	5,2
Perfil RE15-17																	
17/1	4,6	0,11	5,3	5,8	0,51	0,18	11,8	4,2	11,5	23,3	51	26	9,0	73,6	2,9	4,3	19,0
17/2	4,3	0,13	6,1	6,3	0,51	0,09	13,0	5,5	11,9	24,9	52	30	7,4	76,3	4,3	4,9	19,7
17/3	3,8	0,13	2,3	2,2	0,35	0,09	4,9	8,2	12,9	17,8	27	62	1,9	168,3	0,0	4,5	21,4
17/4	7,5	0,13	20,-0	8,5	0,69	0,18	29,4	0,0	0,5	29,9	98	0	2,3	28,0	11,1	3,4	0,0
17/5	3,8	0,33	8,6	3,9	0,54	0,09	13,1	4,0	9,6	22,7	58	23	1,3	313,0	0,6	4,0	15,8
17/6	3,8	0,33	16,-2	3,8	0,48	0,14	20,6	1,8	6,6	27,2	76	8	1,4	527,5	3,1	5,5	8,8
17/7-1	7,6	0,54	21,-1	11,-2	0,94	0,18	33,5	0,0	0,5	34,0	98	0	2,0	285,1	21,6	3,2	0,0
17/7-2	6,9	0,90	17,-7	14,-8	0,66	0,33	33,5	0,1	1,0	34,5	97	0	1,0	241,2	8,0	4,3	0,0
17/8	7,0	0,90	14,-8	10,-2	0,83	0,28	26,1	0,1	0,7	26,9	97	0	0,4	397,7	2,5	2,9	0,0
Perfil RE15-18																	
18/1	4,7	0,04	2,3	2,2	0,34	0,04	4,9	5,9	14,2	19,1	26	55	11,4	96,2	1,2	3,4	23,6
18/2	4,3	0,08	2,5	2,4	0,37	0,09	5,4	4,1	12,0	17,4	31	43	8,3	136,1	1,9	2,6	19,9
18/3	4,0	0,10	4,1	3,9	0,46	0,09	8,5	8,9	16,0	24,5	35	51	8,8	294,9	0,0	4,3	26,7
18/4	3,7	0,12	2,2	2,0	0,37	0,09	4,7	10,2	17,7	22,4	21	68	12,5	81,6	0,0	3,9	29,5
18/5	3,1	0,49	1,2	0,8	0,31	0,18	2,4	12,0	33,0	35,4	7	83	52,4	206,8	0,0	3,4	55,4
18/6	3,3	0,46	1,0	0,5	0,25	0,09	1,9	13,6	21,2	23,1	8	88	5,7	392,0	0,0	4,9	35,4
18/7	3,1	0,45	0,7	0,4	0,34	0,04	1,6	12,0	26,3	27,9	6	88	49,1	195,2	1,2	7,4	44,1
18/8-1	4,0	0,86	18,-3	5,0	0,74	0,28	24,3	2,4	8,5	32,8	74	9	4,1	433,4	2,5	3,9	14,0
18/8-2	2,9	0,64	2,7	0,6	0,43	0,04	3,8	18,1	24,7	28,5	13	83	2,5	463,5	0,0	4,7	46,4
18/8-3	2,4	2,70	2,3	1,4	0,49	0,18	4,4	12,7	21,4	25,8	17	74	1,4	542,6	0,0	7,7	35,8
18/9	7,1	0,58	17,-9	11,-1	0,75	0,18	29,9	0,2	1,4	31,1	95	0	13,3	295,7	6,2	4,5	0,0
18/10	3,3	1,79	7,6	7,5	0,60	0,28	16,0	15,4	22,8	38,8	41	49	3,3	520,0	0,0	7,5	38,1
18/11	3,1	0,30	10,-7	7,6	0,51	0,09	18,9	5,2	9,8	28,7	66	21	1,0	256,9	0,6	4,8	16,2

SB: soma de bases; sAl: saturação por Al; PN: potencial de neutralização; PA: potencial de acidificação; NC: necessidade de calagem conforme método SMP.

**Tabela 8**  
**FORMAS DE FERRO E ALUMÍNIO EXTRAÍDAS**  
**COM OXALATO DE AMÔNIO (O) E COM DITIONITO (D)**

Camada	Profundidade	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>
	cm	g.kg <sup>-1</sup>					
Perfil BL2-7							
7/1	0-7	1,26	18,82	1,28	2,9	0,067	0,441
7/2	-28	1,20	3,12	0,71	0,30	0,384	2,366
7/3	-47/53	4,77	5,00	50,57	0,40	0,954	1,425
7/4	-66	0,67	3,59	0,28		0,186	
7/5	-75	0,25	4,12	0,57	0,20	0,061	2,850
7/6	-90+	1,24	2,76	0,42	0,20	0,449	2,100
Perfil BL2-8							
8/1	0-9/20	0,49	5,76	0,57	0,60	0,084	0,950
8/2	-43/45	0,41	21,18	0,57	2,70	0,019	0,211
8/3	-70+	2,69	14,70	1,74	1,70	0,183	1,023
Perfil BL2-9							
9/1	0-8/12	0,78	21,88	1,74	1,70	0,035	1,023
9/2	-16/23	0,14	9,85	0,71	1,00	0,014	0,710
9/3	-48/53	3,37	8,53	0,57	0,90	0,395	0,633
9/4	-62/66	0,91	17,88	0,71	1,30	0,051	0,546
9/5	-69/74	0,41	21,65	0,57	1,30	0,019	0,438
9/6	-8085	0,33	13,09	0,85	1,00	0,025	0,850
9/7	-86/91	0,67	12,06	0,71	1,20	0,055	0,591
9/8	-99/102	0,53	10,73	0,57	1,00	0,049	0,570
9/9	-110/114	0,83	7,06	0,42	1,10	0,117	0,382
9/10	-124+	0,41	20,00	0,85	1,60	0,020	0,531
Perfil BL2-10							
10/1	0-18/23	0,80	14,70	0,71	1,30	0,054	0,546
10/2	-40/46	0,59	4,18	0,14	0,70	0,141	0,200
10/3	-70+	0,11	10,88	0,28	5,43	0,010	0,051
Perfil BL2-11							
11/1	0-13/17	0,78	22,35	0,12	2,61	0,035	0,046
11/2	-27/32	0,73	3,41	0,42	0,54	0,214	0,777
11,3	-38/42	2,02	20,70	0,71	1,74	0,093	0,408
11/4	-58/80	0,22	5,59	1,42	1,19	0,039	1,193
11/5	-86+	0,20	21,18	0,14	1,95	0,009	0,072
Perfil BL2-12							
12/1	0-13/19	0,24	19,76	2,00	2,50	0,012	0,800
12/2	-22/27	0,48	10,00	1,00	1,30	0,048	0,769
12/3	-35/42	1,30	12,50	0,57	2,82	0,104	0,202
12/4	-64	1,01	18,82	0,71	2,39	0,053	0,310
12/5	-90+	1,31	4,35	1,28	0,87		

(continuação da tabela 8)

Camada	Profundidade	Fe <sub>s</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>s</sub>	Al <sub>d</sub>	Fe <sub>s</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>s</sub> /Al <sub>d</sub>
	cm	g kg <sup>-1</sup>					
Perfil BL5-3							
3/1	0-12/19	0,54	14,70	0,57	1,70	0,036	0,335
3/2	-20/32	0,24	9,26	0,71	1,20	0,026	0,591
3/3	-34/45	0,27	4,41	0,71	0,60	0,061	1,183
3/4	-55+	0,37	5,06	1,00	0,80	0,073	1,250
Perfil BL5-4							
4/1	0-5/11	1,24	12,65	1,00	1,20	0,098	0,833
4/2	-17/22	1,85	8,09	0,42	0,80	0,228	0,525
4/3	-30/39	1,61	5,41	0,57	1,10	0,297	0,518
4/4	-51+	0,84	6,76	0,85	1,40	0,124	0,607
Perfil BL5-5							
5/1	0-17/25	0,46	18,25	0,42	0,50	0,025	0,840
5/2	-42/47	1,07	4,29	1,71	0,20	0,249	8,550
5/3	-68/71	0,06	19,76	0,85	1,60	0,003	0,531
5/4	-90+	0,20	3,17	1,85		0,063	
Perfil BL5-6							
6/1	0-28	1,33	11,47	0,71	1,00	0,116	0,710
6/2	-47	2,95	9,85	0,71	0,80	0,299	0,887
6/3	-68/72	2,04	7,91	1,00	0,70	0,258	1,428
6/4-1	-85/88	0,88	23,53	0,85	1,80	0,037	0,472
6/4-2		5,90	9,12	1,28	0,60	0,647	2,133
6/4-3							
6/5	-120+	1,28	4,53	0,42	0,50	0,282	0,840
Perfil RE15-13							
13/1	0-20/25	2,40	10,0	1,67	1,52	0,240	1,098
13/2-1	-36/41	3,40	25,0	2,85	2,28	0,136	1,250
12/2-2		2,44	23,0	1,98	1,77	0,106	1,118
13/3	-46/50	0,35	8,0	1,41	1,94	0,043	0,727
13/4	-57/63	1,48	7,3	0,61	0,67	0,202	0,910
13/5	-70/75	0,85	11,6	1,75	2,19	0,073	0,799
13/6	-75/79	0,45	14,3	1,52	1,85	0,031	0,821
13/7	-84	2,40	10,0	1,29	0,84	0,240	1,535
13/8	-94+	0,43	17,3	0,87	1,35	0,025	0,644
Perfil RE15-14							
14/1	0-28	1,53	19,3	1,25	2,11	0,079	0,592
14/2-1	-55/60	1,45	12,0	1,06	1,26	0,121	0,841
14/2-2		2,56	24,6	1,48	1,52	0,104	0,973
14/3	-61/90	1,92	9,3	1,44	1,69	0,206	0,852
14/4-1	-90	0,69	19,3	1,14	1,94	0,036	0,587
14/4-2		0,79	16,3	1,18	2,44	0,048	0,483
14/5	90-100	0,25	14,3	0,61	1,35	0,017	0,452

(continuação da tabela 8)

Camada	Profundidade	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub>	Al <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	Al <sub>o</sub> /Al <sub>d</sub>
	cm	g kg <sup>-1</sup>					
Perfil RE15-15							
15/1	0-13	2,76	8,6	1,44	1,01	0,321	1,426
15/2	-33	2,72	6,0	1,14	0,67	0,453	1,701
15/3	-49	1,95	10,6	0,95	1,35	0,184	0,704
15/4	-58/61	2,32	19,0	2,47	1,60	0,122	1,543
15/5	-67/73	3,32	10,3	2,13	1,69	0,322	1,260
15/6	-77/81	1,44	15,3	2,13	2,28	0,094	0,934
15/7	-95+	1,87	37,6	3,42	6,58	0,049	0,519
Perfil RE15-16							
16/1	0-12/20	2,16	18,9	2,09	2,95	0,114	0,708
16/2	-20/40	2,36	24,2	3,23	4,05	0,097	0,797
16/3	-47/54	1,72	28,6	1,82	2,36	0,060	0,771
16/4	-50/66	0,75	1,5	0,34	0,34	0,500	1,000
16/5	-79	1,20	3,4	0,79	0,76	0,353	1,039
16/6	-87/92	1,13	3,1	0,38	0,42	0,364	0,905
16/7	-105+	1,61	13,0	0,91	1,09	0,124	0,835
Perfil RE15-17							
17/1	0-11/17	2,00	19,6	1,90	2,70	0,102	0,704
17/2	-27	1,80	28,3	2,70	3,39	0,063	0,796
17/3	-40/47	2,17	14,3	1,71	1,88	0,152	0,904
17/4	-64/72	6,68	4,7	2,59	0,76	1,421	3,408
17/5	-96	2,37	13,7	1,41	1,35	0,173	1,044
17/6	-108	3,12	6,2	1,90	1,18	0,503	1,610
17/7-1	-116	6,96	4,7	2,85	0,76	1,481	3,750
17/7-2	-119	0,63	22,7	0,87	2,02	0,630	0,358
17/8	-140+	1,70	3,4	3,73	0,84	0,500	4,440
Perfil RE15-18							
18/1	0-9/13	1,68	34,8	2,55	4,89	0,048	0,521
18/2	-14/18	2,00	13,7	1,90	2,44	0,146	0,778
18/3	-19/22	2,05	10,2	1,75	1,94	0,200	0,902
18/4	-26/39	1,94	14,3	2,51	2,64	0,135	0,951
18/5	-47/52	2,40	14,0	2,85	3,20	0,171	0,890
18/6	-50	1,87	29,5	2,36	3,12	0,063	0,756
18/7	-56/59	2,56	13,4	1,52	2,26	0,191	0,672
18/8-1	-87/94	2,36	5,3	2,43	1,35	0,445	1,800
18/8-2		3,88	14,9	3,35	3,37	0,260	0,994
18/8-3		6,68	32,6	1,45	1,35	0,205	1,074
18/9	-109/114	2,08	2,5	0,23	0,34	0,832	0,676
18/10	-125	1,48	28,3	3,16	3,79	0,052	0,833
18/11	-135+	0,99	18,6	1,83	2,35	0,053	0,778

**Tabela 9**  
**PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE CARACTERÍSTICAS**  
**RELACIONADAS À COMPOSIÇÃO DO MATERIAL UTILIZADO**  
**E AO PROCESSO DE COSTRUÇÃO DOS SOLOS**

Atributos do solo	solos	média	desvio padrão	coeficiente de variação	mínimo	mediana	máximo
	%						
Características relacionadas à composição do material							
Silte, g.kg <sup>-1</sup>	BL2	343	105	30,9	100	335	320
	BL5	348	69	19,9	220	360	500
Argila, g.kg <sup>-1</sup>	BL2	426	111	26,1	200	440	640
	BL5	424	145	34,2	40	400	600
CTC, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	208	109	52,6	89,1	152	410
	BL5	196	78	39,8	86,0	187	359
	RE15	277	61	22,0	138,0	271	435
C org, g.kg <sup>-1</sup>	BL2	8,4	9,5	113,8	0,2	6,5	53,3
	BL5	20,4	28,6	140,3	1,8	8,3	123,1
	RE15	13,6	18,1	132,9	0,3	8,2	77,8
PN, kg.t <sup>-1</sup>	BL2	5,69	4,54	79,8	0,00	4,35	14,70
	BL5	0,84	1,68	199,1	0,00	0,00	6,00
	RE15	2,33	3,56	153,2	0,00	1,20	21,60
PA, kg.t <sup>-1</sup>	BL2	5,45	2,54	46,6	0,31	4,60	11,80
	BL5	3,68	1,23	33,4	2,00	3,40	6,30
	RE15	6,75	14,59	216,1	0,7	4,65	109,50
Características relacionadas ao processo de construção							
DS, kg.dm <sup>-3</sup>	BL2	1,62	0,15	9,5	1,41	1,64	1,91
	BL5	1,71	0,13	7,4	1,53	1,69	2,03
	RE15	1,82	0,16	9,1	1,43	1,84	2,29
Poros, m <sup>3</sup> .m <sup>-3</sup>	BL2	0,26	0,07	28,4	0,12	0,26	0,40
	BL5	0,26	0,07	27,9	0,10	0,25	0,45
	RE15	0,19	0,06	33,4	0,01	0,19	0,35

**Tabela 10**  
**PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE CARACTERÍSTICAS RELACIONADAS**  
**À EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DE AMOSTRAS APÓS A CONSTRUÇÃO**

Atributos do solo	solos	média	desvio padrão	coeficiente de variação	mínimo	mediana	máximo
	%						
pH	BL2	5,26	1,60	30,4	2,78	4,51	8,32
	BL5	2,96	1,34	45,2	1,39	2,74	7,60
	RE15	4,03	1,21	30,0	2,40	3,75	7,60
CE, dS.m <sup>-1</sup>	BL2	0,60	0,50	83,7	0,06	0,38	1,84
	BL5	2,09	2,05	98,1	0,19	1,55	8,80
	RE15	0,67	0,75	111,9	0,02	0,35	3,10
Ca, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	87,6	64,7	73,9	9,8	59,5	246,5
	BL5	69,8	59,3	84,9	3,6	42,9	247,0
	RE15	81,5	57,8	70,9	7,0	67,5	211,0

(continuação da tabela 10)

Atributos do solo	solos	média	desvio padrão	coeficiente de variação	mínimo	mediana	máximo
		%					
Mg, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	63,1	54,3	86,1	0,0	47,9	189,6
	BL5	22,7	23,1	101,9	1,1	15,2	95,9
	RE15	57,1	46,1	80,7	4,0	40,0	222,0
K, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	5,8	2,8	48,0	1,2	6,0	12,2
	BL5	2,1	1,2	55,2	0,4	2,1	4,2
	RE15	4,6	1,4	32,0	1,1	4,4	9,4
Na, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	6,1	5,7	92,6	0,0	3,8	17,6
	BL5	1,5	1,5	100,0	0,3	1,1	6,8
	RE15	1,6	1,2	74,7	0,4	1,4	7,5
SB, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	162,2	122,4	75,4	11,7	122,6	412,2
	BL5	96,2	77,9	81,1	6,0	67,3	353,9
	RE15	144,9	95,7	66,0	16,0	121,0	335,0
Al, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	18,4	19,0	103,5	0,0	17,2	67,7
	BL5	52,8	33,0	62,5	0,0	46,0	111,7
	RE15	68,3	50,2	73,5	0,0	66,5	181,0
Al+H, mmol.kg <sup>-1</sup>	BL2	46,6	38,7	83,0	0,0	45,6	134,3
	BL5	99,8	58,4	58,5	4,8	84,3	244,1
	RE15	133,1	76,4	57,4	5,0	134,5	330,0
V, %	BL2	70,3	25,2	35,8	8,0	70,0	100,0
	BL5	46,3	23,5	50,7	5,0	46,0	99,0
	RE15	50,2	27,6	55,1	6,0	50,0	98,0
Fe <sub>o</sub> , g.kg <sup>-1</sup>	BL2	0,973	0,99	102,5	0,11	0,70	4,77
	BL5	3,150	1,31	103,2	0,20	0,97	5,90
	RE15	2,117	1,41	66,8	0,25	1,94	6,96
Al <sub>o</sub> , g.kg <sup>-1</sup>	BL2	0,747	0,47	62,6	0,12	0,64	2,00
	BL5	0,868	0,40	43,5	0,42	0,78	1,85
	RE15	1,786	0,85	46,7	0,23	1,73	3,73
Fed, g.kg <sup>-1</sup>	BL2	12,15	6,90	56,8	2,70	11,40	22,30
	BL5	9,85	5,86	59,4	3,10	8,55	23,50
	RE15	15,22	8,87	58,3	1,50	14,15	37,60
Ald, g.kg <sup>-1</sup>	BL2	1,48	1,07	71,8	0,20	1,30	5,40
	BL5	0,97	0,46	47,4	0,20	0,80	1,80
	RE15	1,96	1,18	60,3	0,34	1,81	6,58
NC, kg.t <sup>-1</sup>	BL2	5,99	6,23	104,1	0,00	5,15	19,80
	BL5	16,41	11,82	72,0	0,00	15,45	44,70
	RE15	22,06	13,28	60,2	0,00	22,35	55,40

**Tabela 11**

**COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO DO SOLO EM AMOSTRAS SELECIONADAS**

Amostra	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Al	Si	SO <sub>4</sub>	COS <sup>9</sup>
BL5-5/2	2,78	4,10	2,670	0,21	0,09	0,26	0,02	0,09	1,0800	0,826	2,92	
BL5-5/4	6,50	1,72	0,845	0,11	0,06	0,26	0,00	0,00	0,0088	0,103	1,01	
BL5-6/2	2,08	3,70	0,760	0,05	0,04	0,06	0,34	0,04	3,8500	1,096	2,34	

(continuação da tabela 11)

Amostra	pH	CE	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Al	Si	SO <sub>4</sub>	COS <sup>(1)</sup>
BL5-7/2	6,24	0,26	0,037	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,0088	0,124	0,14	
BL2-7/3	5,04	0,40	0,049	0,01	0,04	0,14	0,00	0,00	<0,0088	0,167	0,12	
BL2-7/4	4,30	1,08	0,248	0,05	0,08	0,35	0,00	0,00	0,0240	0,238	0,31	
BL2-7/5a	3,90	1,28	0,292	0,07	0,07	0,39	0,01	0,00	0,0560	0,338	0,44	
BL2-7/5b	4,58	0,55	0,095	0,02	0,05	0,19	0,00	0,00	0,0710	0,327	0,20	
RE15-13/2	3,11	0,63	0,070	0,08	0,04	0,02	0,00	0,00	0,1367	0,182	0,051	0,989
RE15-13/3	3,80	0,64	0,070	0,06	0,10	0,02	0,00	0,00	0,0113	0,179	0,049	1,444
RE15-13/5	3,83	0,58	0,22	0,20	0,55	0,02	0,00	0,00	0,0569	0,153	0,136	0,241
RE15-13/7	2,83	5,10	3,40	3,20	0,11	0,23	0,06	0,02	2,1884	0,444	0,814	0,187
RE15-14/2-1	4,30	0,26	0,07	0,07	0,02	0,02	0,00	0,00	0,0113	0,067	0,041	0,455
RE15-14/2-2	3,03	0,66	0,13	0,07	0,04	0,04	0,00	0,00	0,0227	0,168	0,090	0,521
RE15-14/4-1	4,15	1,10	0,32	0,34	0,06	0,05	0,00	0,00	0,0569	0,142	0,176	0,615
RE15-14/4-2	3,95	0,64	0,26	0,23	0,03	0,02	0,00	0,01	0,0342	0,071	0,126	0,949
RE15-15/5	3,24	3,90	2,30	2,40	0,22	0,22	0,00	0,02	2,0174	0,205	1,069	0,279
RE15-15/6	3,27	4,50	2,80	4,90	0,10	0,27	0,00	0,01	3,8868	0,235	0,078	0,228
RE15-16/1	3,78	0,46	0,31	0,08	0,01	0,01	0,00	0,00	0,0342	0,067	0,081	1,956
RE15-16/2	3,85	0,52	0,36	0,18	0,02	0,04	0,00	0,00	0,1595	0,131	0,185	2,349
RE15-16/3	3,01	1,38	2,20	0,84	0,06	0,10	0,00	0,01	0,8206	0,273	0,600	0,609
RE15-16/5	2,59	7,10	2,50	5,70	0,11	0,44	0,623	0,19	10,9082	0,250	0,758	0,609
RE15-16/6	1,78	14,40	2,50	4,50	0,03	0,14	39,98	0,16	16,1736	0,749	0,066	2,469
RE15-16/7	5,03	2,30	1,70	1,40	0,06	0,38	0,00	0,00	0,0113	0,081	0,219	0,052
RE15-17/3	3,64	0,39	0,08	0,09	0,04	0,04	0,00	0,00	0,0227	0,213	0,077	0,147
RE15-17/4	7,49	0,75	0,36	0,21	0,02	0,00				0,200	0,115	0,121
RE15-17/5	3,81	0,76	0,47	0,20	0,04	0,05	0,00	0,00	0,0227	0,039	0,247	0,101
RE15-17/7	7,05	3,30	2,10	1,50	0,076	0,088				0,023	0,989	0,111
RE15-17/7-2	6,70	3,20	1,90	1,90	0,052	0,228				0,047	1,115	0,121
RE15-17/8	7,04	2,40	1,50	1,30	0,074	0,192				0,015	0,970	0,088
RE15-18/2	4,16	0,17	0,31	0,06	0,01	0,02	0,00	0,00	0,0113	0,164	0,043	1,752
RE15-18/4	3,60	0,22	0,32	0,06	0,03	0,04	0,00	0,00	0,0798	0,158	0,065	0,952
RE15-18/5	3,17	0,65	0,16	0,15	0,04	0,07	0,00	0,00	0,4559	0,242	0,145	0,120
RE15-18/7	2,88	1,28	0,24	0,21	0,18	0,10	0,02	0,00	1,6412	0,347	0,177	0,308
RE15-18/8	4,16	2,00	2,00	0,75	0,09	0,06	0,00	0,02	0,2507	0,125	0,515	0,201
RE15-18/8-2	3,31	1,17	0,55	0,22	0,09	0,03	0,00	0,01	1,4362	0,173	0,086	2,354
RE15-18/8-3	2,06	5,20	3,00	0,56	0,09	0,03	0,10	0,01	3,1801	0,218	0,474	1,740
RE15-18/9	6,59	3,10	2,00	1,50	0,095	0,078		0,03		0,155	1,122	0,354
RE15-18/10	3,05	4,30	2,10	3,60	0,15	0,44	0,01	0,04	7,3975	0,259	0,905	1,371
RE15-18/11	3,38	1,78	1,10	1,20	0,08	0,11	0,00	0,00	0,2849	0,044	0,685	0,038

<sup>(1)</sup>COS: Carbono orgânico solúvel.

**Tabela 12**  
ANÁLISE ESTATÍSTICA GERAL DE ATRIBUTOS DOS SOLOS BL2 (N = 126)

Atributo	média	desvio padrão	coeficiente de variação	mínima	mediana	máximo
pH(H <sub>2</sub> O)	5,27	0,893	16,92	4,04	4,97	7,68
CE dS.m <sup>-1</sup>	0,255	0,159	62,36	0,04	0,23	0,85
Cor	2,74	2,09	76,50	0,62	1,84	15,00
Ca cmol.kg <sup>-1</sup>	10,18	5,25	51,64	1,50	9,44	24,08

Atributo	média	desvio padrão	coeficiente de variação	mínima	mediana	máximo
Mg cmol.kg <sup>-1</sup>	5,74	3,32	57,83	0,42	5,01	13,19
K mg.kg <sup>-1</sup>	127,00	25,16	19,77	65,0	126,0	186,0
Na mg.kg <sup>-1</sup>	64,48	30,65	47,53	18,0	60,5	145,00
Al %	1,81	4,55	117,36	0,00	0,93	9,00
C %	1,04	0,43	41,96	0,21	0,95	2,24
Mn mg.kg <sup>-1</sup>	17,89	11,2	62,63	2,00	60,5	61,0
Cu mg.kg <sup>-1</sup>	2,64	2,67	101,21	0,90	2,00	24,60
Zn mg.kg <sup>-1</sup>	1,85	1,44	77,96	0,40	1,45	10,60

**TABELA 13**  
ANÁLISE ESTATÍSTICA GERAL DE ATRIBUTOS  
DOS SOLOS BL5 ANOS (N = 121)

Atributo	média	desvio padrão	coeficiente de variação	mínima	mediana	máximo
pH(H <sub>2</sub> O)	5,25	0,87	16,69	3,27	5,05	7,41
pH(SMP)	5,84	0,91	15,65	3,70	6,00	7,30
CE dS.m <sup>-1</sup>	0,65	0,36	55,49	0,21		1,80
Ca cmol.kg <sup>-1</sup>	5,40	3,24	59,96	0,20	4,60	17,10
Mg cmol.kg <sup>-1</sup>	3,68	3,26	88,37	0,20	2,20	13,90
K mg.kg <sup>-1</sup>	96,86	32,78	34,20	29,00	88,00	164,00
Na mg.kg <sup>-1</sup>	35,96	23,31	64,83	2,00	31,50	129,00
Al cmol.kg <sup>-1</sup>	3,07	20,05	145,67	0,00	1,40	21,50
C %	0,42	0,26	61,32	0,04	0,38	1,53
Mn mg.kg <sup>-1</sup>	23,35	12,96	55,52	3,00	23,00	62,00
Cu mg.kg <sup>-1</sup>	2,19	0,60	27,45	1,00	2,15	5,40
Zn mg.kg <sup>-1</sup>	1,78	1,74	97,81	0,20	1,10	9,40
SO <sub>4</sub> mg.kg <sup>-1</sup>	141,70	162,18	114,45	21,00	74,50	877,00

**TABELA 14**  
PARÂMETROS DOS SEMIVARIOGRAMAS DE ATRIBUTOS DOS SOLOS BL2

Atributo	modelo	C <sub>0</sub>	C	a	C+C <sub>0</sub>	Variância	100.C/(C+0)
pH(H <sub>2</sub> O)	esférico	0,3	0,65	85	0,95	0,798	65,26
CE	esférico	0,011	0,016	60	0,027	0,025	59,25
Cor	esférico	1,1	3,6	60	4,7	4,405	76,59
Ca	esférico	16	18	130	34	27,645	52,94
Mg	esférico	2,8	12,5	125	16,3	11,033	81,69
K	esférico	150	700	130	850	630,800	82,35
Na	esférico	80	1400	130	1480	939,676	94,59
Al	exponencial	1,6	4,1	130	5,7	4,550	71,92
Mn	esférico	50	75	60	125	25,603	60,00
SO <sub>4</sub>	esférico	3900	2050	50	5950	6209	34,45

TABELA 15

PARÂMETROS DOS SEMIVARIOGRAMAS DE ATRIBUTOS DOS SOLOS BL5

Atributo	modelo	C <sub>0</sub>	C	a	C+C <sub>0</sub>	Variância	100.C/C <sub>0</sub> +C
pH(H <sub>2</sub> O)	exponencial	0,18	0,70	50	0,98	0,77	79,54
pH(SMP)	esférico	0,15	0,70	50	0,85	0,84	82,35
Ca	esférico	4	6	30	10	10,42	60,00
Mg	esférico	3,1	6,5	55	9,6	10,63	67,70
K	esférico	300	650	40	950	1075,1	68,42
Na	esférico	150	520	35	670	543,79	77,61
Al	exponencial	5	17,5	50	22,5	20,5	7,27
Mn	esférico	25	170	55	195	168,09	87,17
Zn	esférico	2,2	1,1	55	3,3	3,04	33,33
Cu	exponencial	0,08	0,31	50	0,39	0,36	79,48
C org	esférico	0,03	0,04	50	0,07	0,07	57,14

C<sub>0</sub>: efeito pepita; C+C<sub>0</sub>: patamar; a: alcance

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, J.P.; SCHOFIELD, C. L. Aluminum toxicity to fish in acidic waters. *Water Air Soil Pollut.*, n.18, p.289-309, 1982.
- BISSANI, C. A.; KÄMPF, N.; LUZ, P. C. R. Determinação de sulfato solúvel em solos tiomórficos de áreas de mineração de carvão. Viçosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. *Resumos expandidos...*, 1995. v.3, p.1535-1537.
- BRASIL. Levantamento de recursos naturais - Folhas SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguiana e SI.22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: SEPLAN-IBGE-RADAMBRASIL, 1986. v.33.
- BUGIN, A.; COSTA, J. F.; LAURENT JR, C. L. Controle ambiental na mineração de carvão Mina de Butiá Leste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO, 2, Porto Alegre, RS. *Anais...*, v.1, p.708-723, 1989.
- BUSSLER, B. H.; BYRNES, W. R.; POPE, P.E.; CHANEY, W. R. Properties of minesoils reclaimed for forest land use. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Texas, n.48, p.178-184, 1984.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFMAN, J. *Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1987. 24p.
- CHAPMAN, B. M.; JONES, D.R.; JUNG, R.F. Processes controlling metal ion attenuation in acid mine drainage streams. *Geochim. Cosmochim. Acta*, n.45, p.421-429, 1983.
- CARSON, C. D.; DIXON, J. B. Mineralogy and acidity of an inland acid sulfate soil of. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Texas, n.47, p.828-833, 1983.
- CARSON, C. D.; FANNING, D. S.; DIXON, J. B. Alfisols and ultisols with acid sulfate weathering features in Texas. In: KITTRICK, J. A.; FANNING, D. S.; HOSSNER, L. R. (Eds.) Acid sulfate weathering. *Soil Science Society of America*, Madison, p.127-146, 1982. (Special Publication, 10)
- CHAROENCHAMRATCHEEP, C.; SMITH, C. J.; SATAWATHANANONT, S.; PATRICK JR., W. H. Reduction and oxidation of acid sulfate soils of Thailand. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Texas, n.51, p.630-634, 1987.

- CIOLKOSZ, E. J.; CRONCE, R. C.; CUNNINGHAM, R. L.; PETERSEN, G. W. Characteristics, genesis, and classification of Pennsylvania minesoils. *Soil Sci.*, n.139, p.232-238, 1985.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo, 1979.
- EMBRAPA. *Critérios para a distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento*. Normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1988. (Documentos SNLCS, 11.)
- ENGLUND, E.; SPARKS, A. *GEO-EAS - Geostatistical Environmental Assessment Software*. Las Vegas: U.S.E.P.A., 1991. v.1.2.1.
- EUA. SOIL SURVEY STAFF. *Keys to soil taxonomy*. 5.ed., Blacksburg: Pocahontas Press, 1992. 556p. (SMSS Technical Monograph, 19)
- EVANGELOU, V. P.; GROVE, J. H.; RAWLINGS, F. D. Rates of iron sulfide oxidation in coal spoil suspensions. *J. Environ. Qual.*, n.14, p.91-94, 1985.
- EVANGELOU, V. P. *Pyrite oxidation and its control*. Boca Raton: CRC Press, 1995. 293p.
- FANNING, D. S.; FANNING, M. C. B. *Soil, morphology, genesis, and classification*. New York: John Wiley, 1989. 395p.
- FANNING, D. S.; RABENHORST, M. C.; BIGHAM, J. M. Colors of acid sulfate soils. In: BIGHAM, J. M.; CIOLKOSZ, E. J. (Eds.). *Soil color*. Madison: Soil Science Society of America, 1993. p.91-108. (Special Publication, 31)
- HAERING, K. C.; DANIELS, W. L.; ROBERTS, J. A. Changes in mine soil properties resulting from overburden weathering. *J. Environ. Qual.*, n.22, p.194-200, 1993.
- KARATHANASIS, A. D.; EVANGELOU, V.P.; THOMPSON, Y.L. Aluminum and iron equilibria in soil solutions and surface waters of acid mine watersheds. *J. Environ. Qual.*, n.17, p.534-543, 1988.
- LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2.ed. Campinas: SBSC/SNLCS, 1984. 46p.
- LUMSDON, D. G.; FARMER, V. C. Solubility characteristics of proto-imogolite sols: how silicic acid can de-toxify aluminium solutions. *European J. Soil Sci.*, n.46, p.179-186, 1995.
- MCSWEENEY, K.; JANSEN, I. J.. Soil structure and associated rooting behavior in minesoils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n.48, p.607-612, 1984.
- MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: NAT. CONF. CLAYS CLAY MINERALS, 7. *Proceedings...*, London, 1960. p.317-327.
- NORDSTROM, D. K. The effect of sulfate on aluminum concentrations in natural water: some stability relations in the system  $Al_2O_3$ - $SO_3$ - $H_2O$  at 298K. *Geochim. Cosmochim. Acta*, n.46, p.681-692, 1982.
- O'SHAY, T.; HOSSNER, L. R.; DIXON, J. B. A modified hydrogen peroxide oxidation method for determination of potential acidity in pyritic overburden. *J. Environm. Qual.*, n.19, p.778-782, 1990.
- PEDERSEN, T. A.; ROGOWSKI, A. S.; PENNOCK JR, R. Physical properties of some minesoils. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, n.44, p.321-328, 1980.
- POTTER, K. N.; CARTER, F. S.; DOLL, E. C. Physical properties of constructed and undisturbed soils. *Soil Sci.Soc.Am.J.*, n.52, p.1435-1438, 1988.
- SCHAFFER, W. M.; NIELSEN, G. A.; NETTLETON, W. D. Minesoil genesis and morphology in a spoil chronosequence in Montana. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n.44, p.802-807, 1980.
- SCHNEIDER, P.; KÄMPF, N.; GIASSON, E. *Solos da Bacia Carbonífera do Baixo Jacuí, RS*. Relatório PADCT/CIAMB-CNPQ. Porto Alegre: UFRGS, 1996.
- SCHWERTMANN, U. Differenzierung der Eisenoxyde des Bodens durch Extraktion mit Ammoniumoxalat-Lösung. *Z. Pflanzenenernaehr, Bodenkunde*, n.105, p.194-202, 1964.

- SCHWERTMANN, U.; FITZPATRICK, R. W. Iron minerals in surface environments. In: SKINNER, H. G. W.; FITZPATRICK, R. W. (Eds.) *Biomineralization. processes of iron and manganese. Modern and ancient environments*. Cremlingen-Destedt: Catena Verlag, 1992. p.7-30.
- SHERLOCK, E. J.; LAWRENCE, R. W.; POULIN, R. On the neutralization of acid rock drainage by carbonate and silicate minerals. *Environmental Geology*, n.25, p.43-54, 1995.
- SNARSKI, R. R.; FEHRENBACHER, J. B.; JANSEN, I. J. Physical and chemical characteristics of pre-mine soils and post-mine soil mixtures in Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, n.45, p.806-812, 1981.
- SOBEK, A. A.; HOSSNER, L. R.; SORENSEN, D. L.; SULLIVAN, P. J.; FRANSWAY, D. F. Acid-base potential and sulfur forms. In: WILLIAMS, R. D.; SCHUMAN, G. E. (Eds.) *Reclaiming mine soils and overburden in the western United States. Analytical parameters and procedures*. Ankeny: *Soil Conservation Society of America*, 1987. p.233-258.
- STATISTIX 4.1. Tallahassee, Analytical Software, 1994.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia/UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico, 5)
- THOMAS, D.; JANSEN, I. Soil development in coal mine spoils. *J. Soil Water Conserv.*, n.40, p.439-442, 1985.
- VAN BREEMEN, N.; HARMSSEN, K. Translocation of iron in acid sulfate soils: I. Soil morphology, and the chemistry and mineralogy of iron in a chronosequence of acid sulfate soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, n.39, p.1140-1148, 1975.
- WAGNER, D. P.; FANNING, D. S.; FOSS, J. E.; PATTERSON, M. S.; SNOW, P. A. Morphological and mineralogical features related to sulfide oxidation under natural and disturbed land surfaces in Maryland. In: KITTRICK, J. A.; FANNING, D. S.; HOSSNER, L. R. (Eds.) *Acid sulfate weathering*. Madison: Soil Science Society of America, 1982. p.109-125. (Special Publication, 10)
- WINLAND, R. L.; TRAINA, S. J.; BIGHAM, J.M. Chemical composition of ochreous precipitates from Ohio coal mine drainage. *J. Environ. Qual.*, n.20, p.452-460, 1991.
- WOLT, J. D. Soil solution. Knoxville: University of Tennessee, 1989. v.1.4.
- WOLT, J.D. Soil solution chemistry. Applications to environmental science and agriculture. New York: Wiley, 1994. 345p.

# REMOÇÃO POR BIOLIXIVIAÇÃO DE ENXOFRE DE CARVÕES DO RS COMO FORMA DE ATENUAÇÃO NAS EMISSÕES DE SO<sub>2</sub>

Luis Carlos Zancan Filho  
Sérgio João de Luca

## INTRODUÇÃO

O aumento da atividade antrópica no planeta está intimamente associada ao crescimento da demanda energética. Esta crescente necessidade de energia faz com que maiores quantidades de combustíveis fósseis sejam exploradas e consumidas. O carvão mineral por meio da termoelectricidade e pelo uso em caldeiras industriais mostra-se como uma forma de suprimento desta carência energética. O aumento do consumo do carvão traz, contudo, problemas de ordem ambientais decorrentes da grande quantidade de cinzas geradas e principalmente da presença de pirita (FeS<sub>2</sub>) nele contido.

A pirita do carvão é parcialmente removida por meio de métodos convencionais de separação gravimétrica. Nos processos de separação da pirita do carvão, parte deste FeS<sub>2</sub> é retirado, compondo o que é usualmente denominado rejeito e outra parte, que não é removida, acompanha o carvão até a combustão.

A oxidação destes rejeitos piritosos de carvão torna-se extremamente nociva ao meio ambiente devido a formação da drenagem ácida de mina, responsável pelo comprometimento da qualidade das águas dos recursos hídricos locais.

A queima da pirita que não conseguiu ser removida do carvão nos processos de separação gravimétrica, gera o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). O trabalho de CALVERT e STOCKWELL (1983) mostram que as propriedades termodinâmicas dos óxidos de enxofre indicam que o dióxido de enxofre tem forte tendência para reagir com o oxigênio do ar sobre condições troposféricas normais.



Desta forma,  $[SO_3] / [SO_2] @ 8 \times 10^{11}$  atinge o equilíbrio no ar a uma atmosfera e 25 C°. Termodinamicamente também nos é mostrado que para a umidade normal encontrada na baixa troposfera, o  $SO_3$  produto da reação (1) será intensamente convertido em ácido sulfúrico  $[H_2SO_4 (aq)]$ :



O  $SO_2$  na atmosfera pode participar ainda de inúmeras reações de oxidação com os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos, que além da precipitação ácida de  $H_2SO_4$  e  $HNO_3$ , podem propiciar a formação do ozônio troposférico, nitrato de peróxido acetil e muitos outros compostos extremamente poluentes. O trabalho de DE DEUS (1997) mostrou que a alteração do pH, na precipitação da região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil, propiciou uma alteração das concentrações complexadas dos íons metálicos como chumbo cádmio e cobre. Sabe-se ainda que a concentração dos metais complexados aumenta proporcionalmente com o pH, e que quanto mais baixo o pH, maior é a concentração de íons metálicos livres, e conseqüentemente o grau de toxicidade e mutagenicidade da chuva.

A resolução do CONAMA nº3 de 28/06/90 dispõe dos padrões Nacionais de Qualidade do Ar, e numa tentativa de restringir a combustão de combustíveis fósseis com altos teores de enxofre, estabelece que a quantidade limite de  $SO_2$  no ar ambiente é de 0,03 ppm (80mg/m<sup>3</sup>), como concentração média aritmética anual; e que um máximo de 9,14 ppm (365mg/m<sup>3</sup>) em 24 horas, não poderá ser excedido mais de uma vez no ano.

Em virtude da grande quantidade de pirita que vem sendo depositada em pilhas de rejeitos e, principalmente pela quantidade de dióxido de enxofre que é gerado na combustão do carvão, se faz necessário o desenvolvimento de alternativas tecnológicas, economicamente viáveis, que permitam a dessulfuração pré - queima destes carvões. Processos de dessulfuração pré - queima do carvão possibilitam o aproveitamento da pirita, extraíndo componentes potencialmente poluentes destes carvões e transformando-os em componentes que possam ter valor comercial ou que apresentem menor risco de poluição ambiental.

A biolixiviação ou lixiviação bacteriana constitui-se um processo de metalurgia extrativa na qual a ação oxidativa de bactérias acidófilas quimiolitotróficas, já descritas no trabalhos de MARQUES (1986), transforma sulfetos insolúveis em sulfatos solúveis. Segundo o trabalho de GARCIA JR. (1996), esses microrganismos obtêm energia para sua subsistência a partir desse processo.

Bactérias enxofre - ferro oxidantes, principalmente do gênero *Thiobacillus* - das espécies *Thiobacillus ferrooxidans* e *Thiobacillus thiooxidans*, dissociam a molécula de pirita, solubilizando o enxofre e o ferro. Além dos *Thiobacillus*, a microflora de uma pilha de biolixiviação de carvões, segundo os estudos de BELY E BROCK (1974), HARRISON JR (1978) e DE LUCA (1992), pode apresentar *Enterobacter*, *Leptospirillum*, *Pseudomonas*, *Beijerinckia*, *Sulfolobulus*, *Metallogenium*, *Desulfovibrio* e *Caulobacter*.

## METODOLOGIA

Neste estudo em escala piloto, foram instaladas duas pilhas isoladas de 50 toneladas de carvões do Rio Grande do Sul (Figura 1). Este processo de dessulfuração por biolixiviação ocorre em circuito fechado (Figura 2), onde a lixívia bacteriana de cada pilha é recirculada no sistema, sem entrar em contato uma com a outra. O sistema por ser impermeabilizado por polietileno de alta densidade, impede a perda de lixívia bacteriana para o meio ambiente (Figura 3). Essa lixívia, por ser inúmeras vezes reaspergida sobre a pilha de carvão, possui um pH muito baixo, concentração de nutrientes mais elevada que o normal e há possibilidade de ocorrência significativa de metais pesados que não os íons de ferro.



Figura 1. Disposição das pilhas A(esquerda) e B(direita).

As diferentes formas de enxofre dos carvões de teste foram analisadas de acordo com as normas da ASTM D 2492 e as análises de pH, condutividade, acidez, potencial redox, cloretos, sulfatos, nitratos, fósforo total, ortofosfato e *Thiobacillus ferroxidans* da lixívia foram realizadas seguindo as técnicas do “STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER”, em sua 18ª edição, 1995.

Nesse estudo o carvão da pilha “A” foi exposto efetivamente ao contato da lixívia bacteriana por 78 dias e o carvão da pilha “B” por 106 dias.

O carvão da pilha “A” apresentou inicialmente granulometria de 0 x 20mm (Figura 4), 0,46% de enxofre total (b.s.), 0,11% de enxofre pirítico (b.s.) e 0,35% de enxofre orgânico (b.s.). Na pilha “B”, o carvão apresentou granulometria de 0 x 50mm (Figura 5), 2,92% de enxofre total (b.s.), 2,72% de enxofre pirítico (b.s.), 0,16% de enxofre orgânico (b.s.) e 0,04% de enxofre sulfático (b.s.).

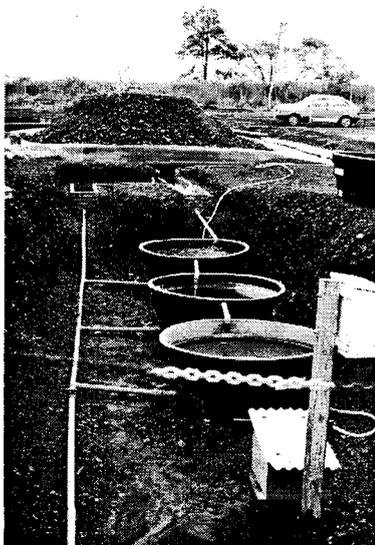


Figura 2. Sistema fechado de recirculação da lixívia

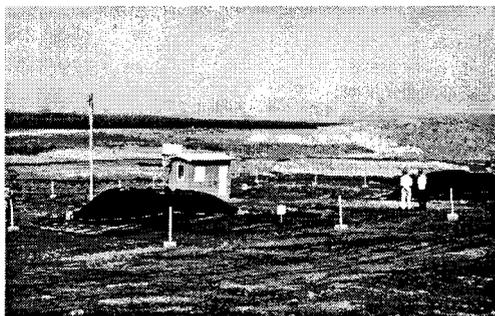


Figura 3. Impermeabilização da área das pilhas com manta de P. E. A. D.

Figura 4. Carvão da pilha A  
(0 X 20 mm)

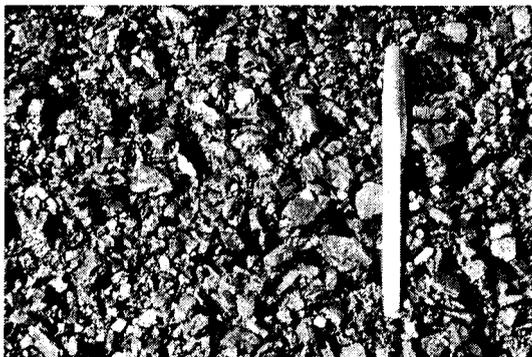


Figura 5. Carvão da pilha B  
(0 X 50mm)

## RESULTADOS

Neste estudo verificou-se que a existência de materiais alcalinos, como a calcita, no carvão, força a adição de ácido sulfúrico na lixívia como forma de se manter o pH próximo a 2,3. Tal custo de adição de ácido torna-se necessário, pois, segundo os trabalhos de DUTRIZAC e MCADONALD (1974), BENJAMIN(1983) e FRELLO(1998), se o pH fosse superior a 2,5, ocorreria a precipitação de óxidos e hidróxidos férricos sobre a superfície da pirita, impedindo o acesso do oxigênio e da lixívia bacteriana à superfície mineral, prejudicando desta forma o rendimento do processo de dessulfuração do carvão.

Na pilha “A” verificou-se que não houve reduções nos teores de enxofre total e pirítico não justificando, portanto, os custos de acidificação controles analíticos de variáveis físicas, físico - químicas, químicas ou biológicas da lixívia e do carvão, manutenção e operação do sistema em escala comercial.

Segundo CYBIS (1986), DE LUCA(1992) e FRELLO (1998), aplicando-se um modelo de cinética de “pseudo” primeira ordem pode-se relacionar as concentrações de enxofre total e pirítico remanescente no carvão ao tempo. Tal equação (3) pode ser expressada por:

$$-\frac{dC}{dt} = kC \quad (3)$$

onde o sinal negativo indica a perda de material com o passar do tempo, C é a concentração em um dado tempo, e k é a constante da taxa para a reação de “pseudo” primeira ordem.

Aplicando-se o modelo acima aos dados de remoção enxofre total obtidos na pilha “B” podemos dizer que a taxa de remoção de enxofre total para este carvão foi de 0,00675 dias<sup>-1</sup>.

A taxa de remoção de enxofre pirítico para o carvão da pilha “B” foi de 0,01182 dias<sup>-1</sup>.

Segundo o trabalho de ZANCAN FILHO e outros (1997), o rendimento na taxa de oxidação melhora utilizando regime de aspersão da lixívia com fluxo intermitente. A operação intermitente inclui períodos com ou sem fluxo. Os sulfetos são oxidados num ambiente aeróbio úmido, sendo que os produtos da oxidação são solubilizados na solução que envolve os fragmentos ou mantidos entre ou dentro dos fragmentos. No período com fluxo, os produtos da oxidação são removidos pela solução lixiviante à medida que esta percola pelo material que está sendo lixiviado. Em período seco, os produtos da oxidação tem chance de vir para a superfície do fragmento juntamente com a água que, com a evaporação, apresenta um movimento de dentro para fora no fragmento. A extensão do tempo de descanso é determinada pela taxa de evaporação e a concentração de sais na fase líquida em volta dos fragmentos. Quando estes dois fatores tornam-se críticos, o material deve ser molhado novamente.

A pirita no carvão da pilha “B” apresentou vários tipos de hábitos cristalinos, tanto framboidal, que segundo EVANGELOU (1995) apresenta alto grau de permeabilidade e biolixiviabilidade, como também de hábito maciço e prismático de lixiviação mais lenta.

Diferentemente de FRELLO (1998) que trabalhou com potenciais redox em torno de 634 mV ao estudar a biolixiviação em carvões de Santa Catarina, neste estudo de carvões do Rio Grande do Sul apresentaram potenciais redox 401 mV para pilha A e 449 mV para pilha B.

As tabelas 1 e 2 mostram as concentrações de metais pesados durante o processo de lixiviação bacteriana nas pilhas A e B respectivamente:

**Tabela 1**  
CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS  
NA LIXÍVIA BACTERIANA NA PILHA "A".

Metal	Unidade	1° amostragem	2° amostragem	3° amostragem	4° amostragem	5° amostragem
Manganês	mg/l	0.58	1.3	5.17	4.73	4.21
Cobre	mg/l	n.d.	n.d.	n.d.	1.08	12.97
Chumbo	mg/l	2.15	0.07	n.d.	n.d.	n.d.
Cromo	mg/l	0.9	1.66	0.86	10.71	14.08
Mercúrio	mg/l	2.62	1.44	0.96	0.31	n.d.
Arsênio	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Selênio	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

**Tabela 2**  
CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS  
NA LIXÍVIA BACTERIANA NA PILHA "B".

Metal	Unidade	1° amostragem	2° amostragem	3° amostragem	4° amostragem	5° amostragem
Manganês	mg/l	1.57	1.96	7.03	9.49	10.08
Cobre	mg/l	n.d.	2.92	5.49	1.09	72.87
Chumbo	mg/l	n.d.	4.51	n.d.	2.53	5.25
Cromo	mg/l	2.73	15.81	5.55	0.03	26.74
Mercúrio	mg/l	0.55	0.94	3.38	0.21	n.d.
Arsênio	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	0.014
Selênio	mg/l	0.001	0.001	0.001	0.001	n.d.

As concentrações de metais observadas neste trabalho, ao serem comparadas com os valores de concentrações para a inibição da atividade do *Thiobacillus ferrooxidans* (LUNDGREN & SILVER, 1980), mostraram que possivelmente não houve inibição da atividade bacteriana.

## CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados apresentados, podemos concluir que na pilha “B” foi possível atingir taxas de redução de enxofre total na ordem de 0,00675 dias<sup>-1</sup> e de enxofre pirítico em torno de 0,01182 dias<sup>-1</sup>. Na pilha “A”, a remoção de enxofre total e pirítico não foram satisfatórias, não justificando o uso da biolixiviação.

Observou-se que a eficiência na taxa de dessulfuração de carvões está intimamente relacionada à presença de ganga mineral alcalina e ao hábito cristalino da pirita presente no carvão. Ainda influem nesta redução de enxofre, variáveis relacionadas à lixívia, como pH, potencial redox, concentração de bactérias, a taxa e o tipo de aspersão.

O tempo de exposição do carvão é fator determinante nos custos do processo.

A concentração de metais, que não íons de ferro, na lixívia é relativamente baixa, e dependendo da precipitação destes metais nos tanques de sedimentação, torna-se possível a utilização dos precipitados sulfatados na indústria de fertilizantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLY, R. T.; BROCK, T. D. Ecology of iron - oxidizing bacteria in pyritic materials associated with coal. *Journal of Bacteriology*, n.117, p.726-32, 1974.
- BENJAMIN, M. M. Adsorption and surface precipitation of metals on amorphous iron oxyhydroxide. *Environment Science of Technology*, n.17, p.686 -92, 1983.
- CALVERT, J. G.; STOCKWELL, W. R. Mechanism and rates of the gas - phase oxidations of sulfur dioxide and nitrogen oxides in the atmosphere. SO<sub>2</sub>, NO and NO<sub>2</sub> oxidations mechanisms: atmospheric considerations. *Acid Precipitation Series*, v.3, n.2, p.1-62, 1983.
- CYBIS, Luiz Fernando de Abreu. *Lixiviação microbiológica aplicada ao controle da poluição na mineração de carvão*. Porto Alegre, 1987. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento/UFRGS. 150p.
- DE DEUS, A. B.; DE LUCA, S. J. *Avaliação qualitativa e quantitativa de metais complexados em chuvas ácidas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19. *Anais...*, n.4, p.2294-300, 1997.
- DE LUCA, Sérgio João. *Biolixiviação de carvão antracitoso*. 1992. Relatório de Pesquisa para o CNPq.
- DUTRIZAC, J. E.; MACDONALD, R. J. C. Ferric ion as a leaching medium. *Min. Science Eng.*, v.6, n.2, p.59-100, 1974.
- EVANGELOU, V. P. 1995. *Pyrite oxidation and its control*. Boca Raton: CRC Press, 1995. 293p.
- FRELLO, Albertino. *Avaliação da biodessulfurização do carvão mineral de Santa Catarina por intemperismo natural, lixiviação com água ácida de mina e inoculação microbiana*. Florianópolis, 1998. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Ambiental/UFSC. 122p.
- GARCIA JR., Oswaldo. *Interação entre metais e microorganismos*. Anais do Workshop sobre biorremediação. Campinas, p.55 - 73, 1996.
- HARRISON JR, A. P. Microbial succession and mineral leaching in an artificial coal spoil. *Applied Environmental Microbiology*, n.36, p.861-69, 1978.
- LUNDGREN, D. G.; SILVER, M. Ore leaching by bacteria. *Annual Review of Microbiology*, n.34, p.263-83, 1980.
- MARQUES, David Manuel Lelinho da Motta. *Lixiviação microbiológica de rejeitos da mineração de*

*carvão*. Porto Alegre, 1986. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/ UFRGS. 58p.

ZANCAN FILHO, L. C.; DE LUCA, S. J.; MARQUES, D. M. L. Aplicação da biolixiviação para a remoção de enxofre de carvões brasileiros no controle da poluição do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19. *Anais...*, n.4, p.2301-06, 1997.

# VISUALIZAÇÃO DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA EM SIG

Maria Teresa Raya Rodriguez  
Heinrich Hasenack  
Hardy Pundt  
Olaf Noelle

## INTRODUÇÃO

O Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) coordenou o projeto PADCT/CIAMB Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul. A área de estudo localiza-se a aproximadamente 70 quilômetros de Porto Alegre, na Microrregião Carbonífera do baixo Jacuí. Vários subprojetos cobrindo diferentes áreas do conhecimento foram executados por diferentes departamentos e institutos da UFRGS, abordando desde aspectos socioeconômicos até aspectos ambientais e de gerenciamento. O subprojeto “Parâmetros químicos das águas superficiais” iniciou em setembro de 1993 e estendeu-se até fevereiro de 1995. As atividades deste subprojeto cobriram a determinação de 41 parâmetros químicos em três microbacias da região, do arroio dos Ratos, do arroio da Porteira e do arroio do Conde.

O objetivo do trabalho é espacializar os resultados obtidos e relacioná-los com outros parâmetros como uso e cobertura do solo, também espacializados e assim facilitar a sua interpretação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho usou-se os dados da bacia do arroio do Conde, a qual foi dividida em seis sub-bacias de acordo com os pontos de coleta nela localizados (figura 1). Este arroio drena uma área de exploração de carvão em minas a céu aberto e subterrâneas. Os valores mensais dos parâmetros químicos representam uma amostra composta para cada uma das seis sub-bacias estudadas para as quais foram calculados os

valores médios e o desvio padrão de cada parâmetro. Os dados químicos completos foram publicados no relatório final do projeto (Rodríguez, 1996). Para abranger a totalidade da bacia do arroio do Conde, agregou-se adicionalmente um sétimo ponto, monitorado pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), para o mesmo período de monitoramento. O grupo de geoprocessamento do projeto elaborou um mapa com os divisores de água da bacia do arroio do Conde sobre o qual foram também definidas as sub-bacias referentes a cada um dos pontos de coleta. Estes dados fazem parte do Sistema de Informação Ambiental elaborado através de um protocolo de cooperação entre a UFRGS, Porto Alegre e a Westfälische Wilhelms-Universität, Münster, Alemanha, com financiamento do Programa PROBRAL (CAPES/DAAD).

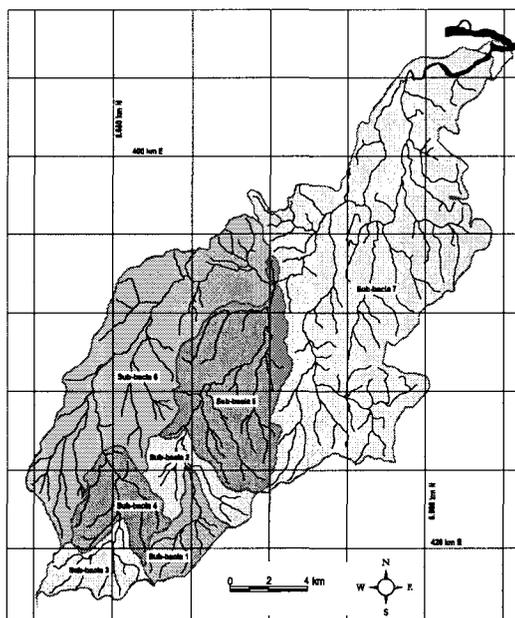


Figura 1. Sub-bacias dos pontos de coleta do Arroio do Conde, RS.

Do total de 41 parâmetros monitorados, escolheu-se 17 que melhor representam os efeitos de contaminação das águas superficiais por carvão. Os 17 parâmetros são: alcalinidade, dureza, condutividade, pH, sulfatos e os metais *Al, Ca, Mg, Na, K, Cd, Cr, Fe, Mn, Zn, Ni e Hg*. Todos estes dados estavam armazenados em arquivos Excel (Microsoft).

Paralelamente tomou-se o mapa com as sub-bacias correspondentes às áreas cuja água drena para cada um dos sete pontos de coleta, no formato IDRISI (Clark University). Os identificadores de cada sub-bacia foram substituídos pelos valores médios de cada parâmetro, através dos módulos Entrada de dados/EDIT, com valores reais e ASSIGN. Este procedimento permitiu gerar uma imagem com os dados químicos espacializados. Estes valores contínuos foram então reclassificados de acordo com o

valor básico para água doce e de acordo com a legislação vigente. Esta tarefa foi executada através do módulo RECLASS.

De modo a integrar os arquivos imagem dos dados químicos foi usada a calculadora de imagens do *software* IDRISI. Com o auxílio deste módulo, foram calculados os índices de qualidade de água de acordo com as normas brasileiras (CONAMA, 1986) para pH, Cd, Cr, Mn, sulfatos, Zn e Ni. Como o valor legal para Al, Fe e Hg foi excedido inclusive em áreas próximas às nascentes, aquém dos locais de exploração de carvão, usou-se como índice os valores normais para água doce propostos por Allen (1989). Para os parâmetros químicos não presentes na legislação brasileira usou-se valores básicos e normais para água doce (Bowen, 1979 e Allen, 1989). Os dados resultantes foram combinados com um mapa de cobertura do solo para o mesmo período, também presente no Sistema de Informação Ambiental (Balbueno, 1997), permitindo interpretar, embora qualitativamente, a razão de uma melhor ou pior qualidade da água.

O resultado constitui um conjunto de imagens *Booleanas* indicando áreas com índice de qualidade das águas superficiais acima ou abaixo dos padrões aceitáveis, segundo quatro expressões lógicas:

Expressão 1:

QualiA = (6,0 <= pH => 9,0) AND (condutividade < 300 mS/cm) AND (alcalinidade >= 0,10 mEq/l)

Expressão 2:

QualiB = (Al < 2 mg/l) AND (Ca < 15 mg/l) AND (Mg < 4 mg/l) AND (Na < 15 mg/l)

Expressão 3:

QualiC = (Cd < 1 mg/l) AND (Cr < 50 mg/l) AND (Fe < 1 mg/l) AND (Mn < 0,1 mg/l) AND (Zn < 0,18 mg/l) AND (Ni < 25 mg/l) AND (Hg < 3 mg/l)

Expressão 4:

QualiD = (QualiA = 1) AND (QualiB = 1) AND (QualiC = 1)

As imagens resultantes representam mapas de qualidade de água.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados alcançados mostram uma maneira de melhorar os relatórios químicos. Para este propósito cada parâmetro químico pode ter seus dados visualizados espacialmente com seus valores originais ou na forma de classes pré-determinadas (Fig. 2). De outro lado, oferecem a possibilidade de integração com outros dados do Sistema de Informação Ambiental - os mapas foram compostos de modo a efetuar a integração. Ao mesmo tempo, permite a visualização espacial dos valores médios de cada parâmetro

indicando se as águas superficiais da sub-bacia A ou B estão ou não dentro de classes de qualidade em função do modelo utilizado (Fig 3).

A combinação destes resultados com um mapa de cobertura do solo para o mesmo período, também presente no Sistema de Informação Ambiental (Balbueno, 1997), permite interpretar, embora qualitativamente, a razão de uma melhor ou pior qualidade da água. Este tipo de apresentação dos dados é especialmente importante, pois facilita o intercâmbio de informações entre os técnicos e as comunidades locais e seus administradores, nem sempre familiarizados com o jargão técnico, pois mapas e figuras inibem menos e contêm uma carga de informação mais sensível do que fórmulas e números apresentados de forma árida. Os mapas permitem também identificar imediatamente que áreas são prioritárias em termos de ações mitigadoras dos impactos constatados. Um sistema como o IDRISI, pelo seu baixo custo e facilidade de operação, apresenta-se como uma excelente alternativa para muitos municípios gerenciarem seus dados ambientais e poderem transferir estas informações à sua população.

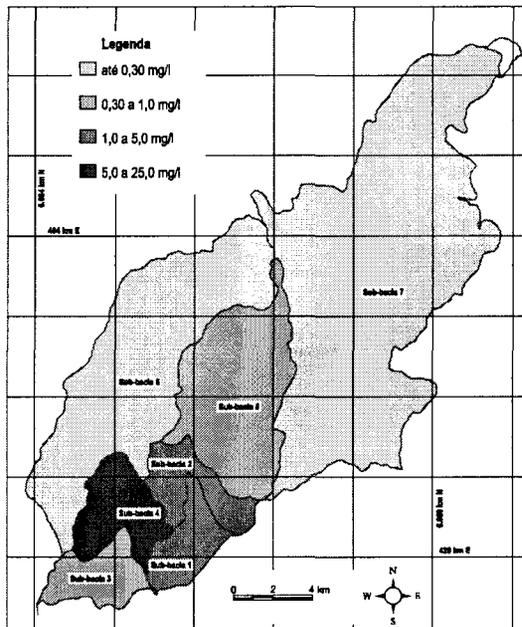


Figura 2. Mapa com classes de valores de Fe nas análises de água.

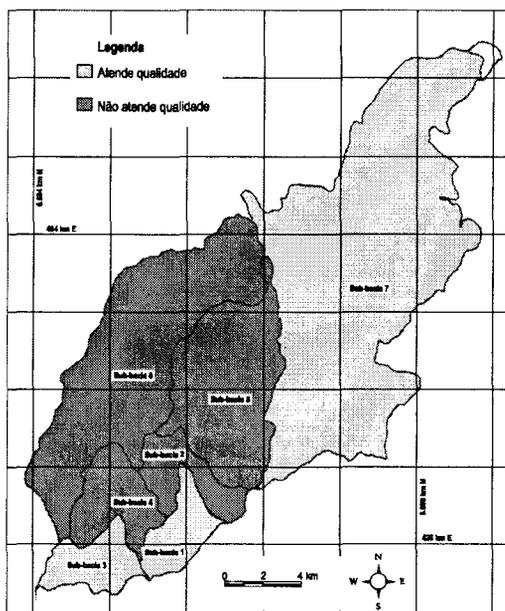


Figura 3. Sub-bacias que atendem e que não atendem aos parâmetros de qualidade de água estabelecidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S. E. *Chemical analysis of ecological materials*. 2.ed. London: Blackwell, 1989. 368p.
- ANDREAZZA, A. M. P. *Contribuição à gestão ambiental da bacia hidrográfica do arroio do Conde, RS*. Porto Alegre, 1997. Dissertação de mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS.
- BALBUENO, R. A. 1997. *A fragmentação de ambientes florestais: dois casos na região do Baixo Jacuí, RS*. Porto Alegre, 1997. Dissertação de mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS.
- BOWEN, H. J. M. 1979. *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic, 333p.
- BRASIL. 1986. Secretaria Especial do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n.20. *Diário Oficial da União*, Brasília, 30/6/86, 1979.
- RODRIGUEZ, M. T. (Coord) 1996. *Parâmetros físicos e químicos das águas superficiais*. Porto Alegre: Centro de Ecologia/UFRGS. Relatório parcial Projeto PADCT/CIAMB.

# CONTRIBUIÇÃO À GESTÃO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO DO CONDE/RS, COM ÊNFASE NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Aida Andrezza  
Antonio Eduardo Lanna

## INTRODUÇÃO

O gerenciamento ambiental pressupõe o conhecimento das inter-relações existentes entre a *oferta* de recursos naturais e as pressões por *demandas* antrópicas exercidas sobre esses recursos, configurando-se, assim, duas dimensões a serem incorporadas ao conceito de gerenciamento ambiental. Uma terceira dimensão surge da necessidade de que a sociedade encontre meios adequados ao estabelecimento de sistemas políticos e jurídico-administrativos que promovam a compatibilização entre a oferta e a demanda dos recursos naturais, formalizando-se o gerenciamento *interinstitucional* (Lanna, 1993; Lanna, 1994).

A necessidade de que sejam conhecidas as referidas inter-relações - ou situações complexas de causa-efeito -, para que seja promovido o gerenciamento dos recursos naturais, tem levado à adoção da bacia hidrográfica como unidade básica de estudo do meio ambiente, tendo em vista o papel integrador desempenhado pela água, cujas condições quali-quantitativas refletem diretamente as ações antrópicas desenvolvidas na área por ela drenada.

O Sistema Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul, este instituído legalmente pela Lei nº 10.350, de dezembro de 1994, prescrevem a adoção das bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento e gestão das águas, considerando sempre seu gerenciamento de forma integrada ao dos demais recursos naturais.

Uma vez definida a área física objeto de gerenciamento como sendo a bacia hidrográfica, a abordagem da questão ambiental pode ser feita sob uma visão sistêmica, a qual pressupõe a “exigência de conhecimento integral” da região de estudo, ou através de “pesquisa orientada para o problema ecológico” (Frank, 1995).

A bacia hidrográfica do arroio do Conde, objeto do presente trabalho, abrange parcialmente a área territorial de três municípios - São Jerônimo, Butiá e Minas do Leão, cujas sedes situadas na bacia (Butiá e Minas do Leão) não são densamente urbanizadas, e nos quais as principais atividades econômicas desenvolvidas são representadas pela agricultura, pecuária extensiva e extração de carvão mineral.

O carvão é extraído de minas subterrâneas exploradas pela Companhia Rio-grandense de Mineração - CRM - localizadas no município de Minas do Leão, e de minas a céu aberto, cuja concessão de exploração é da COPELMI Mineração Ltda., essas últimas localizadas nos municípios de São Jerônimo e Butiá (minas do Recreio e Butiá Leste). O carvão minerado destina-se às Usinas Termoelétricas de São Jerônimo e Charqueadas.

Problemas ambientais decorrentes da mineração, especialmente da mineração a céu aberto, têm sido observados em regiões do Estado de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, inclusive no baixo Jacuí (Teixeira e outros, 1995), sendo verificados nos cursos d'água da região altos teores de Sólidos Suspensos, pH ácido e metais dissolvidos.

É esperado, *a priori*, que o “problema ecológico” da bacia do arroio do Conde seja justamente o reflexo, notadamente no solo e na água, das atividades de mineração, através da degradação de extensas áreas para extração do carvão e para disposição de rejeitos e cinzas, as quais são constantemente lixiviadas pelas chuvas.

O presente trabalho objetiva, pois, primordialmente, avaliar o impacto ambiental decorrente das atividades mineradoras na bacia, procurando-se:

1. identificar as áreas mais impactadas, através do mapeamento do uso do solo e elaboração de um Índice de Qualidade da Água - IQA; e
2. estimar as cargas médias anuais de metais-traço exportadas para o rio Jacuí pela bacia, através das águas do arroio do Conde.

Paralelamente, e visando contribuir ao gerenciamento da bacia sob o ponto de vista jurídico-administrativo, serão levantados subsídios ao enquadramento legal do arroio do Conde em classes de uso preponderante, à luz da Resolução n° 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA -, de 1986.

O estabelecimento dos objetivos visados evidencia o caráter de “contribuição ao gerenciamento ambiental” pretendido pelo presente trabalho, uma vez que os recursos naturais estudados restringem-se ao solo, sob o ponto de vista do seu uso, e a água, sob o ponto de vista da sua qualidade, não sendo incorporados diretamente outros compartimentos ambientais bióticos e abióticos.

Salienta-se que o arroio do Conde é afluente direto do rio Jacuí pela margem direita, principal contribuinte do Guáíba, cuja bacia é objeto do programa de despoluição de águas mais importante hoje em início de implantação no Estado - o PRÓ-GUAÍBA. Dessa forma, a bacia em estudo, embora não constitua área territorial significativa (possui cerca de 373 km<sup>2</sup>) se comparada a bacias como por exemplo a do rio dos Sinos e do Caí (3.800 km<sup>2</sup> e 4.800 km<sup>2</sup>, respectivamente), apresenta-se relevante no contexto de planejamento ambiental do Estado.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A abordagem metodológica proposta para desenvolvimento do presente trabalho é dirigida, conforme exposto na "Introdução", à procura de respostas para questões precisas, definidas em função do conhecimento prévio da área de estudo, em detrimento de um amplo diagnóstico que, via de regra, resulta no levantamento de muitas informações, em parte, desnecessárias (Frank, 1995).

Assim sendo, e tendo-se presentes os objetivos a serem alcançados, foram reunidos os dados disponíveis e definidos os métodos a serem empregados, bem como as ferramentas mais adequadas para desenvolvê-los.

### Metodologia para identificação de áreas mais impactadas

A identificação das áreas mais impactadas pelas atividades de mineração foi empreendida a partir da elaboração de um Índice de Qualidade da Água específico para cada ponto de amostragem e para cada data de coleta, permitindo realizar um comparativo entre as diversas áreas de análise (sub-bacias contribuintes aos pontos de coleta), com emprego da técnica de Análise Fatorial.

Esta metodologia vem sendo empregada pela FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental/RS -, visando a objetivos similares, também na região do baixo Jacuí. Sgundo Haase (1993), a mesma técnica foi aplicada à bacia do Guaíba, demonstrando ser um instrumento útil na interpretação de dados de qualidade da água.

Os dados de qualidade da água empregados foram fornecidos pelo PADCT do Centro de Ecologia da UFRGS e cedidos pela FEPAM:

#### Dados do Centro de Ecologia

As coletas de água foram realizadas em seis estações (pontos n<sup>os</sup> 1 a 6), nos meses de setembro e novembro de 1993 e nos meses de janeiro, abril, junho e setembro de 1994, totalizando, portanto, seis coletas. A numeração dos pontos adotada neste trabalho obedeceu à mesma seqüência definida pelo PADCT, para padronização das informações, observando-se apenas que o ponto denominado 5 recebe a contribuição do 6, sendo, portanto, a área de drenagem deste último menor.

O Centro de Ecologia analisou, em seu laboratório, um total de 39 parâmetros físico-químicos, químicos e biológicos, empregando basicamente a metodologia de coleta e análise laboratorial recomendada pela American Public Health Association.

Os parâmetros analisados foram:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| - Transparência;          | - Temperatura;                             |
| - Condutividade Elétrica; | - pH;                                      |
| - OD;                     | - Sólidos Suspensos e Sólidos Dissolvidos; |
| - Sólidos Sedimentáveis;  | - Turbidez;                                |
| - Alcalinidade;           | - Dureza;                                  |
| - DBO;                    | - DQO;                                     |
| - Fósforo Total;          | - Orto fosfato;                            |
| - Nitrogênio Amoniacal;   | - Nitrato;                                 |

- |             |                     |
|-------------|---------------------|
| - Nitrato;  | - Nitrogênio Total; |
| - Sulfato;  | - Cloreto;          |
| - Fenóis;   | - Bactérias Totais; |
| - Cálcio;   | - Magnésio;         |
| - Sódio     | - Potássio;         |
| - Ferro;    | - Alumínio;         |
| - Manganês; | - Zinco;            |
| - Cobre;    | - Cromo;            |
| - Chumbo;   | - Cádmio;           |
| - Níquel;   | - Mercúrio;         |
| - Arsênio e | - Selênio.          |

Pela abrangência dos parâmetros analisados, observa-se que o Centro de Ecologia pretendeu elaborar um diagnóstico amplo acerca da qualidade da água da região objeto de estudo pelo PADCT.

### **Dados cedidos pela FEPAM**

Os dados cedidos pela FEPAM referem-se a apenas um ponto de coleta (Ponto 7), localizado próximo à foz do arroio do Conde no rio Jacuí, essencial ao conhecimento da qualidade da água representativa da totalidade da bacia, e que não integrava a rede de amostragem do Centro de Ecologia.

A FEPAM realizou dezenove coletas, assim distribuídas: ano de 1994 - meses de maio a dezembro; ano de 1995 - meses de janeiro a novembro.

Os parâmetros analisados pela FEPAM, em seu laboratório totalizaram 22:

- |             |                               |
|-------------|-------------------------------|
| - pH;       | - Temperatura;                |
| - OD;       | - Condutividade Elétrica;     |
| - Turbidez; | - Sólidos Totais Dissolvidos; |
| - Sulfato;  | - Fósforo Total;              |
| - DQO;      | - Cobre;                      |
| - Chumbo;   | - Níquel;                     |
| - Cobalto;  | - Cádmio;                     |
| - Zinco;    | - Ferro;                      |
| - Vanádio;  | - Molibdênio;                 |
| - Cromo;    | - Manganês;                   |
| - Arsênio e | - Mercúrio.                   |

A metodologia de análises de laboratório empregada pela FEPAM obedeceu também às recomendações da APHA.

Ao contrário do Centro de Ecologia, a FEPAM direcionou a sua amostragem à pesquisa da influência da atividade mineradora na qualidade da água, conforme pode ser constatado pelos parâmetros analisados.

De posse dos dados de qualidade da água, passou-se a uma análise de sua consistência, tendo em vista que:

- apenas parte dos dados disponíveis referia-se a parâmetros comuns entre os pontos de 1a 6 e ao ponto7;

- o período de amostragem não foi coincidente entre as coletas do Centro de Ecologia e da FEPAM, havendo apenas dois meses do ano de 1994 - junho e setembro - em que houve coletas efetuadas por ambas as instituições.

Para contornar essas dificuldades, inicialmente tentou-se conhecer as correlações existentes entre todas as variáveis disponíveis, considerando todas as coletas efetuadas (todos os casos), não sendo obtidos resultados consistentes, devido às falhas existentes no banco de dados brutos. Em seguida, foram calculadas as correlações considerando somente os parâmetros comuns entre os dados do PADCT do Centro de Ecologia e da FEPAM e todos os casos, obtendo-se resultados mais confiáveis, em termos de representatividade da química da água e da realidade da área de estudo.

Uma terceira análise de correlações foi efetuada incorporando somente os parâmetros comuns e, ainda, considerando somente as duas coletas coincidentes no tempo efetuadas na estação 7 - meses de junho e setembro de 1994. Esta decisão prendeu-se ao fato de que os anos hidrológicos de 1993, 1994 e 1995 foram muito diferentes, segundo análise das precipitações mensais ocorridas na bacia, com base nos registros do posto pluviométrico de Butiá operado pelo Departamento Nacional de Energia Elétrica - DNAEE -, localizado na cidade de Butiá. Essa diferença entre as precipitações influenciaria negativamente na avaliação conjunta dos dados de qualidade da água, uma vez serem os teores das substâncias químicas presentes na água altamente suscetíveis à ocorrência ou não de chuvas.

Para o mapeamento do uso do solo, foi empregada a técnica de sensoriamento remoto associada a geoprocessamento. Utilizou-se uma composição colorida de imagem do satélite Landsat TM-5, nas bandas 3, 4 e 7, obtida em setembro de 1993 (mês no qual iniciou-se o monitoramento do Centro de Ecologia), trabalhada em falsa cor, a qual foi geo-referenciada com apoio nas cartas do Ministério do Exército Taquari, São Jerônimo e Butiá, em escala 1:50.000.

Com o emprego do Sistema de Informações Geográficas (SIG) IDRISI, a imagem foi classificada, utilizando-se a rotina de Classificação não Supervisionada, sendo o detalhamento dos limites das áreas de mineração e das áreas urbanas efetuado com apoio em verificações de campo, com auxílio de equipamento GPS - Global Position System -, por serem estas áreas de delimitação mais difícil somente pela visualização da imagem em falsa cor. Foram criadas sete "assinaturas" - legendas - de uso do solo: água, vegetação natural, reflorestamento, solo exposto, agricultura/pastagens, áreas urbanas e mineração. Na legenda "mineração", incluíram-se as áreas de efetiva extração de carvão, as áreas já mineradas, as áreas de depósito de rejeitos e cinzas e mesmo as áreas de depósitos onde se situa a Vila Recreio, no município de Minas do Leão.

A definição das áreas de drenagem contribuintes a cada ponto de coleta foi efetuada por digitalização dos divisores de água das sub-bacias, definidos sobre as cartas em escala 1:50.000 já referidas.

O IDRISI foi utilizado ainda para:

- elaboração pelo PADCT do Modelo Numérico do Terreno - MNT -, empregado neste trabalho para cálculo de declividades dos cursos d'água;
- cálculo de áreas das diversas "manchas" de uso do solo;

- cálculo de áreas das sub-bacias de drenagem e das áreas municipais pertencentes à bacia;
  - mapeamento da geologia da bacia e da pedologia de parte da bacia, trabalhos elaborados, respectivamente, pelo PADCT e pela Faculdade de Agronomia da UFRGS;
  - digitalização da hidrografia da bacia, efetuada pelo PADCT e pela autora.
- O Apêndice 4 apresenta o mapa de uso do solo, a divisão das sub-bacias e a localização dos sete pontos de coleta de água.

## **Metodologia para estimativa das cargas médias anuais de metais-traço exportadas para o Rio Jacuí**

A estimativa das cargas médias anuais de metais-traço exportadas para o rio Jacuí através das águas do arroio do Conde está sendo efetuada com aplicação de metodologia para cálculo de fluxos poluentes e balanço de massas desenvolvida pela Universidade Federal Fluminense e reportada por Travassos (1994) e Hatje (1996).

Com base nesse conceito, são elaborados os modelos matemáticos para estimativas de fluxos de cargas poluidoras (QUAL II-E UNCAS, por exemplo), os quais consideram diversos fenômenos que ocorrem no meio hídrico, tais como a advecção e a dispersão como mecanismos de transporte na direção principal da vazão (Bauermann, 1994).

Tendo em vista que a “calibração” de modelos deste tipo é dependente de um grande número de dados de entrada, havendo mesmo assim dificuldades na obtenção de resultados confiáveis para alguns parâmetros, optou-se por avaliar apenas a carga de metais-traço, substâncias que possuem caráter conservativo, não estando sujeitas a fenômenos e reações mais complexas no meio hídrico.

Segundo a metodologia do balanço de massas, os fluxos da equação (afluente e efluente) são definidos unicamente pelas variáveis concentração e vazão, não sendo avaliada diretamente a capacidade de mistura e diluição das águas (Hatje, 1996):

$$\text{Fluxo (g/s)} = \text{concentração (g/m}^3\text{)} \times \text{vazão (m}^3\text{/s)}$$

É necessário, portanto, o conhecimento das vazões dos cursos d’água nos pontos de coleta, interessando ao presente estudo a vazão média anual do arroio do Conde nos pontos 4, 5, 6 e 7, as quais serão relacionadas às médias anuais das concentrações de metais-traço presentes no curso d’água no período amostrado.

Na bacia do arroio do Conde não existem postos fluviométricos, não se dispondo, portanto, de dados de vazões observadas diretamente na bacia.

Nesses casos, dois tipos de métodos são usualmente adotados para cálculo das vazões:

1. calibram-se modelos matemáticos em bacias com características hidrográficas e morfológicas semelhantes às da bacia em estudo, e transferem-se para esta as vazões obtidas, ajustando-se as áreas e a precipitação;

2. transferem-se as vazões observadas na bacia de referência para a bacia em estudo e ajustam-se as mesmas por proporcionalidade entre as áreas das bacias, com base na seguinte formulação:

$$Q_1/A_1 = Q_2/A_2, \text{ sendo}$$

$Q_1$  = vazão observada na bacia de referência

$A_1$  = área da bacia de referência

$Q_2$  = vazão ajustada à bacia em estudo

$A_2$  = área da bacia em estudo

No presente estudo, utilizou-se o segundo método, com base em vazões medidas na bacia do rio São Sepé, localizada na margem direita do rio Jacuí e com características morfológicas de uso do solo e de precipitações semelhantes às da bacia do arroio do Conde. Empregou-se a vazão média correspondente ao período de monitoramento da qualidade da água efetuado pelo CENECO - set/93 a set/94.

Com relação às vazões dos pontos do rio Jacuí (em Rio Pardo e em São Jerônimo), que servem como parâmetros de comparação da qualidade da água do rio a montante da foz do arroio, antes de receber a contribuição da bacia do Conde, e a jusante deste ponto, foram utilizados dados de descargas medidas pelo DNAEE em Rio Pardo, adotando-se o mesmo procedimento empregado no arroio do Conde, para o ponto sem dados diretos de campo (São Jerônimo).

## **Metodologia para levantamento de subsídios ao enquadramento do Arroio do Conde**

Os parâmetros físicos, físico-químicos, químicos e biológicos analisados pelo PADCT do Centro de Ecologia abrangem quase todos aqueles constantes da Resolução CONAMA 20/86, para os quais são estabelecidos limites máximos admissíveis em função dos usos a que se destinam as águas.

Embora a Resolução seja passível de críticas, especialmente por desconsiderar a obrigatoriedade do conhecimento prévio do *background* natural da região para posterior fixação dos limites (Andreazza e outros, 1994), e por considerar que a violação de apenas um parâmetro seja suficiente para que o curso d'água tenha que ser enquadrado em classe de pior qualidade (SOPSH/Magna Engenharia Ltda., 1996), é o instrumento legal vigente para manutenção dos parâmetros de qualidade dos recursos hídricos dentro de limites exigíveis.

É, ainda, a legislação que vem sendo obedecida pela FEPAM para efeito de enquadramento dos recursos hídricos do Estado.

No momento, estão sendo identificados detalhadamente os usos a que se destina o arroio do Conde, ao longo de todo o seu curso, da nascente até a foz no Jacuí, condicionantes básicas para subsidiar o seu enquadramento.

De acordo com os dados disponíveis e que se diferenciam, conforme já exposto, para o conjunto dos pontos de coleta de 1 a 6 e para o ponto 7, o enquadramento poderá ser sugerido com mais segurança para o trecho do arroio compreendido entre sua nascente e o ponto 5, logo após a desembocadura da sanga da Cascata (ver Apêndice 5), para o qual o número de parâmetros analisados é maior.

Há que se considerar, ainda, que o período de amostragem da qualidade da água

é curto - 1 ano para os pontos 1 a 6 e 19 meses para o ponto 7 - para que os resultados quanto ao alcance deste terceiro objetivo possam ser tomados como definitivos.

## RESULTADOS PARCIAIS

Até o presente momento (novembro de 1996), já foram obtidos resultados que permitem considerar como atingido o objetivo 1, qual seja o de identificar as áreas mais impactadas pela atividade de mineração na bacia.

O gráfico da Tabela 1 ilustra esses resultados, concluindo-se que a sub-bacia contribuinte ao ponto 4 é a mais impactada. A área de drenagem deste ponto corresponde àquela onde é maior a concentração de rejeitos de carvão e de áreas de mineração sem tratamento para recuperação, sendo também pequenas as distâncias das fontes poluentes ao ponto de coleta.

Além disso, o período em que o IQA é mais baixo, para todos os pontos, coincide com o mês de maiores precipitações entre os seis nos quais foram efetuadas as coletas de água, indicando que a lixiviação das áreas mineradas e/ou depósitos de rejeitos ou cinzas é o processo que mais contribui à redução da qualidade da água do arroio do Conde. Ao contrário, períodos de menores precipitações correspondem a maiores valores do IQA.

O ponto 2, conforme pode ser observado no Apêndice 5, localiza-se também a jusante de áreas de mineração. Ocorre, porém, que os trabalhos de recuperação das áreas degradadas que vêm sendo executados pela COPELMI Mineração Ltda. recomposição da topografia original, plantio de espécies arbóreas e revestimento do canal de drenagem da mina com leito de calcário parecem estar contribuindo para uma melhoria na qualidade das águas que drenam essa área.

O cálculo dos fluxos poluentes está sendo efetuado, dependendo de alguns ajustes da metodologia para obtenção dos resultados finais.

Resultados preliminares indicam que a contribuição da bacia do arroio do Conde, em termos de fonte exportadora de metais-traço para o sistema Jacuí, não é significativa para a maioria dos metais estudados, mostrando-se mais importante somente para o Zinco e o Manganês.

Quanto aos usos da água do arroio do Conde, os trabalhos de campo já desenvolvidos identificaram ser a irrigação de lavouras de arroz o principal uso consuntivo, presente especialmente do ponto 5 à foz, bem como o abastecimento público doméstico, efetuado a partir de captação de água da Companhia Rio-grandense de Saneamento - CORSAN - localizada no trecho de montante do arroio do Conde, para suprimento da cidade de Minas do Leão.

O arroio do Conde, em seu trecho inferior, serve ainda como balneário, havendo uma área de camping junto à Vila do Conde.

A falta de dados biológicos referentes a teores de Coliformes Fecais presentes nas águas do arroio do Conde irá prejudicar bastante os resultados quanto à sugestão de enquadramento deste curso d'água, tendo em vista as exigências da Resolução CONAMA 20/86 para águas com uso para abastecimento público e recreação de contato primário.

**Tabela 1**  
**REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO IQA**

PONTO	DATA DA COLETA	FATOR 1	MÉDIAS
1	set/93	-1,10206	
1	nov/93	-0,80855	
1	jan/94	-0,54088	
1	abr/94	-0,71105	
1	jun/94	-0,79066	
1	set/94	-1,26641	
			-0,869935
2	set/93	-0,76937	
2	nov/93	-0,48910	
2	jan/94	-0,16187	
2	abr/94	-0,04653	
2	jun/94	-0,40279	
2	set/94	-0,98086	
			-0,475087
3	set/93	-1,26585	
3	nov/93	-1,36034	
3	jan/94	-1,08902	
3	abr/94	-1,05550	
3	jun/94	-1,24177	
3	set/94	-1,39505	
			-1,234588
4	set/93	1,09169	
4	nov/93	1,38426	
4	jan/94	1,49095	
4	abr/94	2,20013	
4	jun/94	1,05810	
4	set/94	0,76977	
			1,332483
5	set/93	0,13010	
5	nov/93	0,27171	
5	jan/94	0,33913	
5	abr/94	0,58216	
5	jun/94	0,19495	
5	set/94	0,14876	
			0,277802
6	set/93	1,06686	
6	nov/93	0,75525	
6	jan/94	1,68149	
6	abr/94	0,92372	
6	jun/94	0,83183	
6	set/94	0,55682	
			0,969328

## CONCLUSÕES PARCIAIS/PRELIMINARES

Com base nos resultados já obtidos, pode-se concluir que:

- a qualidade das águas dos recursos hídricos da bacia do arroio do Conde é, em geral boa, se comparados os dados disponíveis para os pontos-controle 1 e 3 com a bibliografia consultada (Bowen, 1986) com relação a águas naturais;

- as atividades de mineração de carvão são responsáveis pela alteração na qualidade da água, o que fica evidenciado pelos seguintes aspectos: os IQAs calculados demonstram pior qualidade para os pontos de coleta cujas áreas de drenagem encontram-se sob influência das lixívias de zonas mineradas ou de depósitos de rejeitos e/ou cinzas; há um decréscimo relativo da qualidade da água se comparados os IQAs dos pontos-controle com os dos pontos 2, 4, 5 e 6;

- o ponto 7 encontra-se sob significativa influência do rio Jacuí, parecendo ser os resultados do IQA representativos de uma situação de mistura das águas; além disso, há um aumento relevante de volumes hídricos no local, o que contribui para uma acentuada redução das concentrações dos parâmetros poluentes;

- as ferramentas até o presente momento empregadas mostraram-se adequadas ao tratamento dos dados disponíveis - análise fatorial para elaboração de um IQA, e sensoriamento remoto associado a geoprocessamento de imagem de satélite para mapeamento do uso do solo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREAZZA, A. M. P. *et al.* Qualidade da água na legislação ambiental brasileira. In: SEMINÁRIO DE QUALIDADE DE ÁGUAS CONTINENTAIS NO MERCOSUL, 1, Porto Alegre, 1994. *Anais...* Porto Alegre: ABRH, 1994. p.189-228.
- BAUERMANN, A. A. 1994. *Apoio à decisão em recursos hídricos: integração de planilha eletrônica com modelo de simulação de qualidade da água.* Porto Alegre, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulica/UFRGS, 115p.
- FRANK, B. 1995. *Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes.* Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), 326p.
- HAASE, J.; POSSOLI, S. Estudo da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade da água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. *Acta Limnológica Brasileira*, v.6, n.1, p.245-255, 1993.
- HATJE, V. *Contaminação por metais pesados no rio dos Sinos, RS: uma abordagem dinâmica a partir de balanços de massa.* Niterói, 1996. Dissertação de mestrado - Instituto de Geociências/UFF, 101p.
- LANNA, A. E. L. Gerenciamento ambiental de bacia hidrográfica: conceitos e perspectivas no Brasil. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CONE SUL, 10. Gramado, 1993. *Anais...*, Porto Alegre: ABRH, v.1, p.442-451, 1993.
- LANNA, A. E. L. 1994. Aspectos ambientais do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. In: SEMINÁRIO DE QUALIDADE DE ÁGUAS CONTINENTAIS NO MERCOSUL, 1. Porto Alegre, 1994. *Anais...*, Porto Alegre: ABRH, 1994. p. 189-228.

- TEIXEIRA, E. C. *et al.* Estudo da mobilidade potencial de metais em sedimentos de correntes da região do Baixo Jacuí, RS. 1995. Pré-print.
- TRAVASSOS, M. P. 1994. *Avaliação de risco e gestão em poluição ambiental. Caso da poluição por metais pesados na bacia do rio Cai.* Niterói, 1994. Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/UFF, 234p.

Parte IV  
Plantas e animais  
como indicadores  
ambientais

# BIOINDICAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA DECORRENTE DO USO DO CARVÃO

Patrícia de Freitas Cerutti  
Feliciano E. V. Flores

## INTRODUÇÃO

O uso do carvão como fonte energética em usinas apresenta alto potencial poluidor que se manifesta desde a mineração, o beneficiamento e, principalmente, na sua combustão.

A emissão de poluentes aéreos, particularmente do  $\text{SO}_2$ , resultante do aumento da combustão de carvão, tem como consequência o agravamento dos impactos ambientais. A quantidade do  $\text{SO}_2$  emitido varia com a proporção de enxofre no carvão utilizado (CHADWICK e outros, 1990).

A presença de  $\text{SO}_2$  na atmosfera, juntamente com óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), resulta na ocorrência da “chuva-ácida” que pode determinar, em regiões industrializadas, sérios danos por corrosão de obras metálicas como pontes, estruturas de edifícios, cercas, etc., e sobre obras de arte, particularmente em pedra calcária (LYNN, 1976).

As consequências do aumento dos níveis rurais de  $\text{SO}_2$  podem ser sérias perdas por contaminação de solo, acidificação de lagos, desfolhamento de florestas e diminuição da produção agrícola (LAURENCE e WEINSTEIN, 1981; UNSWORTH e ORMROD, 1982; TRESHOW e ANDRESON, 1989).

Em áreas habitacionais, constituintes atmosféricos contendo enxofre ocasionam odores, redução de visibilidade, modificações de tempo, prejuízos à flora e à fauna e danos à saúde dos habitantes.

Os metais pesados estão amplamente distribuídos no ambiente como resultado de erosão de solo e processos industriais e agrícolas. Eles compõem um grupo muito importante de tóxicos ambientais, já que são potentes venenos metabólicos para muitos organismos (FLOWLER, 1975).

As plantas têm sido amplamente reconhecidas como indicadores sensíveis à

poluição atmosférica. A utilização de plantas como indicadores de poluição é adequada e prática, pois elas são facilmente reproduzíveis, amplamente multiplicáveis e capazes de vários modos de resposta, na qual o observador pode escolher um ou outro processo para o estudo particular (ARNDT, 1982; ARNDT & SCHWEIZER, 1991; ELLENBERG, 1991). Seu uso em pesquisa de campo é útil e necessário junto com o monitoramento físico, químico e meteorológico, para entendermos os efeitos dos poluentes sobre os seres vivos.

As alterações perceptíveis na aparência esperada, na estrutura ou função de um organismo sugerindo que ele está doente são denominadas *sintomas* e são elementos vitais para a diagnose. Diagnose é o reconhecimento das causas de uma doença ou distúrbio.

Os sintomas são mais freqüentemente visíveis nas folhas das plantas, pois estas são, em geral, os órgãos mais abundantes. Mesmo quando o dano ocorre nas raízes ou no caule, são as folhas que, com o passar do tempo, mostram os sintomas. Quando poluentes atmosféricos estão envolvidos, os sintomas estão geralmente limitados às folhas.

Se a assimilação de poluentes pelas plantas é considerada um efeito da poluição do ar, a bioacumulação pode ser usada como método para o monitoramento da poluição atmosférica.

A escolha do método de monitoramento a ser utilizado depende dos objetivos e abordagem propostos. Segundo STEUBING (1982), um programa de monitoramento pode ser feito de duas maneiras diferentes: monitoramento passivo, em que são analisadas plantas que ocorrem naturalmente na área monitorada, e monitoramento ativo, em que plantas cultivadas sob condições padronizadas são expostas junto às fontes emissoras.

O presente trabalho foi realizado na região carbonífera de Charqueadas, RS, onde estão instaladas termoeletricas e outras indústrias que utilizam o carvão como fonte energética, com o objetivo de inventariar a ocorrência de efeitos e/ou acumulação de contaminantes na vegetação terrestre espontânea; avaliar os efeitos e tendências da contaminação através do estabelecimento de uma rede de amostragem com a exposição de organismos vegetais; testar desenvolver e sistematizar métodos de bioindicação vegetal adequados ao monitoramento de contaminações ambientais decorrentes do uso do carvão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Estações de Amostragem (Eas)**

Foram instaladas 08 Estações de Amostragem na área de estudo designadas por EA01, EA02, EA03, EA04, EA05, EA06, EA07, EA08. Em casa de vegetação, no Campus do Vale da UFRGS, foram cultivados vasos como controles.

### **Monitoramento Ativo**

A planta escolhida para o trabalho de monitoramento ativo foi *Avena strigosa* (aveia preta), cultivada em vasos plásticos com solo adubado.

Em cada estação de amostragem, inclusive controles, 6 vasos com *Avena strigosa* eram sustentados sobre uma bacia plástica retangular contendo água que umidificava o solo, subindo por capilaridade através dos cordões de náilon.

Após um período de exposição de 30 dias, os vasos eram levados para o laboratório para análise da parte aérea das plantas e nas EAs eram instalados novos vasos.

As análises realizadas nas amostras retiradas de cada vaso foram: o conteúdo de S, em porcentagem da matéria seca, e o teor dos metais pesados Cr e Cu, em peso na matéria seca.

## Monitoramento passivo

A cada dois meses foram realizadas coletas, nas áreas compreendidas pelas EAs, das seguintes espécies de ocorrência espontânea:

- *Senecio brasiliensis* Less (Maria-Mole);
- *Solidago chilensis* (Erva lanceta);
- *Eryngium pandanifolium* Chem (Gravataí)
- *Baccharis sp.* (Carqueja);
- *Antropogon selloanus* (Gramínea);
- *Mimosa bimucronata* Benth (Maricá).

As amostras eram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados quanto a EA e espécie coletada, e levadas ao laboratório onde somente suas folhas eram analisadas quanto ao conteúdo de S e os teores de Cr e Cu.

O conteúdo de S foi determinado pelo método turbidimétrico ( $\text{BaCl}_2$  - gelatina) e os metais pesados Cr e Cu por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin-Elmer, Mod. 2380).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Monitoramento Ativo

As plantas de *Avena strigosa* expostas em vasos na região de estudo apresentaram valores de conteúdo de enxofre em porcentagem de matéria seca que variaram entre 0,007 e 0,4%. Os valores determinados nas plantas dos Controles variaram entre 0,016 e 0,126%. Todos estes valores estão abaixo das médias consideradas por BOWEN (1979) como valores comuns em plantas terrestres, valores estes que variariam entre 0,1 e 0,9%. Se considerarmos os valores limites propostos por ALLEN (1985), entre 0,08 e 0,5%, o conteúdo de S nas plantas de *Avena* se inclui melhor dentro destes limites.

Os baixos valores encontrados nestas plantas parecem indicar que a espécie escolhida para teste de exposição para a metodologia de "Grasskultur" (PRINZ & SCHOLL, 1978, apud ARNDT *et al.*, 1983) em relação a compostos de S, não demonstra qualidades de bioindicação. Nenhum sintoma visível de efeito do S foi observado e a acumulação deste elemento, acima dos níveis normais, não foi constatada.

Mesmo os valores de conteúdo de enxofre mais elevados, medidos nas EA08 (maio, 0,402%) e EA03 (setembro, 0,136%), que não apresentaram diferença significativa quando comparados aos níveis determinados nos Controles (entre 0,016 e 0,126%), não poderiam ser considerados como valores de acumulação.

Os valores mais altos de conteúdo de S foram observados nos meses de inverno. Isto poderia indicar uma utilização maior de S neste período, sendo este nutriente oriundo do solo dos vasos ou, eventualmente, obtido na forma de aporte atmosférico. Isto não pode ser demonstrado, mas apenas induzido considerando a proximidade das fontes emissoras. Esta observação pode ser reforçada pelo fato de que os menores valores de conteúdo de S foram verificados na EA07, que era o ponto mais distante das supostas fontes poluidoras.

No caso dos metais pesados considerados, Cr e Cu, a planta em estudo parece apresentar características mais promissoras como bioindicador de acumulação.

Quanto ao Cr, os valores apresentados por BOWEN (1979) como concentrações naturais em tecidos vegetais se situam entre 0,03 e 10mg/g. Os valores encontrados nas plantas de *Avena strigosa* expostas variaram de 0,42 a 4,82mg/g

Embora os valores mais altos de Cr, medidos na EA03 (de 1,28 a 4,82mg/g) se localizem numa região mediana dos limites citados acima, a maioria destes valores apresentaram diferença estatística significativa em relação aos valores medidos nos Controles. Uma média geral de todos os valores de Cr medidos na EA03 corresponderam aproximadamente a 5 vezes o mesmo valor médio encontrado nos Controles. O mesmo não pôde ser observado em relação às outras EAs quando comparadas aos Controles.

A presença acentuada de Cr nas plantas expostas na EA03, localizada bem próxima a uma siderúrgica, parece confirmar que este tipo de indústria se constitui numa poderosa fonte emissora de metais pesados.

Os níveis de Cu determinados nas diversas EAs foram, com exceção do mês de maio, sempre bem superiores aos valores encontrados nos Controles. Isto parece indicar que houve acumulação de origem atmosférica e que a imissão deste metal, na região, deve ser acentuada.

Os valores encontrados nas plantas expostas variaram de 3,54 a 22,30mg/g de Cu. DAVIS e outros (1978), trabalhando com cultivos de cevada em solução nutritiva, concluíram pelo valor de 20ppm da matéria seca como nível tóxico superior crítico.

Embora os valores encontrados no presente trabalho tenham sido muito superiores ao valor crítico citado para a cevada, não foram verificados sintomas externos nas plantas expostas.

As EAs nas quais os valores de acumulação de Cu foram mais altos foram EA03 e EA08, correspondendo ao que já havia sido encontrado para os teores de enxofre.

## Monitoramento Passivo

O valor médio mais alto de conteúdo de S medido nas plantas consideradas para monitoramento passivo foi determinado na primeira coleta para *Senecio brasiliensis* (0,142%). O menor valor foi apresentado por *Antropogon selloanus* na terceira coleta (0,001%).

Comparado com os resultados de ALLEN (1985), que indicavam como con-

centração normal de S em tecido vegetal o intervalo entre 0,08 e 0,5%, observamos que conteúdos de enxofre verificados nas plantas coletadas permaneceram muito baixos.

Para visualizar a distribuição dos valores de conteúdo de Cr nas plantas estudadas, estabelecemos a tabela abaixo com os valores médios das coletas realizadas.

**Tabela 1**  
VALORES MÉDIOS DE Cr (mg/g) NAS COLETAS REALIZADAS

Sps/EAs	EA01	EA02	EA03	EA04	EA05	EA06	EA07	EA08
Androp.	1,2		4,2					
Bacch.	0,6		7,6		3,9	1,2		1,3
Solidag.	1,2	1,0	9,5	1,3	2,7	2,2	1,3	
Eryng.	0,7				6,3			
Mimos.	1,0	6,8	22,6	5,1	1,3			
Senec.	1,1	1,0	8,5	2,3	1,6	6,2	4,9	2,0

Nesta tabela verificamos que os valores mais altos de Cr foram obtidos na EA03, indicando, como no caso do S, o efeito da proximidade da siderúrgica.

Em termos gerais, as plantas que mostraram melhor capacidade de acumulação de Cr foram *Senecio brasiliensis* e *Mimosa bimucronata*.

Os valores mais altos observados podem ser comparados com os limites sugeridos por BOWEN (1979). Em alguns casos, os valores foram bastante próximos do limite superior proposto (10mg/g), superando acentuadamente em *Mimosa bimucronata*.

Da mesma forma, podemos avaliar a presença de Cu nas diversas plantas estudadas através de uma tabela com as médias dos valores das coletas:

**Tabela 2**  
VALORES MÉDIOS DE Cu (mg/g) NAS COLETAS REALIZADAS

Sps/EAs	EA01	EA02	EA03	EA04	EA05	EA06	EA07	EA08
Androp.	17,0		19,1					
Bacch.	24,8		28,2		22,6	22,3		21,8
Solidag.	29,0	26,9	40,5	23,6	28,9	28,1	27,5	
Eryng.	24,7				17,5			
Mimos.	27,8	24,1	25,8	25,9	23,4			
Senec.	39,6	35,8	33,3	29,4	33,1	32,3	35,2	28,4

Como no caso de *Avena strigosa*, valores altos de conteúdo de Cu foram encontrados em todas as EAs. A maioria desses valores superaram o limite tóxico crítico proposto por DAVIS *et al.* (1978).

Como no caso do Cr, a EA que apresentou valores mais elevados foi a EA03, seguida da EA01.

Novamente, as espécies que mostraram maior capacidade de acumulação de Cu foram *Senecio brasiliensis* e *Mimosa bimucronata*, agora acompanhadas por *Solidago chilensis*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S. E. *Chemical analysis of ecological materials*. 2.ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1989. 386p.
- ARNDT, U. Comparability and standardization of bioindication processes In: STEUBING, L.; JÄGER, H. J. (Eds.) *Monitoring of air pollutants by plants: methods and problems*. The Hague: Dr. W. Junk, 1982. p.129-130.
- ARNDT, U.; OBLÄNDER, W.; KÖNIG, E.; MAIER, W. Auftreten und Wirkung gasförmiger Luftverunreinigungen in Waldgebieten Baden-Württembergs. *VDI-Bericht*, n.500, p.249-255, 1983.
- ARNT, U.; SCHWEIZER, B. The use of bioindication for environmental monitoring in tropical and subtropical countries. In: ELLENBERG, H. et al. *Biological monitoring: signals from the environment*. Braunschweig: Vieweg, 1991. p.199-260.
- BOWEN, H. S. M. *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press, 1979. 333p.
- CHADWICK, M. J.; HIGHTON, N. H.; LINDMAN, N. *Environmental impact of coal mining and utilization*. Oxford: Pergamon Press, 1990.
- DAVIS, R. D.; BECKETT, P. H. T.; WOLLAN, E. Critical levers of twenty potentially toxic elements in young spring barley. *Plant and Soil*, n.49, p.395-408, 1978.
- ELLENBERG, H. Bioindicators and biological monitoring In: ELLENBERG, H. et al. *Biological monitoring: signals from the environment*.
- FOWLER, B. A. Heavy mMetals in the environment: an overview. *Environmental Health Perspectives*, v.10, p259-260, 1975.
- LAURENCE, J. A.; WEINSTEIN, L. H. Effects of air pollution on plant productivity. *Ann. Rev. Phytopathol*, n.19, p.257-271, 1981.
- LYNN, D.A. *Air pollution: threat and response*. Reading: Addison-Wesley, 1976.
- STEUBING, L. Problems of bioindication and the necessity of standardization. In: STEUBING, L.; JÄGER, H. J. (Eds.) *Monitoring of air pollutants by plants: methods and problems*. The Hague: Dr. W. Junk, 1982. p.19-24.
- TRESHOW, M.; ANDERSON, F. K. *Plant stress from air pollution*. Chichester-GB: J. Wiley & Sons, 1989.
- UNSWORTH; ORMROD (Eds.). *Effects of gaseous air pollution in agriculture and horticulture*. Butterworth Sci., London, 1982.

# **AVALIAÇÃO DE UMA ÁREA DE REJEITOS DA MINERAÇÃO DE CARVÃO COM VISTAS A BIOINDICADORES VEGETAIS PARA METAIS PESADOS**

Tania Renata Prochnow  
Maria Luiza Porto

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as condições ambientais de uma área com rejeitos de carvão e a interferência desta sobre diferentes áreas vegetadas próximas, vem como sobre corpos d'água formados sobre esta área e na sua interface com áreas contíguas. Foi selecionada para este fim uma área com rejeitos denominada Capão da Roça, com aproximadamente 140ha, localizada no município de Charqueadas, RS, sendo também incluídos: um eucaliptal, um campo banhado e uma mata nativa sem contaminação aparente.

Foram realizadas análises físicas e químicas e determinados os metais pesados Fe, Cr, Pb e Mn para amostras de água, substrato, sedimento e vegetação destas áreas; o resultado final das análises e posterior tratamento matemático deu origem a mapas indicativos dos gradientes de contaminação ambiental e a indicação de prováveis bioindicadores vegetais para metais pesados.

## **INTRODUÇÃO**

O impacto da atividade humana sobre a ecosfera terrestre é hoje um dos assuntos mais discutidos do mundo. A partir da Revolução Industrial e do uso dos combustíveis fósseis, a humanidade se transformou no principal fator de alteração geológica do planeta (Fonseca, 1989).

A atividade humana tem interferido nos processos naturais com atividades industriais e mineradoras que alteram, entre outras a ciclagem de elementos não essenciais,

ainda que os primeiros não tenham valor algum para os organismos. Por semelhança química com elementos específicos vitais, em diversos tecidos ocorre a concentração de elementos não essenciais. Portanto, em decorrência das atividades humanas, devemos nos preocupar também com a ciclagem de muitos destes elementos (Odum, 1971).

Em áreas com depósito de minerais, áreas mineradas e áreas com rejeitos de mineração, onde ocorrem as maiores concentrações de metais pesados, ocorre durante esta ciclagem uma maior concentração em organismos vivos, principalmente plantas com sistema radicular profundo (Malyuga, 1964).

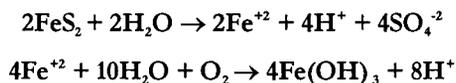
Alguns destes metais são úteis aos organismos vivos, em percentagem muito pequena, tornando-se mais ou menos tóxicos em percentagens mais elevadas. Todos eles se concentram ao longo das cadeias alimentares (Friedel, 1980). Alguns destes metais, como o mercúrio, o cádmio e o chumbo, são tóxicos mesmo em concentrações muito baixas. O cromo, o níquel, o cobalto e vários outros são tóxicos e demonstram ser carcinogênicos mesmo em quantidades mínimas (Raw, 1981; Wagner, 1985). Mesmo os metais pesados essenciais aos organismos vivos se tornam tóxicos quando em concentrações elevadas. Esta toxicidade dos metais se origina na capacidade de substituir íons centrais em enzimas e fermentos de organismos vivos, provocando assim distúrbios em suas funções de catalisadores para reações bioquímicas (Sanson, 1981 apud Wagner, 1985).

Vários estudos têm sido realizados sobre as concentrações típicas destes elementos em cada região e em diversos compartimentos, como os trabalhos de Malyuga, 1964, Mathis e Cumming, 1973, Taylor 1974 e 1976, Forstner e Wittmann, 1983 e outros.

Os metais pesados podem ter suas concentrações alteradas em um ambiente por causas naturais, como erupções vulcânicas, intemperização das rochas e solos, cheias periódicas de grandes cursos d'água, entre outras. Mas, sem dúvida, as ações antrópicas são as que mais contribuem para alterar as concentrações de metais em algumas áreas, como mostram os estudos realizados por Anderson, 1992, nos Estados Unidos e por Corson, 1993, no mar Báltico.

A mineração de carvão pode alterar as concentrações de metais pesados em todos os compartimentos do ecossistema, não apenas das áreas mineradas mas também através de resíduos gerados pela mineração ou pela utilização do carvão em usinas termelétricas ou em outros processos industriais (Mason, 1966; Pulford e Ducan, 1975b; Lawrey, 1976; Dimber e outros, 1978; Coles, Ragaini e Ondov, 1979; Wadge e Hutton, 1987).

Rejeitos recentes do carvão têm, usualmente, pH neutro ou levemente alcalino, que começa a decrescer quando a pirita se oxida. A oxidação da pirita a sulfato ocorre por ação de microrganismos em presença de ar, variações térmicas e variações de umidade (chuvas, infiltrações, drenagem), causando o aumento do caráter ácido que ocorre segundo a reação:



Devido a esta oxidação, as áreas com rejeito de carvão não queimado passam por diversos estágios onde o potencial de acidez, inicialmente alto, vai decrescendo. O pH inicialmente alto vai baixando até tornar-se extremamente ácido, aumentando depois gra-

dativamente, até se esgotar o potencial de acidez; a quantidade de sulfato livre é inicialmente baixa e vai aumentando até o último estágio.

Este processo não ocorre com rejeitos queimados, pois durante a combustão ocorre a oxidação da pirita sem a produção de rejeitos sólidos ácidos.

Em decorrência destes processos de oxidação, a mineração de carvão e depósitos com rejeitos de carvão freqüentemente causam poluição de corpos d'água, águas subterrâneas e outros problemas ambientais (Kumber et al, 1978; Pulford e Ducan, 1975b).

Ocorre uma diferença de propriedades entre as áreas queimadas e não queimadas: nas áreas queimadas foram encontradas concentrações mais altas de alumínio (Al) e cromo (Cr), enquanto que, nas áreas não queimadas, ocorre uma maior concentração de outros elementos como o níquel (Ni), cobalto (Co), chumbo (Pb), manganês (Mn), potássio (K), magnésio (Mg) e cobre (Cu).

Áreas de mineração de carvão e depósitos com rejeitos de carvão apresentam uma série de alterações tais como: alterações nos componentes biológicos que regulam os processos de decomposição do litter, em virtude de uma baixa biomassa bacteriana e de fungos, causada pela presença das concentrações elevadas de metais pesados (Bahyia e Cornfield, 1972; Ruhling e Tyler, 1973; Daft e Nicolson, 1974; Jordan e Lechevalier, 1975; Lawreu, 1976); as baixas condições de pH destas áreas contribuem para a crescente solubilização de numerosos elementos-traço do substrato, particularmente metais, e são fatores limitantes no estabelecimento da vegetação natural ou introduzida nestes *habitats*.

Assim, várias espécies de organismos terrestres e aquáticos acumulam metais pesados, cada um destes em partes específicas de su organismo (Lawrey, 1975; Whitton et al, 1982; Caines e Wells, 1985). Algumas plantas superiores também sofrem alterações em seus parâmetros celulares quando crescem em áreas mineradas (Porto, 1983).

Ocorre também, nestas áreas de rejeito com pH baixo, a formação de óxido de ferro amorfo que impede a absorção de fosfatos fertilizantes pelas plantas (Pulford e Ducan, 1975).

Algumas plantas, capacitadas para tolerar concentrações altas de metais pesados, acumulam estes elemento em quantidades freqüentemente tóxicas para herbívoros, tendo sido observadas altas concentrações destes elementos nestes organismos em áreas contaminadas com rejeitos ou pela mineração do carvão (Lindsay, 1974; Wagner, 1985; Porto, 1981, 1983, 1986 e 1989; Zoche, 1985; Zanardi, 1990; Bustamante, 1993).

O Rio Grande do Sul é o Estado que comporta as maiores reservas carboníferas do país. Até agora apenas uma parcela destas reservas tem sido exploradas; com o crescimento do consumo energético, a tendência é incrementar o uso do carvão como fonte de energia mais barata. Este carvão, numa associação significativa com o enxofre e material mineral, precisa ser beneficiado; isto gera uma série de resíduos causadores de impacto ambiental. Também a feração de energia pelo carvão gera uma série de materiais impactantes, como o "fly ash", material particulado fino com elevada concentração de SO<sub>2</sub> e elementos traço, além das cinzas provenientes da queima do carvão.

Poucos trabalhos tem sido realizados no Brasil sobre áreas mineradas, recuperação destas áreas, degradação de ecossistemas ou relações entre alteração do meio e reestabelecimento de comunidades vegetais nestas áreas (Sháfer, 1978; Lewgoy, 1980; Klippel, 1982; Sanches e Pintaude, 1983; Machado, 1987; Zoche, 1989; Zanardi, 1990; Porto inédito).

Estando o município de Charqueadas situado na bacia hidrográfica do rio Jacuí, onde se apresentam algumas das maiores alterações fisionômicas provocadas pela mineração e utilização do carvão no Rio Grande do Sul, foi escolhido para a realização deste trabalho, que tem por objetivos:

-Realizar o zoneamento da área de depósitos de rejeitos de carvão, considerando os agrupamentos vegetais e as condições físico-químicas do ambiente.

-Avaliar a interferência desta área sobre diferentes manchas de vegetação localizadas sobre ou próximas a esta área, bem como nos corpos d'água formados sobre a mesma e a ela interligados, e na sua interface com áreas contíguas.

-Estimar a semelhança entre a vegetação das diversas áreas, a área com rejeito de carvão e as áreas contíguas, e testar as concentrações dos metais pesados Cr, Pb, Mn e Fe, em plantas nativas e em cultivadas, com vistas à bioindicação.

-Verificar a correlação entre as concentrações dos metais pesados no solo, nas águas e nas plantas das espécies selecionadas.

-Mapear a situação de forma sintética, fornecendo subsídios para o manejo, recuperação e utilização de áreas afetadas pela mineração de carvão.

## **ÁREA DE ESTUDO E CARACTERÍSTICAS REGIONAIS**

A área de estudo está localizada no município de Charqueadas, no setor gaúcho da Depressão do Paraná, conhecido por Depressão Central Gaúcha. Por esta Depressão, caracterizada por pequenas variações altimétricas onde as maiores cotas se situam ao redor de 200m, passam as águas do rio Jacuí e seus afluentes.

O clima dominante da região é mesotérmico superúmido, sem estação seca, do tipo temperado (Nimer, 1989). A temperatura média anual se situa em torno dos 18° C, com temperaturas máximas absolutas ultrapassando os 40° C e mínimas absolutas inferiores a 4° C, sendo janeiro o mês geralmente mais quente e julho o mais frio do ano.

A precipitação média anual é de 1500 a 1750mm, sendo julho, agosto e setembro os meses de concentração máxima da precipitação (IBGE, Reg. Sul, 1990).

Charqueadas está localizada na Formação Rio Bonito, que integra a Cobertura Sedimentar Gonduânica da Bacia do Paraná, na qual estão situadas as jazidas e ocorrências de carvão mineral, sendo que as jazidas de Charqueadas-Guaíba-Santa Rita, situadas a 40 Km a oeste de Porto Alegre, compõe a maior jazida carbonífera da bacia de São Jerônimo Canoas. É nela que se localiza o Poço Otávio Reis, de onde provém parte do rejeito depositado na área de aterro do Capão da Roça, Charqueadas, escolhido como área de estudos deste trabalho.

O carvão de Charqueadas foi caracterizado como tipo betuminoso, de alto volátil C, não aglomerante (Ferreira, Süffert e Santos, 1978) e é, em sua quase totalidade utilizados para alimentar usinas termelétricas.

O solo da área de localização da jazida é classificada pelo IBGE (1990) como Planossolo, típico de áreas baixas onde o relevo permite excesso de água permanente ou temporário, ocasionando fenômenos de redução que resultam no desenvolvimento de perfis com cores cinzentas indicativas de gleização. São geralmente solos mal ou imper-

feitamente drenados cujas característica marcante é a presença de horizonte superficial aluvial de textura arenosa ou média, que contrasta abruptamente com o horizonte subadjacente B, de elevada concentração de argila.

As formações vegetais originais da região sofreram alteração, tanto pela agricultura como pelo pastoreio, reflorestamento com espécies exóticas e a expansão urbana. Localizada em Área de Tensão Ecológica (contatos), a região tem como caracterização vegetal, um contato entre a região da Floresta Estacional Decidual (Caducifólia) e a Savana. No Rio Grande do Sul encontram-se grandes áreas de Savanas associadas aos derrames ácidos (IBGE, 1990).

Grande parte das espécies características dos campos do Rio Grande do Sul relacionados por Araújo (1978) é encontrada ainda hoje, com bastante frequência, destacando-se as dos gêneros *Andropogon*, *Aristida*, *Elyonurus*, *Elyanthus*, *Paspalum*, *Schizachirium* e *Trachypogon*.

A alteração dos campos do município foi gradativa, com a multiplicação dos rebanhos e a introdução de culturas, onde se destacam: arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, batata, ao lado do reflorestamento com *Eucalyptus* sp. E *Acácia* sp.

O município de Charqueadas está localizado às margens do rio Jacuí, a 70 Km de Porto Alegre. Seu limite com Guaíba é demarcado pelo Arroio dos Ratos, localizado a leste; a oeste fica São Jerônimo, cuja divisa com Charqueadas é demarcada pelo Arroio Passo do Leão. Ao norte de Charqueadas, na margem oposta do rio Jacuí, está localizado o município de Triunfo, onde está situado o Pólo Petroquímico.

A área de trabalho, o Capão da Roça, está localizado na periferia da zona central da cidade urbana entre as vilas residenciais Aços Finos Piratini e a COHAB. Ao norte desta área fica a zona central da cidade e ao sul, área de campos de criação de gado e áreas reflorestados com eucaliptos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para este trabalho selecionamos uma área de aterro com rejeito de carvão denominada Capão da Roça, área esta constituída por aproximadamente 80% de rejeitos de lavagem do carvão da Mina do Recreio e o restante, da mina de profundidade de Charqueadas (Poço Eduardo Reis) e rejeitos da Aços Finos Piratini. Nesta área está localizada uma pequena elevação com mata nativa, não contaminada pelos rejeitos, que foi utilizada como área controle para vegetação e substrato.

As demais coletas das amostras de vegetação e substrato foram realizadas em: eucaliptal adjacente à área de aterro, localizado no início do declive do mesmo; área de artificialmente pela COPELMI, ambas localizadas sobre a área de aterro; declive do aterro até à borda do canal de drenagem igualmente sem cobertura vegetal; campo banhado localizado além do canal de drenagem da COPELMI.

Estas coletas foram realizadas no verão e inverno de 1993, em áreas teste de 100m de largura por 520m de comprimento, demarcada sobre as manchas acima citadas.

As amostras de água, sedimento e macrófitas aquáticas foram realizadas no mesmo período, tendo sido coletadas amostras em: pequeno corpo d'água que tem ca-

racterísticas de lagoa rasa, estável mas de tamanho variável determinado pelo regime pluvial, formada por represamento provocado pelo aterro de carvão, por um antigo aterro de cinzas da Termelétrica de Charqueadas coberto por eucaliptal, e uma elevação natural do terreno igualmente coberta por eucaliptal, e a mancha de mata nativa; canal de drenagem escavado pela COPELMI para receber as águas lixiviadas do aterro; arroio Passo do Leão, ao qual o canal de drenagem lança suas águas; rio Jacuí que recebe as águas do arroio Passo do Leão.

Para o estudo morfológico e topográfico foi feito pelo Sistema Geográfico de Informação (GIS), em computadores utilizando *software* PC-ARC/INFO, versão 3.3, o mapa da área total do aterro e suas abrangências, tendo como base a carta dos terrenos da CEFMSJ em Charqueadas (COPELMI), em escala 1:8000 (Apêndice 7).

A demarcação e mapeamento da área teste, perímetro e curvas de nível, foi confeccionado pelo serviço de topografia da COPELMI. A partir deste mapa, com base nos pontos de coordenadas e a altitude, foi feito o mapa tridimensional da área utilizando *software* ARC/INFO-SEM.

A localização dos pontos de coleta de água e sedimento no canal de drenagem, arroio Passo do Leão e rio Jacuí, foi feita com auxílio de fotos aéreas 1:25.000, medições com bússola prismática YMC-PAT-LENSATIC COMPASS LIQUID FILLED e trena RICHTER de 50m (fig. 1).

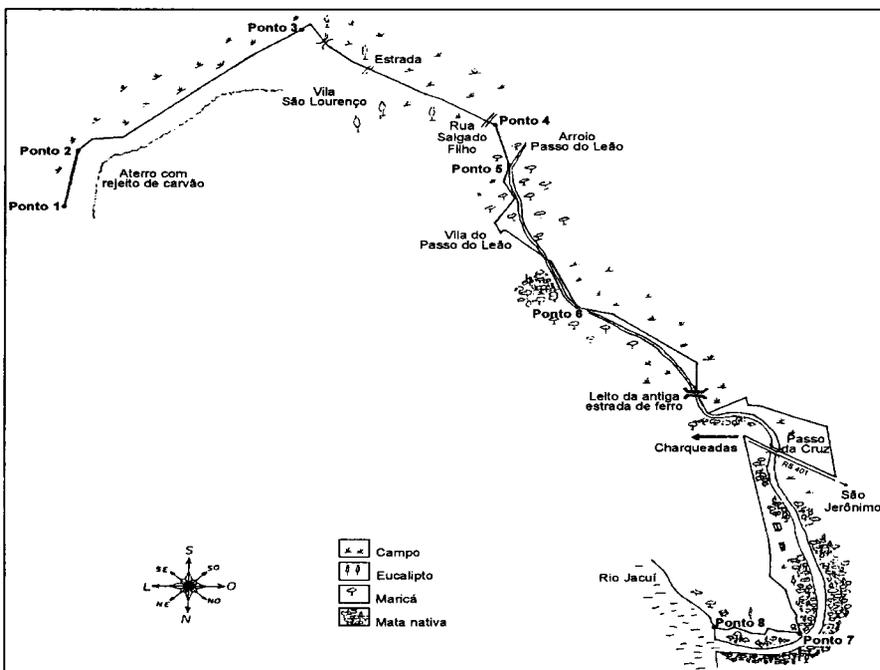


Figura 1

As coletas de água foram realizadas em nove pontos, a uma profundidade aproximada de 15 cm, assim distribuídos: pontos 1, 2, 3 e 4, no canal de drenagem (início, área teste, final do aterro e após a entrada do esgoto da COHAB); pontos 5, 6 e 7, arroio Passo do Leão (antes da confluência com o canal, área de banhado e maricazal após receber as águas do canal, e após o Passo da Cruz, onde o arroio é largo, com mata ciliar diversificada e diversas macrófitas aquáticas); ponto 8, rio Jacuí, abaixo do arroio Passo do Leão, considerado como controle para águas e sedimentos; ponto 9, pequena lagoa sobre a área de aterro.

Após as medições de campo em cada um dos pontos, foram coletadas amostras em frascos de polietileno, acidificadas com ácido nítrico concentrado e conservadas sob refrigeração até as demais análises. Os parâmetros analisados foram os seguintes: temperatura, oxigênio dissolvido, percentagem de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, matéria orgânica, dureza, alcalinidade, nitrogênio total e fósforo total. Os equipamentos utilizados foram: termômetro Precision Mustidigital Thermometer, para temperatura de água e ar, oxímetro Jenway, modelo 9070 com sensor H-90, para oxigênio dissolvido, condutivímetro Analion modelo C 702 com eletrodo C-801/1-1491, para a condutividade elétrica, e pHmetro WTW PH 522 com eletrodo tipo G56 para as medidas de pH. As demais análises foram realizadas utilizando os métodos da Petrobras e APHA (1985). A saturação de oxigênio foi calculada a partir de fatores utilizados por Schäfer (1985) e a condutividade corrigida para 20 °C.

A análise dos metais pesados foi realizada em espectrofotômetro Perkin Elme 2380, após a digestão das amostras com 2 ml de ácido nítrico concentrado, filtração e avolumação da mostra até 500 ml com água destilada. O cromo e o chumbo foram analisados em forno de grafite HGA 400 e o ferro, o manganês e o potássio, em chama.

O sedimento foi coletado nos mesmos pontos de coleta de água, quando a profundidade permitia. O substrato foi coletado com pá de polietileno, a uma profundidade média de 10 cm, junto aos pontos de coleta vegetais. Nas áreas sem vegetação por serem muito extensas, foram demarcados pontos de 10 em 10 metros, numerados e a coleta foi realizada em 10 destes pontos em cada mancha, por sorteio.

As amostras passaram por secagem em estufa a 60 ° C e moagem em gral de porcelana. Para a análise foram pesados 0,25g do substrato e colocados em bombas de Tolg, sob pressão, com 2ml de ácido nítrico concentrado e 1 ml de ácido fluorídrico 0,1N, e digeridas em bloco digestor Bergof, a 100°. C, durante 3 horas; após esfriar, a solução resultante foi filtrada em papel Whatmann 42 e avolumada a 25 ml com água destilada, tendo sido analisados por espectrofotometria de absorção atômica os mesmos elementos das amostras de água. Os macronutrientes N, P e o enxofre (totais), foram determinados segundo a APHA (1985).

Nas áreas vegetadas, onde os vegetais se distribuem em manchas distintas, foram selecionados indivíduos característicos de cada mancha e, quando possível, indivíduos comuns ao maior número possível de manchas. As espécies selecionadas foram: na lagoa, a macrófita aquática *Ludwigia sp.*, por ser abundante em todas as épocas de amostragem; no eucaliptal, folhas e galhos finos de *Eucalyptus sp.*; na área vegetada sobre o aterro, folhas e galhos finos de *Acácia nearnsii Wild.*, na área considerada como controle, a mancha de mata nativa denominada Capão da Roça, no campo revegetado e no campo banhado após o canal de drenagem, foram selecionados indivíduos (raiz, caule e folhas) de *Paspalum pumiliun Nees*, espécie de gramínea comum às três áreas.

Após lavagem abundante com água e ultra-som, utilizando secagem e homogeneização de raízes, caules e folhas de cada mostra, forma pesados 0,3g do material de cada mancha, os quais forma acondicionados em bombas de teflon com 2 ml de ácido nítrico concentrado e digeridos como as amostras de substrato. Após a filtração e avolumação das amostras com água destilada e deionizada até 25ml, foram analisados os mesmos metais pesados, por espectrofotometria de absorção atômica.

Foram também realizados levantamentos botânicos em três manchas: lago sobre o aterro, o campo banhado e o campo revegetado. Neste levantamento foram coletados indivíduos de todas as espécies presentes na época do levantamento botânico, em janeiro de 1994, ao longo de transeccionis nos bordos e centro de cada mancha.

Os resultados obtidos nas análises físico químicas e de metais pesados nas diversas áreas e corpos d'água estudados, bem como as espécies identificadas pela caracterização e mapeamento da vegetação destas áreas, sofreram um tratamento matemático e estatístico, com utilização do MICROSOFT GRAF FOR WORD 2.0, identificando as prováveis bioindicadores para os metais pesados analisados, sendo assim possível gerar também um mapeamento das áreas com gradientes de contaminação.

## RESULTADOS

O levantamento florístico foi realizado com o objetivo de caracterizar a fisionomia da vegetação da área de aterro com rejeitos de carvão, bem como das diferentes áreas e corpos d'água adjacentes sujeitos à interferência da área de estudo. Dentre as espécies coletadas, constatou-se a presença de 22 famílias, 47 gêneros e 60 espécies.

Na área revegetada com acácias, cujo desenvolvimento é alterado e muitas arboretas secaram, foi encontrada apenas a gramínea *Cynodon dactylon*. Na área de campo revegetado, também foi observada a alteração da vegetação implantada por sementeira de diversas espécies integrantes do estrato herbáceo, com vários pontos sem vegetação e baixa diversidade de espécies: 6 famílias, 10 gêneros e 11 espécies, destacando-se as famílias *Gramineae* e *Asteraceae*, sendo que a gramínea *Paspalum pumilium* Nees apresenta a maior percentagem de cobertura na área. Como foram encontradas grandes quantidades de fezes de lebres nesta área, a alteração da vegetação pode ter sofrido a interferência do pastoreio destes animais que parecem demonstrar preferência por esta área, já que poucas fezes foram observadas nas áreas contíguas.

A vegetação da pequena lagoa sob a área de aterro foi coletada apenas próximo aos bordos de sua parte estável. A lagoa apresenta grande quantidade de macrófitas aquáticas e ali também proliferam grande quantidade de pequenos peixes e diversas espécies de insetos. As macrófitas crescem mais intensamente junto ao aterro de cinzas (margem leste) e ao Capão da Roça, onde a lagoa forma uma área de banhado (margem norte). A vegetação coletada na lagoa totalizou 7 famílias, 8 gêneros e 10 espécies, sendo que a onagrácea *Ludwigia sp* e a ciperácea *Eleocharis sp*. Se encontram abundantemente distribuídas por toda a lagoa, formando a onagrácea uma densa vegetação de superfície e a ciperácea uma compacta vegetação de fundo.

A análise da vegetação do campo banhado localizado na margem do canal de drenagem, na área teste, apresentou 42 espécies agrupadas em 16 famílias e 33 gêneros,

destacando-se a família *Gramineae*, com 6 gêneros e 10 espécies. A gramínea *Paspalum pumilum* Nees, testada com bioindicador neste trabalho, apresenta cobertura significativa nesta área, principalmente próximo ao canal de drenagem.

A tabela 1 apresenta os parâmetros físico-químicos, macronutrientes, enxofre total e metais pesados Cr, Pb, Mn, Fé determinados para as amostras dos nove pontos de coleta de águas, tanto no inverno como no verão.

**Tabela 1**

Parâmetros físicos, químicos, macronutrientes (N, P, K) e metais pesados (Cr, Pb, Mn e Fé) determinados para as amostras dos nove pontos de coleta de águas (verão e inverno)

Parâmetros analisados	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Temperatura verão (°C)	23,5	24,7	23,9	24,0	23,1	23,1	23,5	25,0	25,0
Temperatura inverno (°C)	19,1	17,5	17,1	17,0	17,0	17,3	18,1	23,1	16,0
pH verão	2,40	2,12	2,02	2,22	5,30	3,71	4,90	6,01	6,40
pH inverno	2,02	2,25	2,24	2,68	5,62	3,12	3,21	5,27	6,32
Parâmetros analisados	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Condutividade (mS/20°C) verão	1,72	4,31	3,71	1,96	0,06	0,28	0,31	0,20	0,34
Condutividade (mS/20°C) inverno	2,40	3,60	4,25	2,22	0,04	0,23	0,32	0,11	0,15
Mat. orgânica (ppmO <sub>2,rem</sub> ) verão	108,0	120,0	120,0	134,8	129,0	133,0	137,6	144,0	144,0
Mat. orgânica (ppmO <sub>2,rem</sub> ) inverno	105,2	109,0	109,8	132,7	117,6	129,3	131,4	143,3	139,0
DO <sub>2</sub> (mg/l) verão	3,1	3,0	4,3	2,0	2,5	2,7	2,8	3,7	3,0
DO <sub>2</sub> (mg/l) inverno	3,0	3,2	4,0	1,7	2,0	2,5	2,8	3,2	3,3
% O <sub>2</sub> verão	37	31	52	25	30	32	31	43	30
% O <sub>2</sub> inverno	32	33	41	18	21	26	30	37	33
K total (mg/l) verão	7,72	7,63	6,63	18,10	2,97	2,86	3,61	3,20	6,01
K total (mg/l) inverno	5,72	9,44	3,63	8,54	1,38	2,38	2,62	3,19	4,33
N total (mg/l) verão	11,47	6,87	7,53	29,48	13,10	5,24	6,55	0,00	5,89
N total (mg/l) inverno	6,74	5,32	5,73	12,10	8,45	5,18	2,62	2,62	5,24
P total (mg/l) verão	125,08	47,17	1,63	276,32	52,55	0,00	4,71	0,00	97,23
P total (mg/l) inverno	88,84	21,69	0,08	15,13	0,00	0,00	10,89	0,00	0,00
Cr total (mg/l) verão	0,05	0,05	0,02	0,03	0,006	0,008	0,006	0,03	0,03
Cr total (mg/l) inverno	0,15	0,04	0,02	0,01	0,007	0,007	0,008	0,03	0,03
Pb total (mg/l) verão	0,007	0,007	0,009	0,01	0,009	0,008	0,01	0,05	0,01
Pb total (mg/l) inverno	0,05	0,05	0,01	0,009	0,006	0,006	0,007	0,01	0,09
Mn total (mg/l) verão	1,34	2,28	3,32	1,46	0,08	0,11	0,18	0,03	0,61
Mn total (mg/l) inverno	2,31	2,28	3,70	1,85	0,02	0,25	0,23	0,09	0,30
Fé total (mg/l) verão	3,42	14,63	14,56	13,77	1,89	1,39	5,39	1,77	6,48
Fé total (mg/l) inverno	14,98	15,04	14,73	14,15	1,56	7,94	7,30	0,81	10,60

**Pto. 1:** início do canal

**Pto. 2:** canal, área de trabalho

**Pto. 3:** canal após aterro

**Pto. 4:** canal após COHAB

**Pto. 5:** arroio P. do Leão

**Pto. 6:** arroio/campo banhado

**Pto. 7:** arroio após P. da Cruz

**Pto. 8:** Rio Jacuí jus. P. do Leão

**Pto. 9:** lagoa sobre o aterro

O pH do canal de drenagem apresentou valores muito baixos, em média 2,19 no verão e 2,29 no inverno. Isto se deve à dissociação do ácido sulfúrico proveniente da oxidação da pirita presente no aterro, sendo este material trazido ao canal pela água da chuva acidificada pelo rejeito, juntamente com diversos íons solubilizados, entre os quais, íons de metais pesados. O arroio que apresenta pH bem mais elevado antes de receber as águas do canal de drenagem (5,30 no verão e 5,62 no inverno), tem uma queda brusca neste parâmetro passando a 3,71 no verão e 3,12 no inverno. Com a passagem do arroio em área de banhado, com densa vegetação formada principalmente por gramíneas e maricazal que fazem efeito de um filtro, o pH vai aumentando gradativamente até se igualar ao do rio Jacuí, onde desemboca (ver fig. 1).

Entretanto, o pH que mais chamou atenção é o da pequena lagoa sobre a área de aterro, que fica praticamente estável durante o ano, em torno de 6,40, apesar de estar parcialmente sobre o rejeito de carvão e de receber as águas pluviais acidificadas pelo mesmo. O pH fortemente ácido destas águas é neutralizado pelas águas pluviais provenientes de uma área aterrada com cinzas de carvão da termelétrica de Charqueadas, localizada na outra margem. Pelas normas brasileiras de classificação das águas interiores, o pH destas águas deve estar entre cinco e dez; os pontos de coleta 1, 2, 3, 4, 6, e 7 ficaram abaixo destes limites. Os efeitos letais para os organismos aparece quando o pH fica maior que 5,5 ou menor que 9,5 (Wetzel e Likens, 1990), ainda que alguns organismos apresentem tolerância restrita em pH extremos. Em microscopia realizada nas amostras de água, foi constatada a ausência total de plâncton nas amostras 1,2 e 3, sendo observadas apenas grande número de mistelas coloidais de hidróxido de ferro. O ponto 4 evidenciou os efeitos letais de um pH tão baixo, pois todos os microorganismos provenientes do esgoto da COHAB, localizado um pouco acima, não mais apresentavam movimento. Os demais pontos apresentaram presença de microorganismos, sendo que o ponto 9, da pequena lagoa sobre o aterro, com pH mais elevado (6,40), apresentou maior diversidade e quantidade de organismos. As mistelas de hidróxido de ferro, presentes em grande quantidade no canal, vão diminuindo gradativamente nos demais pontos, sendo que no rio Jacuí (ponto 8), estão praticamente ausentes.

A percentagem de oxigênio dissolvido foi bastante baixa em todos os pontos, atingindo um valor mínimo de 25% no ponto 4, canal de drenagem após o recebimento do esgoto da COHAB. A condutividade elétrica, determinada pela concentração de eletrólitos na água, apresentou valores bastante elevados em alguns pontos, predominantemente no verão, o que se deve provavelmente à redução do volume de líquido nesta época, aumentando a concentração de sais dissolvidos.

A dureza total das águas do canal de drenagem é bastante elevada, atingindo o valor de 290mg/l  $\text{CaCO}_3$ , decrescendo aceleradamente até o rio Jacuí (28mg/l). No inverno os valores de dureza total forma inferiores aos de verão, em todos os pontos.

A matéria orgânica no canal de drenagem apresentou valores muito baixos, aumentando gradativamente sua concentração, até chegar ao rio Jacuí, com um pico no ponto 4, devido à adição de esgoto da COHAB. Esta matéria orgânica engloba todos os compostos orgânicos dissolvidos, grandes agregados de partículas de matéria orgânica e formas microscópicas de material vivo e morto.

Como a maioria dos compostos que formam as estruturas celulares nos organis-

mos vivos têm nitrogênio e fósforo, também foram analisados os macronutrientes em águas, pois se a disponibilidade for menor que a demanda biológica, os recursos ambientais podem regular ou limitar a produção de organismos em ecossistemas aquáticos (Wetzel e Likens, 1990). A quantidade total destas substâncias por litro varia naturalmente de acordo com as características geológicas e a topografia da bacia hidrográfica do curso d'água.

As concentrações de potássio, tanto no inverno como no verão, foram sensivelmente maiores na água do canal, em todos os pontos de coleta, e na pequena lagoa, em relação à concentração deste elemento no rio Jacuí (a relação é de 2 a 3:1). O Arroio Passo do Leão, antes de receber a água do canal, tem concentração de K mais baixa que a do rio. Foi observado um pico na concentração deste elemento no ponto 4 (canal com águas do esgoto da COHAB). As quantidades de potássio em águas naturais não poluídas é em geral muito pequena, segundo alguns estudos, entre 0,25 e 2,39mg/l (Kleerekoper, 1990). Comparadas com estes valores, as concentrações de K da maioria das amostras analisadas ficou bem acima.

Os valores de nitrogênio total foram bem diversificados em todas as estações do ano e sempre, em todos os pontos, superiores aos valores de N total encontrados no rio Jacuí. Os valores de fósforo total também foram bem diversificados, sendo os pontos 1 e 4 os de maiores concentrações. Nos pontos 6 e 8 os valores de P total foram iguais a zero, não detectáveis pelo método. Apesar da importância bioquímica destes elementos, o fósforo é encontrado em quantidades muito pequenas, tanto na forma solúvel como na insolúvel em águas não poluídas; no caso do nitrogênio, a maior parte deste em águas esta sob a forma de gás nitrogênio (inerte), não diretamente aproveitável por organismos aquáticos (Kleerekoper, 1990).

Existe uma correlação negativa entre as quantidades de fósforo e cálcio na forma de carbonatos nas águas naturais; plantas aquáticas transformam, pela fotossíntese, bicarbonatos em carbonatos, o que pode explicar a baixa concentração de fósforo nas águas naturais.

Foram também realizadas análises de metais pesados totais em águas, para ferro, chumbo, cromo e manganês estão dentro das faixas de normalidade consideradas por diversos autores, mas a concentração de ferro fica bem acima dos valores indicados como máximos por estes mesmos autores. Observamos também, de modo geral, concentrações maiores durante o inverno. A concentração do ferro no canal de drenagem foi cerca de 8 vezes maior do que a concentração do rio Jacuí, durante o verão. No inverno esta diferença aumentou para 18 vezes. Apesar desta diferença, a concentração do ferro vai diminuindo gradativamente no percurso das águas, até chegar ao rio, mesmo assim ainda chega numa concentração com no mínimo 3 vezes maior do que a do rio.

A concentração do cromo foi 3 vezes maior que a do rio apenas no inverno, no ponto 1; no ponto 1 e 2, durante o verão, estas concentrações foram apenas um pouco maiores que as do rio. Nos demais pontos, as concentrações de cromo ficaram sempre abaixo das do rio. Para o chumbo, as amostras de inverno dos pontos 1, 2 e 9 apresentaram concentrações de 5 a 9 vezes maiores que as do rio. O manganês, no canal de drenagem, apresentou concentrações que chegaram a ser 100 vezes maiores que as do rio durante o verão, e 40 vezes maiores no inverno. Estas concentrações foram maiores que as do rio em todas as amostras, inclusive no ponto 7 antes do

arroio lançar suas águas no rio (ponto 8), onde a concentração ainda é 6 vezes maior no verão e 3,5 vezes maior no inverno.

Na tabela 2, encontramos os valores médios de enxofre,  $S(SO_4^{2-})$ , macronutrientes e metais pesados das análises efetuadas em sedimentos. Foram analisados apenas os sedimentos dos pontos 1, 2, 3 e 9, diretamente sujeitos a influência da área de aterro, do ponto 6, onde o arroio Passo do Leão passa por um “filtro biológico” formado por um banhado e maricazai, antes de chegar ao rio, e o ponto 8, rio Jacuí.

**Tabela 2**  
VALORES MÉDIOS DE ENXOFRE ( $S/SO_4^{2-}$ ), MACRONUTRIENTES E METAIS PESADOS DAS ANÁLISES EFETUADAS EM SEDIMENTOS (VERÃO E INVERNO)

Parâmetros analisados	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 6	Ponto 8	Ponto 9
S/ $SO_4^{2-}$ (mg/kg) verão	321,4	535,7	2 946,4	142,8	64,3	107,1
S/ $SO_4^{2-}$ (mg/kg) inverno	27.821,4	21 924,2	3 150,0	71,4	66,1	121,4
K total (mg/kg) verão	1.240	2.360	1.530	3.687	4.830	2.860
K total (mg/kg) inverno	712	473	870	1.220	3.240	2.150
N total (mg/kg) verão	1.197,00	946,54	759,63	2.216,66	1.950,44	2.821,98
N total (mg/kg) inverno	3 286,10	1 348,03	1.208,74	6.421,77	1.919,97	3.610,06
P total (mg/kg) verão	2,0	2,0	2,0	20,0	14,0	14,0
P total (mg/kg) inverno	3,0	2,0	2,0	10,0	10,0	4,0
Cr total (mg/kg) verão	22,7	26,3	10,5	22,7	7,36	27,8
Cr total (mg/kg) inverno	30,3	10,2	15,2	23,1	22,0	24,7
Pb total (mg/kg) verão	9,82	22,5	6,0	15,5	6,85	17,1
Pb total (mg/kg) inverno	11,3	4,0	11,6	14,2	12,7	19,1
Mn total (mg/kg) verão	34,6	33,3	14,7	66,3	36,8	31,0
Mn total (mg/kg) inverno	46,3	25,6	37,3	78,8	54,3	41,3
Fe total (mg/kg) verão	1.368	1.462	1.490	1.364	1.212	1.431
Fe total (mg/kg) inverno	1.418	1.492	1.530	1.401	1.355	1.374

**Pto. 1:** início do canal

**Pto. 2:** canal, área de trabalho

**Pto. 3:** canal após aterro

**Pto. 6:** arroio/campo banhado

**Pto. 8:** Rio Jacuí

**Pto. 9:** lagoa sobre o aterro

O aspecto dos sedimentos nos pontos 1, 2 e 3 é de um lodo ferruginoso, devido a grande concentração de hidróxido de ferro depositado no fundo do canal de drenagem nestes pontos; no ponto 6 o sedimento se apresenta como um lodo negro, de cheiro forte e penetrante, carregado de material orgânico em decomposição, típico do banhado; o ponto 8, rio Jacuí, tem sedimento arenosos típico deste rio e a lagoa, ponto 9, apresenta sedimento de coloração escura, bastante compacto.

Nos sedimentos, as concentrações de potássio foram inferiores as do rio em todos os pontos, sendo que as concentrações mais baixas foram encontradas no sedimento do canal, na área de aterro. No ponto 6 pode ser observado um considerável aumento na concentração de potássio. O nitrogênio teve maiores concentrações nos pontos

6 e 9, arroio no campo banhado e lagoa sobre aterro, respectivamente. As concentrações de fósforo total no canal de drenagem foram em geral menores que as do rio; no ponto 6 esta concentração chegou a ser bem maior que a do rio, e na lagoa sobre o aterro, praticamente igual.

Em relação ao enxofre, as concentrações deste elemento no canal de drenagem na área de aterro apresentaram concentrações que chegaram a ser 300 a 400 vezes maiores que as do rio, diminuindo rapidamente no ponto 6, arroio em área de banhado; na pequena lagoa, a concentração chega ao dobro do rio.

Para os metais pesados analisados, observamos em geral um aumento na concentração destes elementos no ponto 6, quando comparamos os valores com os do ponto 3, evidenciando a retenção destes elementos na área de banhado. Observamos também maiores concentrações de chumbo e cromo no sedimento da lagoa sobre o aterro.

Comparando as concentrações dos metais pesados nos sedimentos com os valores considerados normais por diversos autores, observamos que, a concentração do manganês esta dentro da faixa de normalidade, enquanto que os valores de cromo ficaram acima desta faixa em todos os pontos, inclusive no rio durante o inverno; o chumbo apresentou valores altos nos pontos 2 e 9. Se porém compararmos estes valores com os de Forstner e Wittmann (1983), todos os valores, inclusive os de ferro estão dentro da faixa de normalidade considerada por estes autores.

A tabela 3 apresenta os valores médios de pH, enxofre, macronutrientes e metais pesados determinados para o substrato em cada área amostral, isto é, para as diferentes manchas de vegetação e áreas sem vegetação. Como controle para o substrato, foi selecionada a área com mata nativa denominada Capão da Roça, não afetada pelo rejeito, com solo avermelhado e de aspecto argiloso. O pH médio desta área varia de 4,42 no verão e 5,38 no inverno. O pH em todas as áreas foi mais baixo (mais ácido) no verão. O pH da área de campo banhado localizado na borda do canal de drenagem é apenas um pouco mais baixo que o do controle, porém nas outras áreas o pH foi sempre bem mais baixo que este, com exceção do campo revegetado pela COPELMI, que sofreu adição de calcário e solo argiloso, apresentando por isto um pH mais elevado que o controle.

**Tabela 3**  
VALORES MÉDIOS DE PH, ENXOFRE, MACRONUTRIENTES  
E METAIS PESADOS DETERMINADOS PARA O SUBSTRATO  
EM CADA ÁREA AMOSTRAL (VERÃO E INVERNO)

Parâmetros analisados	Controle	Eucaliptal	Aterro Carvão	Acácia	Campo Reveget.	Declive Carvão	Campo Banhado
pH verão	4,42	2,78	2,49	3,25	5,10	2,76	4,10
pH inverno	5,38	3,66	2,77	4,12	5,65	3,05	5,12
Sulfato (mg/kg) verão	37,5	267,9	114,3	105,4	85,7	160,7	133,9
Sulfato (mg/kg) inverno	30,4	125,0	151,8	85,7	96,4	169,8	76,8
K total (mg/kg) verão	965	870	640	580	780	410	580
K total (mg/kg) inverno	990	910	610	420	640	400	630

(continuação da tabela 3)

Parâmetros analisados	Controle	Eucaliptal	Aterro Carvão	Acácia	Campo Reveget.	Declive Carvão	Campo Banhado
N total (mg/kg) verão	5.585,70	5.544,17	2.755,12	1.637,48	1.006,92	2.114,77	629,05
N total (mg/kg) inverno	1.979,40	2.320,89	1.749,89	1.540,21	1094,86	1.748,59	635,65
P total (mg/kg) verão	6,0	3,0	6,0	4,0	29,0	3,0	6,0
P total (mg/kg) inverno	9,0	2,0	2,0	5,0	38,0	1,0	4,0
Cr total (mg/kg) verão	15,4	18,3	23,6	22,9	13,7	23,6	13,4
Cr total (mg/kg) inverno	11,8	19,0	26,7	24,0	23,7	27,2	12,0
Pb total (mg/kg) verão	10,2	11,1	12,6	12,3	14,4	17,4	8,33
Pb total (mg/kg) inverno	8,34	10,9	16,0	16,0	14,2	15,6	8,24
Mn total (mg/kg) verão	168,0	34,7	23,7	24,4	87,1	24,8	44,3
Mn total (mg/kg) inverno	194,3	34,8	23,9	23,9	90,8	19,4	49,8
Fe total (mg/kg) verão	1.343	1.323	1.194	1.212	1.326	1.357	1.357
Fe total (mg/kg) inverno	1.201	1.340	1.381	1.295	1.340	1.412	1.317

\* *Controle*: área não contaminada, Capão da Roça

O enxofre,  $S(SO_4^{-2})$ , também foi analisado para o substrato, sendo que todas as áreas analisadas apresentaram concentrações muito superiores ao controle, que apresentou concentrações entre 30 e 40 ppm. As áreas mais contaminadas foram o eucaliptal adjacente à área de aterro, cujo solo tem aspecto semelhante ao da área controle, porém bastante alterado com resíduos de carvão, e a área do declive do aterro. A oxidação do enxofre é ocasionada principalmente por certos tipos de bactérias, sendo que os sulfatos resultantes são a fonte da maioria do enxofre captado pelos vegetais superiores.

Comparando os resultados destas análises com o trabalho de Pulford e Duncan, 1975, que classifica os rejeitos de carvão em: recentes (pH alto, sulfato baixo), jovem (pH médio, sulfato baixo), material ácido (pH baixo, sulfato alto), material oxidado (pH médio, sulfato alto) e material velho (pH alto, sulfato alto), onde o pH alto caracteriza um rejeito menos ácido e pH baixo, um rejeito mais ácido, podemos enquadrar a área de aterro com rejeito de carvão no Capão da Roça, como material ácido, pois seu pH é baixo, de 2,50 a 3,00, e a concentração de sulfato é alta, de 3 a 6 vezes maior que a área não contaminada.

Para os macronutrientes, as concentrações de potássio foram sempre inferiores ao controle, sendo que o eucaliptal apresentou concentrações próximas a esta e a área que apresentou as menores concentrações foi o declive do aterro de carvão. Segundo Brady, 1975, as concentrações de potássio em solos de regiões úmidas ficam em torno de 1,70%; comparadas com este valor, todas as amostras analisadas ficaram abaixo do mesmo.

E relação ao controle, todas as concentrações de nitrogênio total foram inferiores à desta área, fazendo exceção o eucaliptal, que apresentou uma concentração maior no inverno e próxima a do controle no verão. O campo banhado apresentou as menores concentrações, apesar de apresentar solo escuro e úmido, com elevada quantidade de matéria orgânica em decomposição. Brady indica como valor de nitrogênio normal para solos de região úmida, o valor de 0,15%; comparados com este, todos os valores analisados ficaram abaixo.

Também para o fósforo total as concentrações de todas as áreas, com exceção do campo revegetado que sofreu a adição de insumos, ficaram abaixo da concentração da área controle, e todos os valores se situaram bem abaixo do valor apresentado por Brady como representativo para solos de regiões úmidas (0,04%).

Verificando o trabalho realizado por diversos autores (Malyuga, 1964; Kovalkij, 1974; Brooks, 1983, entre outros). Constatamos uma variedade de faixas consideradas normais para a concentração de metais pesados no solo: 150, 180, 200 ou de 5 a 1000 ppm para o cromo, 10 ou de 2 a 200 para o chumbo, 850 ou de 400 a 3000 para o manganês e até 25000 ou até 38000 para o ferro. Se nos restringirmos a estes valores, todas as amostras analisadas ficaram dentro destas faixas. Mesmo considerando as faixas mais severas, ainda assim o cromo, o ferro e o manganês estão abaixo destes valores: apenas o chumbo, na maior parte das áreas estudadas, está acima destas concentrações.

Porém se compararmos as concentrações de metais pesados das amostras com a área controle, está isenta de contaminação e é representativa da região, observamos um aumento da concentração do ferro, cromo e chumbo em todas as áreas analisadas, apenas o campo banhado apresenta concentrações semelhantes ou um pouco mais baixas: O manganês apresenta uma concentração de 7 a 9 vezes menores outras áreas em relação à área controle.

Na maioria dos solos, as concentrações de metais pesados nos seus vários horizontes estão longe de ser constantes: estas concentrações e distribuições são influenciadas pela rocha mãe e diversos outros fatores importantes, como o clima, a mobilidade relativa dos elementos, composição dos solos, bactérias e algumas plantas que produzem substâncias que atacam os minerais, liberando íons metálicos.

Para as amostras de vegetais coletados foram realizadas de macronutrientes, enxofre e dos metais pesados ferro, cromo, chumbo e manganês (tabela 4). As análises foram realizadas tanto nas espécies coletadas com vistas à bioindicação como em outras espécies, para estabelecer comparação entre as mesmas.

**Tabela 4**  
**VALORES MEDIOS DO ENXOFRE (SULFATO), MACRONUTRIENTES**  
**E METAIS PESADOS, DETERMINADOS PARA AS AMOSTRAS**  
**DE VEGETAÇÃO EM CADA ÁREA AMOSTRAL (VERÃO E INVERNO)**

Parâmetros analisados	Macrófita aquática	Campo Banhado	Controle	Campo Reveget.	Acácia	Eucalipto
Sulfato (mg/kg) verão	0,22	0,82	0,36	0,71	0,24	0,29
Sulfato (mg/kg) inverno	0,33	0,29	0,31	0,86	0,25	0,33
K total (mg/kg) verão	7.900	8.540	15.810	6.800	10.500	3.240
K total (mg/kg) inverno	7.510	8.360	14.240	6.540	10.360	3.240
N total (mg/kg) verão	6.280,00	3.651,35	16.729,68	7.730,99	10.856,69	14.730,67
N total (mg/kg) inverno	16.272,05	9.753,22	11.787,57	9.858,96	26.781,60	12.480,50
P total (mg/kg) verão	900	600	1.100	2.100	2.000	800
P total (mg/kg) inverno	1.200	800	800	1.900	1.900	700
Cr total (mg/kg) verão	6,96	1,35	2,52	2,53	1,81	1,07
Cr total (mg/kg) inverno	1,70	2,30	3,16	1,35	3,44	1,20
Pb total (mg/kg) verão	4,80	0,90	0,35	0,71	0,70	0,46
Pb total (mg/kg) inverno	0,60	0,29	1,17	0,40	0,69	0,29
Mn total (mg/kg) verão	3.055,0	90,3	286,5	214,8	26,1	1.586,0
Mn total (mg/kg) inverno	1.068,0	133,6	274,6	30,8	32,8	2.156,0
Fe total (mg/kg) verão	6.889,0	1.200,0	760,0	830,3	393,1	67,5
Fe total (mg/kg) inverno	1.108,0	567,4	561,0	562,6	511,8	141,7

**Macrófita aquática:** onagrácea *Ludwigia sp.*

**Campo banhado, Campo Revegetado e área Controle (Capão da Roça):** gramínea *Paspalum pumilium* Nees

A gramínea *Paspalum pumilium* Nees foi selecionada por aparecer tanto na área controle como no campo banhado localizado no bordo do canal de drenagem e também no campo revegetado sob a área do aterro. Também foram analisadas amostras de acácias, do eucalipto e da macrófita aquática *Ludwigia sp.*. Todas as amostras foram lavadas abundantemente com água corrente e ultra som, para eliminar partículas de poeira ou provenientes do solo; após isto passaram por secagem em estufa a 60°C, sendo então trituradas (raízes, folhas e caules ou talos), formando uma única amostra para cada mancha de vegetação.

As concentrações de potássio foram mais altas no verão, quando o solo apresentava pH mais ácido, sendo que a área controle apresentou a maior concentração deste elemento na gramínea. Apesar da maior concentração do potássio no substrato do campo revegetado (de pH mais elevado), na vegetação a concentração foi maior no campo banhado.

As acácias, apesar da menor concentração de potássio do solo, apresentaram maior concentração do que os eucaliptos. A macrófita aquática apresentou uma concentração de potássio bastante elevada, o que ocorre também com o sedimento da lagoa.

Em relação ao nitrogênio total, para as gramíneas, a maior concentração ocorreu na área controle e a menor concentração ocorreu no campo banhado. As acácias e a macrófita apresentaram um aumento na concentração de nitrogênio no inverno em proporção inversa ao substrato.

Para o fósforo total as maiores concentrações foram observadas no *Paspalum pumilium* Nees coletado no campo revegetado que recebeu adubação. A *Ludwigia* sp. apresentou maiores concentrações no inverno, quando a concentração era menor no sedimento. As acácias acumularam uma quantidade de fósforo bem mais elevada que os eucaliptos.

As maiores concentrações de enxofre na forma de sulfato ocorreram na gramínea, no campo revegetado; as demais amostras apresentaram concentrações semelhantes ao controle ou até menores.

O acúmulo de metais pesados ocorre em maior concentração em órgãos específicos das plantas; gramíneas e também algumas plantas superiores costumam concentrar metais pesados nas raízes (Zocche, 1989; Zanardi, 1991; Kabata Pendias e Pendias, 1986), há no entanto conflito de evidências na determinação do órgão que contém as mais altas concentrações de elementos traçam, que também sofrem interferência de outros fatores, como idade do órgão da planta, saúde da planta, profundidade da raiz no solo, pH do solo, e outros. Neste trabalho, as concentrações de metais pesados foram determinados em amostras obtidas pela homogeneização de diversos órgãos dos vegetais, com finalidade de comparar estas concentrações por área amostral e por espécies estudadas, e não a concentração em cada órgão.

Comparando as espécies analisadas, podemos observar um comportamento distinto entre as mesmas. A macrófita aquática *Ludwigia* sp. foi, durante o verão, a espécie que mostrou maior acúmulo de metais pesados, mas todas estas concentrações tiveram um grande decréscimo no inverno. A acácia e o eucalipto mostraram maiores concentrações de metais pesados no inverno (exceto o chumbo, no eucalipto), mas se compararmos estas duas espécies entre si, observamos diferentes tendências nestas acumulações; enquanto o eucalipto acumulou grandes quantidades de manganês, a acácia apresentou maior concentração de outros metais, especialmente ferro. A gramínea *Paspalum pumilium*, coletada nas três áreas (controle, campo banhado e campo revegetado), apresentou comportamento diverso em cada uma delas; observamos maior acúmulo de chumbo, cromo e manganês nas amostras da área controle, principalmente durante o inverno. O ferro teve, durante este período, concentrações semelhantes nas amostras de gramínea das três áreas, porém no verão, esta concentração foi bem maior nas amostras do campo banhado e do campo revegetado, onde o solo é mais ácido.

Com exceção do chumbo que, durante o inverno apresentou maiores concentrações na gramínea, as demais espécies concentraram menos metais pesados que a onagrícea *Ludwigia* sp.. As gramíneas acumularam mais metais pesados que as acácias e os eucaliptos, sendo exceções o manganês, que teve maiores concentrações no eucalipto, e o cromo, que teve maior concentração nas acácias durante o inverno.

Fazendo a relação entre as concentrações de metais pesados totais nas plantas e as concentrações destes mesmos metais nos substratos ou sedimentos respectivos, podemos observar melhor a tendência de cada espécie vegetal estudada no que se refere à absorção e acúmulo de cada tipo de metal em seus tecidos.

Nenhuma das espécies selecionadas é bioindicadora ideal para o chumbo e o cromo, pois não houve correlação positiva entre as quantidades destes metais acumuladas nas plantas e as quantidades dos mesmos no substrato ou sedimento, mas a *Ludwigia*

*sp.* tem maior tendência para acumular estes dois metais que as outras espécies. Esta mesma espécie parece ser boa indicadora para o ferro, que está presente em grandes concentrações no tecido da planta, principalmente nas amostras de verão; no inverno, estas concentrações diminuem significativamente.

Para o manganês podemos considerar como prováveis bioindicadoras: *Eucalyptus sp.*, espécie que acumulou elevadas concentrações deste metal em todas as épocas amostrais; segue-se a onagrácea *Ludwigia sp.* e, com menores concentrações, a gramínea *Paspalum pumilum* Nees. A acácia (*Acacia nersii* Wild) foi a única das espécies estudadas em que não se evidenciou a bioindicação para nenhum dos metais pesados analisados.

## DISCUSSÃO

A absorção de macronutrientes (N, P, K) pelas plantas, nas áreas analisadas, não ocorreu de maneira proporcional às concentrações dos mesmos no substrato. No substrato, estas concentrações decresceram na ordem: Área controle>Eucaliptal, Campo revegetado>Campo banhado>Acácias, enquanto que na vegetação, a ordem foi: Área controle, Acácias>Campo revegetado>Campo banhado>Eucaliptal. Estas inversões na ordem das concentrações de N, P, K no substrato e na vegetação devem estar relacionadas às concentrações de sulfato nas amostras de substrato e com o pH das mesmas.

As concentrações de sulfato crescem na ordem: Área de controle<Campo revegetado<Acácias<Campo banhado<Eucaliptal, enquanto o aumento de acidez, avaliado pelo decréscimo de pH, ocorre na ordem: Campo revegetado>Área controle>Campo banhado>Acácias>Eucaliptal.

Relacionando as concentrações dos macronutrientes, sulfato e pH do substrato, com as dos macronutrientes encontrados na vegetação, se pode observar que no eucaliptal, onde as condições de sulfato e pH são as mais adversas, mesmo com as maiores concentrações de N, P, K no substrato, as mesmas são as menores na vegetação. As gramíneas apresentaram, em todas as amostras, quantidades de nutrientes nas plantas proporcionais às quantidades dos mesmos no substrato e às condições de pH e sulfato. As acácias apresentam concentrações de nutrientes acentuadas, ainda que estas concentrações, o pH e o sulfato no substrato tenham sido favoráveis. Não podemos no entanto atribuir as diferenças nestas concentrações apenas às condições do substrato, pois se tratam de três espécies vegetais diferentes, com capacidades de acumulação de nutrientes diversas.

A área de controle foi a que apresentou as menores concentrações de metais pesados, com exceção do manganês foi menor enquanto que as concentrações dos outros metais foram maiores, sendo que a área mais contaminada por ferro, chumbo e cromo foi a área do declive do rejeito de carvão; esta área é a que apresentou as menores concentrações de manganês no substrato.

Sobrepondo os gradientes estabelecidos pelas análises para macronutrientes, pH, sulfato e metais pesados totais, podemos verificar que a área com melhores condições ambientais, é a área de controle, a pequena mata nativa denominada Capão da Roça. Esta área apresenta maiores concentrações de macronutrientes, melhores condições de pH e sulfato, e as mais baixas concentrações de metais pesados.

Dentre todas as áreas analisadas, a que apresentou as piores condições ambientais (menos nutrientes, piores condições de pH e sulfato, e a mais elevada concentração de metais pesados) foi a área de maior declive do aterro com rejeito de carvão, junto com o canal de drenagem da COPELMI. Das áreas vegetadas, as condições mais adversas foram encontradas no eucaliptal localizado na extremidade da área teste; nesta área, apesar das condições médias de nutrientes, o pH e sulfato apresenta as piores condições das áreas vegetadas e também as maiores concentrações de metais pesados.

Para estabelecer os gradientes de contaminação dos ambientes aquáticos analisados, o canal de drenagem escavado pela COPELMI, o arroio Passo do Leão e o rio Jacuí, foram considerados os resultados obtidos tanto nas amostras de águas como nas respectivas amostras de sedimento analisadas.

O ponto 8, considerado como controle para as análises de água e sedimento, localizado no rio Jacuí, a jusante do arroio passo do Leão, foi o que apresentou as menores concentrações de macronutrientes, Este parâmetro apresentou concentrações mais significativas no ponto 4, onde o canal de drenagem recebe o esgoto da COHAB. Os pontos 1, 2 e 3, com concentrações elevadas de metais pesados, baixo pH e alto sulfato, apresenta concentrações de macronutrientes mais elevadas que as do arroio Passo do Leão e rio Jacuí.

O ponto que apresentou a menor contaminação por metais pesados, sulfato e menor alteração de pH, foi o ponto 5, arroio Passo do leão antes de receber as águas do canal de drenagem. O ponto mais contaminado, com maiores concentrações de metais pesados e sulfato, pH mais baixo, foi o ponto 2, canal de drenagem dentro da área teste. A qualidade das águas do rio Jacuí, no ponto 8, é mais baixa que a dos pontos 5 (arroio Passo do Leão) e 6 (arroio com as águas do canal em área de campo banhado).

A pequena lagoa sobre a área de aterro apresentou, de um modo geral, concentrações de nutrientes maiores que as do rio e do arroio. A contaminação por metais pesados e sulfato é maior na lagoa, mas o pH é mais alto que destes dois outros corpos d'água. Esta elevação de pH, devido à localização de um antigo aterro com cinzas de carvão em uma de suas margens, associada a uma boa concentração de nutrientes em suas águas e sedimento, permitiu o desenvolvimento de uma biota bem diversificada.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Observando o Apêndice 7 e os gradientes de contaminação ambiental das áreas analisadas, podemos verificar que alguns procedimentos evitam danos maiores do ambiente em áreas de depósito de rejeitos de carvão. Ficou evidenciado que o campo banhado, contíguo à área de aterro e ao canal de drenagem, é a área menos contaminada pelo rejeito, quando comparamos os valores obtidos nas análises com os da área controle, apesar de estar separado do declive do aterro apenas pelo canal de drenagem. O sedimento deste canal apresentou elevadas concentrações de metais pesados em relação aos demais pontos analisados e pH próximo a 2. O declive do aterro apresentou as mais altas concentrações de metais pesados e sulfato e o pH mais baixo dentre todas as amostras de substrato analisadas. Apesar desta contiguidade, as concentrações de metais pesa-

dos do campo banhado não diferem muito das encontradas na área controle, sendo que as concentrações de Cr, Pb e Mn ficaram até mesmo abaixo destas.

Nas coletas de inverno, após período de chuvas, as amostras do campo banhado foram coletadas com o campo alagado, com as águas do canal extravasando de seus bordos. Estas amostras apresentaram pH mais baixo e maior concentração de sulfato, decorrentes deste alagamento. Foi também nestas amostras que a gramínea *Paspalum pumiliium* apresentou a mais elevada concentração de ferro. Podemos concluir que, se o canal fosse mais profundo e não extravasasse em períodos chuvosos, as condições ambientais do campo banhado poderiam ser ainda melhores.

O eucaliptal, que recebe as águas lixiviadas do aterro, diretamente, sem a proteção de um canal de drenagem, é a área mais contaminada dentre as áreas vegetadas analisadas.

O campo revegetado e a plantação de acácias da COPELMI sobre a área de aterro, que receberam adição de calcário e argila, apresentam em média melhores condições ambientais que o eucaliptal, apesar de apresentarem desenvolvimento vegetal bastante baixo. Um melhor resultado poderia ser obtido com a utilização de uma camada mais espessa de argila e adição de maiores quantidades de calcário ou cinzas de carvão para neutralizar a acidez do substrato.

Nas análises também foi constatada uma relação inversa entre as concentrações de ferro e manganês: na área controle, sem contaminação aparente, ocorre uma elevada concentração de Mn e baixa concentração de Fe; nas demais áreas, com a diminuição do pH (aumento de acidez), ocorre um aumento nas concentrações de sulfato e metais pesados, principalmente Fe, e a diminuição da concentração de Mn. Esta mesma relação entre as concentrações destes metais pode ser observada na gramínea *Paspalum pumiliium* e, de forma mais moderada, na acácia. O eucalipto teve um comportamento diferente destas, acumulando grandes concentrações de Mn e pouco Fe, independente das concentrações do substrato. Esta relação inversa entre as concentrações destes dois metais é, sem dúvidas, merecedora de maiores estudos.

Nos pontos de coleta de água e sedimento, a grande contaminação do canal de drenagem é diminuída pela passagem no campo banhado, rico em macrófitas aquáticas diversas, após o qual a qualidade das águas e sedimentos fica bastante próxima à do rio Jacuí, utilizado como controle para estas análises. Fica evidente a importância destes ecossistemas como reguladores naturais da contaminação. Após a passagem pelo banhado, apenas as concentrações do Mn e do Fe ainda chegam maiores que as concentrações destes metais no rio.

A lagoa sobre o aterro, cujo pH é semelhante e até mesmo um pouco maior que o do rio, apresentou concentrações de chumbo e cromo semelhantes às deste, mas as concentrações de ferro e manganês foram bem mais elevadas. No sedimento da lagoa porém aconteceu o inverso com as concentrações destes metais em relação às do rio. As amostras da macrófita *Ludwigia* sp. coletadas na lagoa, não se evidenciaram como concentradoras de Cr e Pb, mas apresentaram altas concentrações de Fe e Mn, que mantiveram correlação, não com as concentrações destes metais na água, mas sim com as do sedimento. O sedimento mostrou ser o melhor compartimento a ser relacionado com a absorção de metais pesados por macrófitas aquáticas enraizadas no mesmo.

Um fato que chama a atenção é o de que na lagoa, apesar da grande concentração de metais pesados e do recebimento direto das águas lixiviadas do aterro, ocorre uma neutralização do pH das águas pelo material resultante da lixiviação do depósito de cinzas localizado na margem adjacente. Isto permitiu o desenvolvimento de uma biota bastante diversificada, sendo este pequeno ambiente merecedor de estudos mais detalhados, por apresentar possivelmente soluções de manejo de áreas degradadas por contaminantes de características diferentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANAT, K.; FÖRSTNER, V.; MÜLLER, G. Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe im Bereich der Bundesrepublik Deutschland. *Die Naturwissenschaften*, n.59, p.525-528, 1972.
- BRANDY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. 5.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1979. 647p.
- BROOKS, R. R. *Biological methods of prospecting for minerals*. New York: Wiley Interscience, 1983. 322p.
- BUSTAMANTE, M. M. C. *Biomonitoring of heavy metals using higher plants growing at former mining sites*. Trier, Fachbereich VI, Geographie, Geowissenschaften der Universität Trier. 1993. 197p.
- CAINES, L. A.; WATT, A. W.; WELLS, D. E. The uptake and release of some trace metals by aquatic bryophytes in acidified waters in Scotland. *Environmental Pollution (Series B)*, n.10, p.1-18, 1985.
- COLES, D. G.; RAGANI, R. C.; ONDOW, J. M. Chemical studies of stack fly ash from a coal-fired power plant. *American Chemical Society*, v.13, n.4, p.455-459, 1979.
- CORSON, W. H. *Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. São Paulo: Augustus. 1993. 413p.
- DAVISON, A.; JEFFERIES, B.J. 1966. Some experiments on the nutrition of plants growing on coal mine waste heaps. *Nature*, n.210, p.649-650.
- FONSECA, O. J. M. *Levantamento da qualidade da água da região de Candiota, RS*. Porto Alegre: UFRGS/CIENTEC/CEEE, 1989. 64 p. Relatório final.
- FRIEDEL, H. *Dicionário de ecologia e do meio ambiente*. Porto: Lello & Irmão, 1987. 273p.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v.2, 420p.
- KIMBER, A. J.; PULFORD, I. D.; DUNCAN, H. J. Chemical variation and vegetation on coal waste tip. *Journal of Applied Ecology*, n.15, p.627-633, 1976.
- KLEERENKOPER, H. *Introdução ao estudo da limnologia*. 2.ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1990. 329p.
- KLIPPEL, F. Mineração do carvão recupera o solo. *Me e P*, n.21, p.21-25, 1982.
- KOVALSKIJ, V. V. M. *Geochemische ökologische Biochemie*. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1977. 352p.
- LAWREY, J. D. The relative decomposition potential of habitats variously affected by surface coal mining. *Can. J. Bot.*, n.55, p.1544-1552, 1976.
- LAWREY, J. D.; RUDOLPH, E. D. Lichen accumulation of some heavy metals from acid surface substrates of coal mine ecosystems in southeastern Ohio. *The Ohio Journal of Science*, v.75, n.3, p.114-117, 1975.
- LEWGOY, F. O carvão sulino como risco ambiental e humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 21. *Anais...*, 1980. p.1-12.

- MACHADO, J. L. F. Estudos geoquímicos e geohidroquímicos relacionados com a poluição hídrica por carvão mineral: considerações e proposta metodológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1. *Anais...*, Porto Alegre, 1987. p.155-164.
- MALYUGA, D. P. *Biochemical methods of prospecting*. New York: Consultants Bureau. 1964. 205p.
- NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, p.195-263.
- ODUM, E. P. *Fundamentos de ecologia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 927p.
- PEREIRA, D. N. Aspectos da poluição dos estuários por metais pesados. In: SEMINÁRIO SOBRE POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS, 1. Ministério do Interior, Secretaria Especial do Meio Ambiente, Secretaria Adjunta de Ciência e Tecnologia. *Anais...*, 1979. p.65-83.
- PFEIFFER, W.C. Transito do cromo em ecossistemas aquáticos. In: SEMINÁRIO SOBRE POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS, 1. Ministério do Interior, Secretaria Especial do Meio Ambiente, Secretaria Adjunta de Ciência e Tecnologia. *Anais...*, 1979. p.29-37.
- PORTO, M. L. *Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien*. Ulm: Universität Ulm, 1981. 76p.
- PORTO, M. L. *Aerolevantamento e seus reflexos sobre o desenvolvimento e segurança nacionais*. Rio de Janeiro: Escola Superior de Guerra, 1983. 102p. (Departamento de Estudos: TE-83)
- PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. *Anais...*, Belém, 1986. v.2, p.167-183.
- PORTO, M. L.; SILVA, M. F. F. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra dos Carajás e de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Bras.*, v.3, n.2, p.13-19, 1989.
- PULFORD, I. D.; DUNCAN, H. J. Predicting the potential acidity in reclaimed coal mine waste. *Surveyour*, n.31, p.36-37, 1975.
- RAW, I.; FREEDMAN, A.; MENNUCCI, L. 1981. *Bioquímica: fundamentos para ciências biomédicas*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1981. 755p.
- SANCHES, J. C. D.; PINTAUDE, D. 1983. Arsênio, selênio e mercúrio em carvões sul-rio-grandenses. *Carvão, Informação e Pesquisa*, n.6, p.67-72.
- SCHÄFER, A. E. *A qualidade das águas superficiais na região carbonífera de Santa Catarina*. Porto Alegre: UFRGS/FATMA, 1978. p.199-240. Relatório final.
- TAYLOR, D. Distribution of heavy metals in the sediment of an unpolluted estuarine environment. *The Science of the Total Environment*, n.6, p.259-264, 1976.
- WADGE, A.; HUTTON, M. The leachability and chemical speciation of selected trace elements in fly ash from combustion and refuse incineration. *Environmental Pollution*, n.48, p.85-99, 1987.
- WHITTON, B. A.; SAY, P. J.; JUPP, B. P. Accumulation of zinc, cadmium and lead by the aquatic liverwort *Scapania*. *Environmental Pollution (Series B)*, n.3, p.299-316, 1982.
- WILFRIED, E. *Schwermetallvegetation der Erde*. Stuttgart: Gustav Fischer, 1974. 194p.
- ZANARDI JÚNIOR, V. *Avaliação de lagoas de mineração de carvão a céu aberto, com ênfase nas concentrações de metais pesados em água, planta e substrato*. Porto Alegre, 1990. Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS. 98p.
- ZOCCHÉ, J. J. *Comunidades vegetais de campo e sua relação com a concentração de metais pesados no solo em áreas de mineração de carvão a céu aberto na Mina do Recreio, Butiá, RS*. Porto Alegre, 1989. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS. 159 p.

# A COMUNIDADE DE MICROARTRÓPODES EM SOLOS DA MICRORREGIÃO CARBONÍFERA DO BAIXO RIO JACUÍ

Marcelo Maisonette Duarte  
Miriam Becker

## INTRODUÇÃO

O solo pode ser definido como um processo natural de acumulação e evolução dos sedimentos minerais, aos quais se vão juntando lenta e progressivamente restos e produtos orgânicos. Este processo tem início no momento em que as rochas entram em contato com o meio ambiente e começam a sofrer transformações.

Segundo RUSSELL (1969) o solo pode ser considerado como a parte da crosta terrestre sólida onde existe atividade biológica, não existindo uma divisão clara entre solo e crosta, com a atividade biológica decrescendo com a profundidade até tornar-se negligível.

Baseado em suas características físico-químicas e biológicas, o solo foi considerado por PAUL (1989) simultaneamente como um componente e como um controlador dos processos do ecossistema.

Alguns dos mais importantes elos nas cadeias alimentares de um ecossistema são aqueles envolvendo os organismos detritívoros do solo, sendo geralmente pouco valorizado o fato de que grande parte da produção primária não é consumida pelos herbívoros, entrando diretamente na cadeia detritívora (STILING, 1992).

Embora algum tipo de atividade biológica possa ocorrer em todos os horizontes do solo, os horizontes orgânicos são geralmente os locais onde ocorrem as mais altas populações e a maior diversidade de espécies (DINDAL, 1990). Quando presentes, os horizontes orgânicos do solo incluem: a) a camada de serapilheira ou "liteira" (horizonte L ou O<sub>o</sub>), um acúmulo de fragmentos vegetais reconhecíveis (folhas, galhos, etc) e resíduos animais; b) a camada de fermentação (horizonte F ou O<sub>1</sub>), uma massa de serapi-

lheira animal e vegetal parcialmente decomposta, e conspicuamente permeada com hifas de fungos e actinomicetes; c) a camada de húmus (horizonte H ou O<sub>2</sub>), composta de produtos amorfos e escuros da decomposição, sem identificação de origem ou fonte. A espessura de cada horizonte orgânico varia de sistema para sistema.

A biota do solo está inserida no próprio conceito de solo (veja, por exemplo: DINDAL, 1990; EISENBEIS e WHICHARD, 1987; KEVAN, 1968; SHEALS, 1969; WALLWORK, 1970) sendo composta por uma infinidade de espécies interdependentes, de organização complexa, que processam a matéria orgânica convertendo-a em solo mineral, fixam o nitrogênio, redistribuem partículas de solo e nutrientes, aumentam a aeração e afetam significativamente a estrutura do solo. Esta biota como um todo é o principal agente na manutenção e elevação de níveis locais de fertilidade e é responsável, portanto, pela perpetuação das espécies e dos níveis de atividade do ecossistema (WITKAMP, 1971; WHITFORD, 1996).

O inestimável papel desempenhado pelos microorganismos do solo - Bactéria, Actinomycetes, Fungi, Algae e Protozoa - inclui a decomposição dinâmica da matéria orgânica e a produção de húmus, a ciclagem de nutrientes e a fixação de elementos químicos, o metabolismo do solo, a produção de compostos complexos que causam a agregação do solo, entre outras funções (DINDAL, 1990).

Os microrganismos do solo são ativos durante curtos períodos de tempo em um número limitado de micro-sítios, sendo as comunidades microbianas consideradas como “uma imensa população dormente”, com uma enorme riqueza de espécies e uma grande habilidade para sobreviver em “tempos difíceis” (LAVELLE e outros, 1995).

Os microrganismos como um grupo dominam a biomassa abaixo do solo tanto em termos dos “pools” de nutrientes presos a eles, quanto em termos da série de processos que realizam (PAUL, 1989). Estes organismos ativos, com sua alta relação área/volume, podem ser considerados tecidos vivos, concentrando em si elementos químicos, compostos e energia.

Os fungos do solo por exemplo, possuem a habilidade de concentrar elementos químicos biologicamente importantes, tais como Nitrogênio (N), Fósforo (P), Cálcio (Ca), Cobre (Cu), Potássio (K), Ferro (Fe), Magnésio (Mg), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Sódio (Na) e Zinco (Zn) de substratos diluídos (WALLWORK, 1983). Estes elementos, imobilizados na biomassa dos fungos, são liberados novamente através das atividades alimentares de muitos organismos do solo.

Do ponto de vista funcional, a fauna do solo é mais freqüentemente classificada pelo tamanho, sendo diferenciada, segundo WALLWORK (1983), em três grupos principais: microfauna (< 0,2 mm), mesofauna (>0,2 mm e < 2 mm) e macrofauna (> 2 mm).

A microfauna do solo é composta principalmente por protozoários (Protozoa) e nematóides (Nematoda), os quais alimentam-se basicamente de fungos e bactérias, existindo também muitas formas parasitas ou predadoras. O efeito principal desta microfauna sobre o ciclo biogeoquímico ocorre através da sua alimentação, com a assimilação de tecidos microbianos e a excreção de nutrientes minerais (BEARE e outros, 1995).

A mesofauna do solo compreende uma grande diversidade de organismos, entre os quais os microartrópodes, principalmente *Acari* e *Collembola*, e os também abundantes *Enchytraeidae* (*Annelida*).

Os *Enchytraeidae* afetam a ciclagem de nutrientes através do seu processo geofágico da matéria orgânica e de mudanças no tamanho e distribuição dos poros do solo, que afetam o transporte de solutos e a disponibilidade de oxigênio (DIDDEN, 1990), desempenhando também um papel fundamental na dinâmica do nitrogênio (KOMU-LAINEN e MIKOLA, 1995).

A importância dos microartrópodes do solo no ciclo biogeoquímico resulta da aumentada mineralização de nutrientes durante sua alimentação sobre a microflora e microfauna, da cominuição dos detritos de plantas e deposição de pelotas fecais que aumentam a superfície para o ataque microbiano, além da dispersão de esporos e da liberação de constituintes solúveis em água (BUTCHER e outros, 1971; SEADSTED, 1984). Esta influência indireta pode ser de grande importância para a velocidade do processo de decomposição da matéria orgânica (SANTOS e outros, 1981; SANTOS e WHITFORD, 1981; VOSSBRINCK e outros, 1979).

Diferenças espécie-específicas na contribuição dos microartrópodes do solo para a ciclagem de nutrientes são pouco conhecidas (BEARE *et al.*, 1995). Muitos microartrópodes são fungívoros, outros são bacterívoros e outros predam vários grupos da micro- e mesofauna.

Alguns autores sugerem que os ácaros oribatídeos (Acari: Cryptostigmata), geralmente o grupo com maior abundância de indivíduos e maior diversidade de espécies entre os artrópodes de solos maduros (SCHEU e SCHULZ, 1996; WALWORK, 1983), podem ser classificados em três principais guildas alimentares: a) microfítófagos, alimentando-se de hifas de fungos e esporos; b) macrofítófagos, alimentando-se de fragmentos de plantas superiores; c) panfítófagos, alimentando-se de fragmentos de plantas e fungos (LUXTON, 1972; KANEKO, 1988; WALWORK, 1983).

SIEPEL e RUITTER-DUKMAN (1993) baseados na atividade da enzima digestiva carbohidrase, criaram uma nova classificação para as guildas de oribatídeos: herbívoros, herbofungívoros, fungívoros (conteúdo celular e paredes celulares), fungívoros (apenas o conteúdo celular), e herbofungívoros oportunistas. SIEPEL e MAASKAMP (1994) sugerem que estas guildas afetam diferentemente o processo de decomposição, com os fungívoros (conteúdo e paredes celulares) por exemplo, estimulando o processo, e os fungívoros (apenas conteúdo celular) inibindo.

Por outro lado, alguns estudos indicam que, na verdade, muitos microartrópodes, inclusive espécies de ácaros oribatídeos, podem ser omnívoros, mudando seus hábitos tróficos com mudanças na disponibilidade de diferentes recursos, uma característica que dificulta o seu arranjo em grupos funcionais ou guildas alimentares (MOORE *et al.*, 1988; MUELLER e outros, 1990; WALTERS e outros, 1988).

A macrofauna do solo é representada por um grupo bastante diverso de organismos, tanto morfologicamente como comportamentalmente, incluindo, entre outros, os milípedes (*Miriapoda*), os besouros (*Insecta: Coleoptera*) os térmites (*Insecta: Isoptera*), as formigas (*Insecta: Hymenoptera: Formicidae*) e as minhocas (*Annelida: Lumbricidae*). Seu efeito sobre a ciclagem de nutrientes ocorre através da cominuição e enterramento de detritos e fragmentos de plantas, disponibilizando recursos para os microrganismos e mediando a transferência de solutos e particulados para camadas mais profundas do solo.

A macrofauna também afeta a ciclagem de nutrientes através da reorganização

física das partículas do solo, mudando a distribuição dos tamanhos dos poros e, como resultado, os padrões de infiltração e emissão de gases. Os efeitos das minhocas são bastante conhecidos, porém o papel desempenhado por formigas e térmitas pode ser igualmente importante (LOBRY e outros, 1990).

A cominuição ou redução do tamanho dos fragmentos pode aumentar a área exposta da folha em até 15 vezes (WITKAMP, 1971), com uma elevação da capacidade de retenção de umidade e uma redução de até um terço da evaporação nas pelotas fecais resultantes, em relação ao mesmo peso de serapilheira não processada. O material fecal da meso- e macrofauna geralmente tem forma globular ou cilíndrica, podendo mover-se para horizontes orgânicos inferiores por gravidade ou lavados (percolação), numa taxa mais rápida que a serapilheira original (WITKAMP, 1971).

A mudança da estratégia da fauna do solo é gradual e parece ocorrer como uma função do tamanho. Relativamente, a microfauna tem uma alta capacidade de adaptar-se a condições adversas, um potencial considerável para digerir qualquer tipo de substrato orgânico e uma mobilidade reduzida. A mesofauna tem uma mobilidade maior, uma alta capacidade para fragmentar e cominutar recursos em decomposição, mas uma habilidade reduzida para digerir substratos complexos. A macrofauna, finalmente, é móvel e hábil para misturar o solo e quebrar a separação física entre os microorganismos e as partículas orgânicas, mas comparativamente possui uma habilidade enzimática limitada (LAVELLE e outros, 1995).

Um tema central da ecologia atual é a questão da biodiversidade (WILSON, 1994), existindo uma preocupação crescente com outros grupos que não os do mundo dos vertebrados (WILSON, 1987). Estes grupos incluem a biota do solo (ANDERSON, 1975; BEARE e outros, 1995; LAVELLE e outros., 1995; STANTON, 1979; SIEPEL, 1996a,b; WARDLE e GILLER, 1996), a qual foi considerada por ANDRÉ *et al.* (1994) como “a outra última fronteira biótica”, em alusão ao artigo de ERWIN (1983), o qual considerou a fauna de artrópodes do dossel de florestas como sendo a última fronteira biótica para o estudo da biodiversidade. ANDRÉ e outros (1994) consideram que o solo, incluindo os horizontes mais profundos e a rizosfera, pode se constituir em uma reserva imensa para a biodiversidade.

Os solos contém algumas das comunidades terrestres com maior riqueza de espécies, podendo 1 m<sup>2</sup> de solo de floresta por exemplo, conter mais de 1000 espécies de animais, com densidades superiores a 10<sup>7</sup> de *Nematoda* e *Protozoa*, 10<sup>5</sup> de *Acari* e *Collembola* e 5 x 10<sup>4</sup> de outros invertebrados (ANDERSON, 1978). Uma grama deste mesmo solo pode apresentar 6-10 milhões de bactérias e 3000-4000 metros de hifas de fungos, representando várias centenas de espécies de microorganismos (ANDERSON, 1978).

A estabilidade do solo e a produtividade a longo prazo são dependentes da integridade da biota do solo (WHITFORD, 1996). A composição e a estrutura das comunidades bióticas do solo a um nível hierárquico podem influenciar a heterogeneidade espacial de recursos e áreas de refúgio a outros níveis hierárquicos, sendo através da formação desta estrutura espacial e temporalmente heterogênea que a biodiversidade do solo pode contribuir mais significativamente para o funcionamento dos ecossistemas (BEARE e outros, 1995; WHITFORD, 1996).

Apesar desta importância ecológica óbvia, os organismos do solo tem tido

uma influência negligível no desenvolvimento da teoria ecológica contemporânea (WARDLE e GILLER, 1996), sendo quase que completamente ignorados em sínteses literárias sobre teias alimentares (COHEN *et al.* 1990) e competição (SCHOENER, 1983; CONNELL, 1983), bem como em livros conceituados sobre ecologia de comunidades (por exemplo: PIMM, 1991, RICKLEFS e SCHLUTER, 1993). Uma exceção pode ser feita ao livro de ROSENWEIG (1995), o qual utiliza o trabalho de ANDERSON (1978) como um dos exemplos relacionando a diversidade de habitats e a biodiversidade.

Os solos ainda representam uma das maiores “caixas pretas” em estudos ecológicos (PAUL, 1989). Associado a esta ignorância, muitos processos antropogênicos a longo prazo (e em alguns, casos a curto prazo, como em áreas de mineração a céu aberto) tem alterado quase que completamente as características do solo e sua habilidade para suportar comunidades vegetais e animais. Exemplos de alterações antropogênicas no solo incluem a erosão e a perda de nutrientes após o cultivo ou após a derrubada de uma floresta, os efeitos da chuva ácida, a adição de fosfato e calcário, e o envenenamento tecnoquímico do mundo pós-moderno, através de pesticidas e metais pesados.

Estas alterações antropogênicas causam enormes perdas de biodiversidade no solo (SIEPEL, 1996). A importância da inclusão da fauna de invertebrados do solo em projetos que tratam da conservação, proteção, avaliação de impactos sobre o meio ambiente e biomonitoramento foi reconhecida e reafirmada no workshop “Effects of Soil Pollution on Soil Invertebrate Fauna”, realizado no 3º Congresso Europeu de Entomologia (Amsterdã, agosto de 1986).

Diversos estudos vem sendo realizados em muitos países utilizando os microartrópodes como indicadores da qualidade do solo em agroecossistemas (por exemplo: AL-ASSIUTY e outros, 1994; BADEJO, 1990; BADEJO e LASEBIKAN, 1988; COLINAS e outros, 1994; EDWARDS, 1969; EDWARDS e LOFTY, 1969; FRANCHINI e ROCKETT, 1996; FRATELLO e outros, 1985; KING e HUTCHINSON, 1980; KROGH, 1991; LOUREIRO, 1975; MISHRA e outros, 1989; MUELLER e outros, 1990; NAKAMURA, 1989; SALMINEN e SULKAVA, 1996; SGARDELIS e USHER, 1994; SIEPEL e VAN DE BUND, 1988; WARDLE e outros, 1995).

Estudos nesse sentido também vem sendo realizados em solos contaminados por metais pesados, em áreas sob impacto de extração de diversos minerais ou em experimentos de laboratório (por exemplo: BENGTTSSON e outros, 1985; BIELSKA, 1982, 1989; DAVIS, 1963; DENNEMAN e VAN STRAALEN, 1991; DZIUBA e outros, 1990; HUTSON, 1980a,b, 1981; JANSSEN e outros, 1990; JANSSEN e outros, 1991; KOMULAINEN e MIKOLA, 1995; LUXTON, 1982; MADEJ, 1990; MADEJ e SKUBALA, 1996; MALTBY, 1990; MOORE e LUXTON, 1986; ROTH, 1993; STREIT, 1984; VAN STRAALEN e outros, 1987; VAN STRAALEN e outros, 1989; VASILIU e MIHAILESCU, 1990)

Alguns microartrópodes podem ser importantes indicadores da qualidade de solos degradados pelos efeitos da chuva ácida (HAGVAR, 1984; HAGVAR e KJONDAL, 1981; HENEGHAN e BOLGER, 1996; HEUNGENS e VAN DAELE, 1984; LARKIN e KELLY, 1987; VAN STRAALEN e outros, 1988).

Algumas espécies de ácaros oribatídeos (*Acari: Cryptostigmata*) também vem sendo utilizadas com sucesso no monitoramento de poluição aérea, principalmente dos níveis de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> (ANDRÉ *et al.*, 1982; ANDRÉ e LEBRUN, 1984; WEIGMANN e KRATZ, 1987).

Os microartrópodes do solo também podem ser utilizados como indicadores de qualidade do solo em ambientes florestais sujeitos a diferentes tipos de uso e exploração humana (CANCELA DA FONSECA, 1990; GARAY e NATAF, 1982; MASSOT e CANCELA DA FONSECA, 1983).

Projetos de recuperação de áreas pós-mineradas e de depósitos de rejeitos de carvão (ELKINS e outros, 1983, ETTERS HANK e outros, 1978) vem utilizando a estruturação das assembléias de oribatídeos e de outros artrópodes do solo como índices no diagnóstico das melhores técnicas de recuperação.

No Brasil, mesmo a respeito de aspectos ecológicos básicos, existem poucos estudos sobre microartrópodes do solo, a maioria encontrando-se em estágios iniciais de desenvolvimento (por exemplo: ADIS e RIBEIRO, 1989; ANTONY, 1996; DUARTE, 1996a,b; DUARTE e BECKER, 1994; RIBEIRO e SCHUBART, 1989; SAUTTER, 1995; SILVA-PORTO e GARAY, 1996; USHIWATA e outros, 1995; VALLEJO e outros, 1987). Esta situação é contrastante com a enorme velocidade com que extensas áreas de terra vem transformando-se em áreas degradadas no País.

Os objetivos básicos do presente trabalho foram, primeiramente, proceder uma análise quali-quantitativa de microartrópodes do solo (*Acari* e *Collembola*) em áreas de disposição de sub-produtos carboníferos (cinzas e rejeitos), comparando com áreas de solos não perturbados. A partir desta análise, fornecer subsídios para uma avaliação ecológica da qualidade de solos afetados por mineração do carvão, especificamente dos solos da região de abrangência do PADCT-CIAMB/UFRGS. Complementarmente, o trabalho procurou contribuir para o conhecimento da fauna nativa de microartrópodes do solo, em áreas não perturbadas pela mineração.

## MATERIAL E MÉTODOS

Segundo o mapa de uso do solo reproduzido no Apêndice 4, os campos representam o elemento dominante ou a matriz da paisagem. Os elementos florestais da região encontram-se dispersos em fragmentos distintos, submetidos a diferentes pressões antrópicas, como corte seletivo de madeiras nobres, retirada de lenha, pisoteio e pastoreio de mudas pelo gado, substituição da cobertura vegetal nativa por lavouras de *Eucaliptus spp.* entre outros fatores (BALBUENO, 1997).

Devido à predominância do elemento campo dentro da estrutura da paisagem da microrregião carbonífera do baixo Jacuí e após uma série de expedições a campo para reconhecimento de áreas potenciais da microrregião, foram selecionadas três áreas de campo (Apêndice 4), de 1 ha cada, dentro de uma mesma fazenda de pecuária extensiva (propriedade do senhor C. Sperb), no município de Arroio dos Ratos, RS.

A primeira área amostrada (de agora em diante designada Campo-1) corresponde a uma área de campo sobre rejeitos de mineração de carvão, onde a vegetação vem desenvolvendo-se espontaneamente a mais de 30 anos sobre estes rejeitos. Um estudo fitossociológico desta área foi desenvolvido por D. Stobbe (mestranda do CPG-Ecologia/UFRGS) como sub-projeto do PADCT-CIAMB/UFRGS, sendo este um dos motivos de escolha desta área.

Na segunda área amostrada (de agora em diante Campo-2) a vegetação também vem desenvolvendo-se a mais de 30 anos sobre um pilha de rejeitos de carvão, desde a desativação da atividade carbonífera descrita anteriormente. O Campo-2 recebeu adicionalmente depósitos de cinzas de carvão. Os campos 1 e 2 são contíguos, existindo entre eles um desnível do terreno (cerca de 3 m), estando o Campo-1 na cota mais alta.

A terceira área amostrada (de agora em diante Campo-3) apresenta solo hidromórfico natural da região, nunca minerado ou utilizado para depósito de rejeitos, estando distante cerca de 800 m dos campos 1 e 2.

A composição florística dos campos 2 e 3 pode ser considerada similar àquela descrita por OLIVEIRA e BALBUENO (1999) para campos utilizados para a pecuária extensiva, atividade principal da fazenda a que pertencem.

Em 14 de abril de 1996 uma série de análises foram realizadas nos campos 1, 2 e 3 visando uma caracterização físico-química do solo superficial (até 5 cm de profundidade). Nesta data, três unidades amostrais (com cerca de 0,5 kg de solo superficial cada uma) foram retiradas de cada um dos quatro estratos de cada campo (ver item 3.3: técnica de amostragem). O solo de duas unidades amostrais foi enviado ao Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS para realização de uma "análise básica do solo", onde os seguintes parâmetros foram analisados: pH, umidade relativa (a 105°C), percentual de matéria orgânica, percentual de argila, e os totais de Fósforo (P), Potássio (K), Alumínio (Al), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg). O solo da terceira unidade amostral de cada estrato foi enviado ao Centro de Ecologia da UFRGS, onde uma análise da fração extraível dos metais: Cádmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Mercúrio (Hg), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) foi realizada por Espectrofotometria de Absorção Atômica. Estes metais estão entre os mais comumente encontrados em níveis elevados em áreas de mineração e de depósito de rejeitos da microrregião carbonífera do baixo Jacuí.

### **Técnica de amostragem da fauna de microartrópodes do solo**

Uma amostragem aleatória-estratificada (FINNEY, 1956; CRÉPIN & JOHNSON, 1993) foi realizada em cada um dos três campos, subdividindo-se cada área de 1 ha em 4 estratos de 50 m X 50 m. Em cada um destes estratos 3 unidades amostrais de 7 cm de diâmetro por 5 cm de profundidade foram retiradas aleatoriamente do solo em quatro datas: 27/abril/1995 (outono), 14/agosto/1995 (inverno), 14/novembro/1995 (primavera) e 12/fevereiro/1996 (verão), totalizando em cada campo 12 unidades amostrais em cada data. A amostragem foi realizada sempre entre 09 h e 30 min e 11 h 30 min. Após a retirada do solo, cada unidade amostral foi acondicionada em saco plástico individual, etiquetada e mantida por cerca de 3 h em caixa térmica durante o transporte até o Laboratório de Entomologia-UFRGS, onde processou-se a extração dos microartrópodes em funís de Berlese-Tullgren modificados.

Para iniciar o processamento, cada unidade amostral é colocada intacta (solo mais cilindro coletor) dentro de um cesto, tendo-se o cuidado de colocá-la invertida com relação ao eixo vertical do solo, de maneira que os organismos que ocorrem nas camadas mais superficiais (teoricamente com menor habilidade para deslocar-se pelos poros do solo) fiquem na base do cesto, mais próximos dos funís coletores (EDWARDS

e FLECHTER, 1971). As amostras foram processadas durante seis dias, utilizando-se álcool etílico 70% como líquido coletor.

Os artrópodes do solo presentes em cada frasco coletor após os seis dias de extração foram triados exaustivamente sob microscópio estereoscópico, sendo posteriormente armazenados em álcool 70% com glicerol 5%. Todos os organismos coletados encontram-se depositados no Laboratório de Entomologia do Departamento de Zoologia da UFRGS.

Para a classificação dos diferentes grupos de artrópodes do solo a bibliografia básica utilizada foi: BAKER & WALKER (1956); BALOGH (1972); BALOGH & BALOGH (1988, 1990); BUZZY (1985); DINDAL (1990) e EISENBERG E WHICHARD (1991). Os indivíduos amostrados foram classificados dentro de 20 grupos: **Arachnida**: 1. *Acari: Cryptostigmata (oribatídeos)*; 2. *Acari: Mesostigmata (Gamasida + Uropodina)*; 3. *Acari: outros*; 4. *Araneae*; **Apterigota**: 5. *Collembola: Sminthuroidea*; 6. *Collembola: Poduromorpha*; 7. *Collembola: Isotomidae*; 8. *Collembola: Entomobryidae*; 9. *Diplura*; **Insecta**: 10. *Coleoptera: Staphylinidae*; 11. *Coleoptera: Scarabaeidae*; 12. *Coleoptera: outras famílias*; 13. *Coleoptera: larvas*; 14. *Hemiptera*; 15. *Hymenoptera: Formicidae*; 16. *Thysanoptera*; 17. *Isoptera*; 18. *Diptera: larvas*; **Crustacea**: 19. *Isopoda*; **Myriapoda**: 20. *Symphyla*.

## **Análise estatística dos dados**

Para a análise estatística, foram utilizados os três grupos de Acari (Cryptostigmata, Mesostigmata, Acari: outros) e três dos quatro grupos de Collembola (Poduromorpha, Isotomidae e Entomobryidae).

A abundância absoluta (raiz quadrada do número de indivíduos, de agora em diante referida como: abundância) e a abundância relativa (percentual em relação ao total de microartrópodes, de agora em diante referida como: percentual) destes seis grupos de microartrópodes do solo (Acari e Collembola) foram comparados entre os três campos nas quatro datas de amostragem através de uma análise multivariada, utilizando o programa MULTIV (PILLAR, 1998).

Dentre as opções do MULTIV, dois testes foram aplicados: um Teste de Aleatorização e uma Análise Exploratória (Ordenação, Análise de Coordenadas Principais) (PILLAR e ORLÓCI, 1996). Para ambos os testes uma matriz de semelhança foi gerada a partir da distância euclidiana entre as unidades amostrais consideradas.

Estes dois testes também foram aplicados para uma comparação dos 18 parâmetros físico-químicos entre os três campos, sendo que para esta comparação realizou-se uma centralização e normalização dos dados, em função das unidades diferentes dos diferentes parâmetros.

## **RESULTADOS**

### **Dados físico-químicos**

A Tabela 1 apresenta os valores médios obtidos nos três campos para os diversos parâmetros físico-químicos analisados na amostragem de 14/04/96. O pH do

Campo-1 variou entre 5,8-6,5 (média 6,2) com uma umidade entre 9-29% (média 15%). No Campo-2 o pH variou entre 4,8-5,6 (média 5,3) com uma umidade entre 13-60% (média 29%). No Campo-3 o pH variou entre 4,9-5,5 (média 5,4) com uma umidade entre 16-38% (média 26,5%).

O percentual de matéria orgânica foi praticamente o dobro no Campo-2 em relação aos outros dois campos, enquanto que o percentual de argila foi praticamente o dobro no Campo-3 em relação aos outros campos. Os níveis de Mg foram levemente superiores no Campo-3. Os níveis de Ca foram levemente superiores no Campo-2. Os níveis de K foram relativamente similares entre os campos 2 e 3, sendo menores no Campo-1. Os níveis de P foram mais elevados no Campo-1. Os níveis de Al foram mais altos no Campo-2. Os níveis de S foram menores no Campo-3 em relação aos dois campos sobre rejeitos. Com exceção do Ferro, com níveis mais elevados no Campo-3, e do Cromo, com níveis mais elevados no Campo-1, os demais metais apresentaram níveis médios e máximos mais elevados no Campo-2.

O resultado do teste de aleatorização indicou existirem diferenças significativas entre os três campos ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ) com relação aos 18 parâmetros físico-químicos analisados. A Figura 1 apresenta o diagrama de ordenação obtido pela Análise Exploratória (MULTIV), salientando as diferenças multivariadas encontradas entre os três campos em função dos 18 parâmetros físico-químicos. O eixo I da Figura 1, o qual respondeu por 44,2 % da variação dos dados, está positivamente correlacionado com Zn, Mn, Mg, K e umidade (quanto maior o valor do eixo, maiores os valores dos parâmetros), estando negativamente correlacionado com pH e P (quanto menor o valor do eixo maiores os valores dos parâmetros). Este primeiro eixo distinguiu claramente o Campo-1 dos demais. O eixo II da Figura 1, o qual foi responsável por 24,5 % da variação dos dados, está positivamente correlacionado com S, Ni, Ca, Hg, matéria orgânica e Cu, estando negativamente correlacionado com argila e Fe, separando claramente o Campo-3 dos demais.

**Tabela 1**

Valores médios de 18 parâmetros físico-químicos obtidos do solo superficial (até 5 cm de profundidade) de três áreas de campo no município de Arroio dos Ratos, RS. Amostragem realizada em 16/4/1996.

	Campo-1	Campo-2	Campo-3
Alumínio (me.dl-l)	0	0,66	0,36
Argila (%)	8,37	8,37	17,75
Cádmio (mg.l-l)	21,24	43,4	40,4
Cálcio (me.dl-l)	4,77	6,65	4,11
Cobre (mg.kg-l)	1,98	3,65	2,09
Cromo (mg.kg-l)	0,25	0,15	0,08
Enxofre (ppm)	8,73	8,75	6,3

(continuação da tabela 1)

	Campo-1	Campo-2	Campo-3
Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	70,23	116,36	211,41
Fósforo (ppm)	43,87	9,25	9,75
Magnésio (me.dl <sup>-1</sup> )	0,64	1,85	2,15
Manganês(mg.kg <sup>-1</sup> )	9,35	19,75	15,96
Mat. Orgânica (%)	3,46	8,5	4,3
Mercurio (mg.l <sup>-1</sup> )	29,22	41,06	24,87
Níquel (mg.kg <sup>-1</sup> )	1,14	2,39	0,73
pH	6,2	5,3	5,4
Potássio (ppm)	183,38	295,75	263,5
Umidade (%)	15	29	26,5
Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	9,68	38,27	30,42

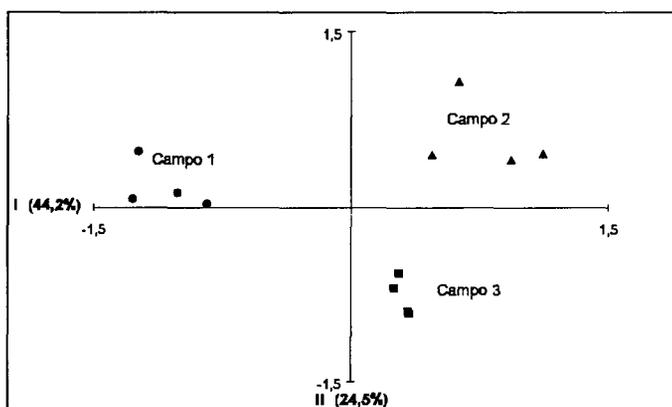


Figura 1. Diagrama de ordenação (MULTIV) de 4 estratos de três áreas de campo em Arroio dos Ratos, RS, em função de 18 parâmetros físico-químicos. Campo-1 = campo sobre rejeitos de mineração. Campo-2 = campo sobre rejeitos de mineração + cinzas de carvão. Campo-3 = campo sobre solo natural. Descritores originais com coeficientes de correlação mais altos: eixo I = Zn (0,94), pH (-0,91), Mn (0,89), P (-0,86), Mg (0,84), K (0,84), umidade (0,82); eixo II = argila (-0,89), S (0,77), Ni (0,72), Ca (0,71), Hg (0,71), Fe (-0,62), matéria orgânica (0,55), Cu (0,55).

## Fauna do solo

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam a densidade média (indivíduos.m<sup>-2</sup>) e o percentual médio de 18 grupos de artrópodes do solo amostrados nos campos 1, 2 e 3, respectivamente, nas quatro datas de amostragem.

Juntos, os microartrópodes (Acari e Collembola) representaram mais de 80% da fauna amostrada no solo dos três campos em todas as datas, com os ácaros oribatídeos representando o grupo amplamente dominante entre os microartrópodes.

As densidades registradas no Campo-3 para os oribatídeos estão dentro da faixa de abundância registrada por PETERSEN e LUXTON (1982) para campos temperados. Nos campos sobre rejeitos as densidades foram bastante inferiores, embora percentualmente similares em algumas datas.

Existiu uma diminuição acentuada ao longo das estações na densidade média de oribatídeos no Campo-3, com um máximo no outono e um mínimo no verão. O percentual médio de oribatídeos entretanto, foi maior na primavera. Nos campos 1 e 2 as densidades de oribatídeos não variaram muito entre as quatro datas, existindo porém diferenças percentuais em relação à fauna total.

Os mesostigmatídeos apresentaram uma tendência diferenciada entre o Campo-3 e os campos sobre rejeitos. No Campo-3 a densidade média e o percentual médio de Mesostigmata diminuíram acentuadamente do outono para a primavera, enquanto que nos campos sobre rejeitos ocorreu um aumento na densidade e no percentual do outono para o verão. Além disso, os percentuais médios de Mesostigmata foram mais elevados nos campos sobre rejeitos, atingindo mais de 20% no Campo-2 no verão.

Os percentuais do grupo Acari: outros também foram marcadamente maiores nos campos sobre rejeitos em relação ao Campo-3. Apenas no outono a densidade média deste grupo foi claramente maior no Campo-3. No Campo-1 houve um aumento gradual no percentual médio deste grupo do outono para o verão, enquanto que nos campos 2 e 3 houve uma diminuição acentuada no inverno.

Os colêmbolos Poduromorpha foram abundantes no Campo-3 no outono e no inverno, diminuindo o percentual médio até a primavera. Nos campos 1 e 2 Poduromorpha não atingiu 1% dos microartrópodes em nenhuma data de amostragem, apresentando uma pequeno pico de indivíduos no inverno.

Os colêmbolos Isotomidae apresentaram uma abundância significativamente maior no Campo-2, principalmente no inverno e no verão, quando o percentual médio chegou a 10,2 e 5,1 respectivamente. Nos campos 1 e 3 o percentual de isotomídeos não ultrapassou os 3 % em nenhuma ocasião.

A densidade média de Entomobryidae foi maior no Campo-3 em relação aos campos sobre rejeitos nas quatro datas, principalmente no outono. O percentual destes colêmbolos, entretanto, não ultrapassou os 2 % em nenhuma data de amostragem nos três campos.

**Tabela 2**

Densidade média (indivíduos.m<sup>-2</sup>) e percentual médio (%) dos grupos de artrópodes do solo amostrados no Campo-1 (campo sobre rejeitos de mineração) nas quatro datas de amostragem. Arroio do Ratos, RS.

GRUPO	25 de abril de 1995		14 de agosto de 1995		14 de novembro de 1995		12 de fevereiro de 1996	
	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%
ARACHNIDA								
<i>Acari</i>								
<i>Cryptostigmata</i>	13.542	79,5	16.943	76,3	11.917	65,4	16.272	67,1
<i>Mesostigmata</i>	932	4,8	1.473	5,1	1538	12,2	3.965	16,5
Acari: outros	888	5,5	1560	7,4	2318	14,3	2.275	10,2
<i>Atanaco</i>	87	0,0	65	0,6	22	0,2	22	0,1

(continuação da tabela 2)

GRUPO	25 de abril de 1995		14 de agosto de 1995		14 de novembro de 1995		12 de fevereiro de 1996	
	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%
APTERIGOTA								
<i>Collembola</i>								
Sminturoidea	0	0,0	0	0,0	0	0,0	22	0,1
Poduromorpha	0	0,0	152	0,7	0	0,0	0	0,0
Isotomidade	347	2,8	325	1,3	65	0,2	173	0,6
Entomobryidae	65	0,3	238	1,1	173	1,2	217	1,1
<i>Diptera</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
INSECTA								
<i>Coleoptera</i>								
Staphylinidae	0	0,0	22	0,2	22	0,3	0	0,0
Scarabaeidae	130	1,2	173	0,2	22	0,3	65	0,0
Outros	108	0,6	195	2,2	65	1,7	217	1,2
Larvas de Coleoptera	347	2,3	780	2,2	195	1,7	238	1,2
<i>Hemiptera</i>	498	1,8	478	0,9	87	0,4	238	1,3
<i>Thysanoptera</i>	87	0,4	693	2,4	282	3,6	22	0,2
Larvas de Diptera	0	0,0	65	0,3	0	0,0	0	0,0
CRUSTACEA								
<i>Isopoda</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
MIRIAPODA								
<i>Symphyla</i>	0	0,0	22	0,0	0	0,0	43	0,1

**Tabela 3**

Densidade média (indivíduos.m<sup>-2</sup>) e percentual médio (%) dos grupos de artrópodes do solo amostrados no Campo-2 (campo sobre rejeitos de mineração + cinzas de carvão) nas quatro datas de amostragem. Arroio dos Ratos, RS.

GRUPO	25 de abril de 1995		14 de agosto de 1995		14 de novembro de 1995		12 de fevereiro de 1996	
	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%
ARACHNIDA								
<i>Acari</i>								
Cryptostigmata	15.535	65,8	16.358	54,1	14.452	63,3	13.520	52,9
Mesostigmata	2.037	10,3	4.355	15,4	3.813	16,2	5.395	21,4
Acari: outros	1.582	11,4	910	3,2	1.798	11,2	2.860	12,8
<i>Aranese</i>	22	0,1	65	0,3	87	0,0	22	0,3
APTERIGOTA								
<i>Collembola</i>								
Sminturoidea	43	0,7	0	0,0	43	0,2	0	0,0
Poduromorpha	0	0,0	347	0,8	65	0,3	87	0,3
Isotomidade	347	1,7	3.077	10,2	303	1,3	1.668	5,1
Entomobryidae	238	2,0	455	1,8	87	0,4	65	0,3
<i>Diptera</i>	0	0,0	22	0,1	0	0,0	0	0,0
INSECTA								
<i>Coleoptera</i>								
Staphylinidae	152	0,2	22	0,1	22	0,1	0	0,0
Scarabaeidae	87	0,6	108	0,4	43	0,2	0	0,0
Outros	87	0,2	260	1,1	152	0,6	65	0,4
Larvas de Coleoptera	325	2,0	1.018	3,1	195	1,0	520	1,8

(continuação da tabela 3)

GRUPO	25 de abril de 1995		14 de agosto de 1995		14 de novembro de 1995		12 de fevereiro de 1996	
	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%
<i>Hemiptera</i>	932	3,8	1.755	4,9	758	3,0	953	2,6
<i>Thysanoptera</i>	87	0,6	498	2,6	238	1,5	173	0,5
Larvas de Diptera	43	0,6	455	2,0	0	0,0	130	1,0
CRUSTACEA								
<i>Isopoda</i>	0	0,0	0	0,0	43	0,0	0	0,0
MIRIAPODA								
<i>Symphyla</i>	0	0,0	0	0,0	43	0,0	130	0,0

**Tabela 4**

Densidade média (indivíduos.m<sup>-2</sup>) e percentual médio (%) dos grupos de artrópodes do solo amostrados no Campo-3 (campo sobre solo natural) nas quatro datas de amostragem. Arroio dos Ratos, RS.

GRUPO	25 de abril de 1995		14 de agosto de 1995		14 de novembro de 1995		12 de fevereiro de 1996	
	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%	ind.m-2	%
ARACHNIDA								
<i>Acarzi</i>								
Cryptostigmata	42.445	67,3	38.285	74,8	28.730	80,3	20.150	62,2
Mesostigmata	6.522	18,8	4.658	8,2	2.578	6,8	3.900	11,4
Acarzi: outros	3.033	5,1	867	1,7	1.668	5,4	2.210	6,6
<i>Araneae</i>	43	0,0	22	0,0	43	0,1	65	0,2
APTERIGOTA								
Collembola								
Sminthuridae	43	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Podzocorpha	4.853	5,3	1820	3,3	217	0,6	303	1,0
Isotomidae	477	0,8	542	1,2	542	1,5	498	1,7
Entomobryidae	997	1,8	542	1,1	152	0,4		0,8
<i>Diptera</i>	65	0,1	0	0,0	0	0,0	22	0,0
INSECTA								
<i>Coleoptera</i>								
Staphylinidae	108	0,1	43	0,1	108	0,4	65	0,2
Scarabaeidae	195	0,3	152	0,4	43	0,1	22	0,1
Outros	347	0,5	152	0,3	43	0,2	0	0,0
Larvas de Coleoptera	260	0,3	152	0,3	628	2,4	455	1,5
<i>Hemiptera</i>	2.903	5,0	4.182	7,2	347	1,5	5720	13,3
<i>Thysanoptera</i>	867	1,4	542	1,3	0	0,0	628	*
Larvas de Diptera	152	0,3	0	0,1	43	0,1	130	0,5
CRUSTACEA								
<i>Isopoda</i>	43	0,1	0	0,0	0	0,0	22	0,1
MIRIAPODA								
<i>Symphyla</i>	195	0,4	87	0,1	22	0,1	195	0,4

O resultado do teste de aleatorização (MULTIV) comparando o Campo-1 nas quatro datas de amostragem, indicou não existirem diferenças significativas entre as quatro datas com relação à abundância dos microartrópodes ( $p = 0,062$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Estas diferenças também não foram significativas no Campo-2 ( $p = 0,285$ ;  $\alpha = 0,05$ ). No

Campo-3 existiram diferenças significativas entre as quatro datas ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Porém não existiram diferenças significativas entre outono x inverno ( $p = 0,11$ ;  $\alpha = 0,05$ ) e entre primavera x verão ( $p = 0,142$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Existiram diferenças significativas entre os três campos nas amostragens de outono ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ), inverno ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ) e primavera ( $p = 0,005$ ;  $\alpha = 0,05$ ) com relação à abundância dos microartrópodes, sendo que no outono e na primavera a diferença não foi significativa entre os dois campos sobre rejeitos ( $p = 0,713$  e  $p = 0,217$ , respectivamente;  $\alpha = 0,05$ ). Não existiram diferenças significativas entre os três campos na amostragem de verão com relação à abundância dos microartrópodes ( $p = 0,109$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Quando são usadas na comparação as 48 unidades amostrais de cada campo (outono+inverno+primavera+verão), as diferenças foram significativas ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Estas diferenças entre os três campos podem ser visualizadas de maneira sintetizada na Figura 2, correspondente ao diagrama de dispersão obtido pela Análise Exploratória (Ordenação, Coordenadas Principais). Nesta análise, ao invés dos valores de abundância das 48 unidades amostrais, foi utilizada a média em cada um dos quatro estratos de cada campo, em cada data ( $n = 3$  em cada estrato).

O eixo I da Figura 2, o qual foi responsável por 66,2% da variação dos dados, está positivamente correlacionado com os ácaros oribatídeos (0,97) e com os colêmbolos Poduromorpha (0,75), ou seja, quanto mais positivo o eixo, maiores as densidades destes dois grupos. O eixo II, responsável por 13,1% da variação dos dados, está correlacionado negativamente com Isotomidae (-0,73) e Mesostigmata (-0,68), ou seja, quanto mais negativo este eixo, maiores as densidades destes dois grupos.

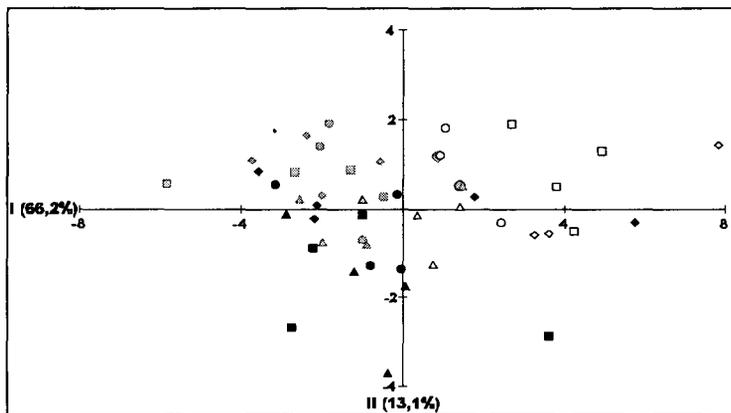


Figura 2. Diagrama de Ordenação (MULTIV) dos 04 estratos dos campos 1 (○), 2 (●) e 3 (□) nas quatro datas de amostragem (◆ = 25/04/95; ■ = 14/08/95; ● = 14/11/95; ▲ = 12/02/96), com relação a abundância de seis grupos de microartrópodes do solo (Acari e Collembola). Matriz de semelhança = distancia euclidiana entre estratos. Descritores originais com coeficientes de correlação mais altos: Eixo-1 = Cryptostigmata (0,97) e Poduromorpha (0,75); Eixo-2 = Isotomidade (-0,73) e Mesostigmata (-0,69). dados, está correlacionado negativamente com Isotomidae (-0,73) e Mesostigmata (-0,68), ou seja, quanto mais negativo este eixo, maiores as densidades destes dois grupos.

Os 12 estratos de outono, inverno e primavera do Campo-3 aparecem nitidamente diferenciados na Figura 2, estando positivamente correlacionados com o eixo I (maiores densidades de oribatídeos e Poduromorpha). Os 4 estratos de verão do Campo-3, quando não existiram diferenças significativas entre os campos, já não encontram-se tão diferenciados.

A Figura 2 também evidencia o fato de não existirem diferenças significativas entre as quatro datas de amostragem no Campo-1 e no Campo-2. Apesar de não existirem diferenças significativas entre estes dois campos, a maioria dos estratos do Campo-2, principalmente os de outono e verão, apresentaram uma correlação negativa com o eixo-2 (maiores densidades de Isotomidae e Mesostigmata). A maioria dos estratos do campo-1 apresentaram uma correlação positiva com o eixo-2.

Existiram diferenças significativas entre as quatro datas de amostragem no Campo-1 com relação ao percentual dos diferentes grupos de microartrópodes ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Porém não existiram diferenças significativas entre outono x inverno ( $p = 0,603$ ;  $\alpha = 0,05$ ) e entre primavera x verão ( $p = 0,359$ ;  $\alpha = 0,05$ ). No Campo-2 as diferenças entre as quatro datas de amostragem não foram significativas também em termos percentuais ( $p = 0,094$ ;  $\alpha = 0,05$ ). No Campo-3 as diferenças percentuais foram significativas entre as datas de amostragem ( $p = 0,003$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Porém não existiram diferenças significativas entre outono x verão ( $p = 0,375$ ;  $\alpha = 0,05$ ) e entre inverno x primavera ( $p = 0,428$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

A comparação do percentual dos microartrópodes entre os três campos indicou existirem diferenças significativas no outono ( $p = 0,02$ ;  $\alpha = 0,05$ ), no inverno ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ), na primavera ( $p = 0,002$ ) e no verão ( $p = 0,025$ ;  $\alpha = 0,05$ ). Porém não houveram diferenças significativas entre os campos 2 e 3 no outono ( $p = 0,276$ ;  $\alpha = 0,05$ ), entre os campos 1 e 3 no inverno ( $p = 0,392$ ;  $\alpha = 0,05$ ) e no verão ( $p = 0,508$ ;  $\alpha = 0,05$ ), e entre os campos 1 e 2 na primavera ( $p = 0,533$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Quando as 48 unidades amostrais de cada campo são utilizadas na comparação, as diferenças foram significativas, porém não entre os campos 1 e 3 ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

Estes resultados podem ser melhor visualizados na Figura 3, que representa o diagrama de dispersão obtido da Análise Exploratória (Ordenação, Coordenadas Principais). Nesta análise, ao invés dos valores de abundância das 48 unidades amostrais, foi utilizada a média em cada um dos quatro estratos de cada campo em cada data ( $n = 3$  em cada estrato).

O eixo I da Figura 3, o qual foi responsável por 72 % da variação dos dados, está negativamente correlacionado com os oribatídeos (-0,99) e positivamente correlacionado com Mesostigmata (0,86), ou seja, quanto maior o valor do eixo, menor o percentual de oribatídeos e maior o percentual de Mesostigmata. O eixo II, o qual respondeu por 13,3 % da variação dos dados, está negativamente correlacionado com o grupo Acari: outros (-0,86) e positivamente correlacionado com Isotomidae (0,59), ou seja, quanto maior o valor do eixo, menor o percentual de Acari: outros e maior o percentual de Isotomidae.

Os estratos dos campos 1 e 3 estão na sua maioria negativamente correlacionados com o eixo I (percentual maior de oribatídeos, percentual menor de Mesostigmata), embora alguns estratos do Campo-1, principalmente da amostragem de verão, estejam

nitidamente correlacionados com maiores percentuais de Mesostigmata (correlação positiva com o eixo I).

Os estratos do Campo-2 estão na sua maioria positivamente correlacionados com o eixo I (menor percentual de oribatídeos, maior percentual de Mesostigmata). Entre os estratos de outono, primavera e verão do Campo-2 alguns se correlacionaram positivamente e outros negativamente como o eixo-2, enquanto que os 4 estratos de inverno indicam claramente o baixo percentual de Acari: outros e o maior percentual de Isotomidae no Campo-2 nesta data.

Uma última comparação foi realizada entre os três campos reunindo os 18 parâmetros físico-químicos e os valores de abundância dos 06 grupos de microartrópodes na amostragem de outono. O resultado do teste de aleatorização mostrou existirem diferenças significativas entre os três campos quando as 24 variáveis são comparadas ( $p = 0,001$ ;  $\alpha = 0,05$ ).

A Figura 4 apresenta o diagrama de ordenação desta última comparação, mostrando claramente as diferenças entre os campos.

O eixo I da Figura 4, responsável por 40,3 % da variação dos dados, está positivamente correlacionado com Mg (0,90), Mesostigmata (0,86), Zn (0,79), umidade (0,79), Entomobryidae (0,77), K (0,73), Acari: outros (0,71) e Cryptostigmata (0,71).

O eixo II da Figura 4, responsável por 25,9 % da variação dos dados, está positivamente correlacionado com matéria orgânica (0,88), Ni(0,81), Hg(0,77), Ca(0,72) e Cu(0,66), estando negativamente correlacionado com argila(-0,64) e Cryptostigmata (-0,63).

A partir dos resultados expostos, podemos caracterizar comparativamente o Campo-1 como um campo mais seco, com um pH menos ácido, níveis mais elevados de

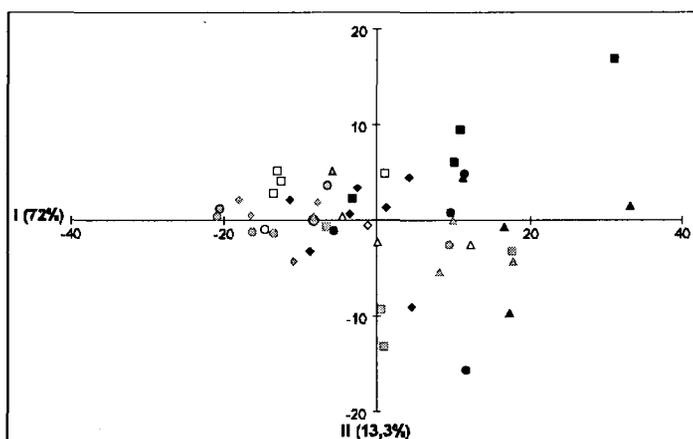


Figura 3. Diagrama de Ordenação (MULTIV) dos 04 estratos dos campos 1 (◊), 2 (■) e 3 (●) nas quatro datas de amostragem (◊ = 25/04/95; ■ = 14/08/95; ● = 14/11/95; ▲ = 12/02/96), com relação ao percentual de seis grupos de microartrópodes do solo (Acari e Collembola). Matriz de semelhança = distancia euclidiana entre estratos. Descritores originais com coeficientes de correlação mais altos: Eixo-1 = Cryptostigmata (-0,99) e Mesostigmata (0,87); Eixo-2 = Acari: outros (-0,86) e Isotomidade (0,59).

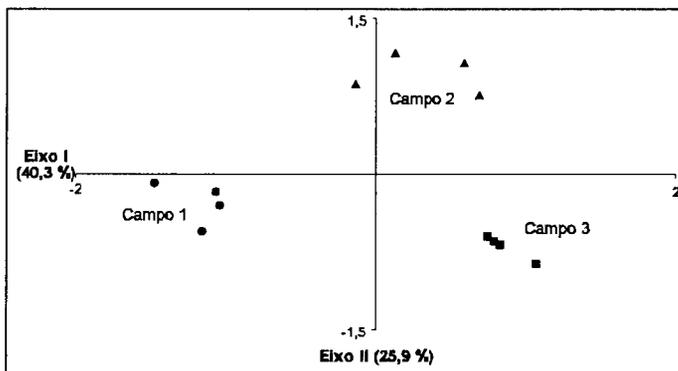
Cromo extraível e Fósforo total, cobertura vegetal esparsa e espessura dos horizontes orgânicos muitas vezes inferiores a 5 cm, baixas densidades de microartrópodes sem grandes flutuações sazonais, além de percentuais elevados de Mesostigmata e de Acari: outros na primavera e no verão.

Apesar do maior percentual de matéria orgânica, uma cobertura vegetal densa e espessura dos horizontes orgânicos superior a 5 cm, o Campo-2 apresentou níveis mais elevados de vários metais, principalmente Alumínio total, Cobre, Níquel e Mercúrio extraíveis, além de baixas densidades de microartrópodes sem grandes flutuações sazonais, um percentual elevado de Mesostigmata, Acari: outros e Isotomidae.

O Campo-3 apresentou uma cobertura vegetal densa e espessura dos horizontes orgânicos superior a 5 cm, um percentual maior de argila e níveis mais elevados Ferro e Magnésio, além de densidades de microartrópodes bem mais elevadas com uma nítida variação sazonal, principalmente de Cryptostigmata e Poduromorpha.

Além dos resultados apresentados acima, outras diferenças entre os campos amostrados dizem respeito à diversidade de espécies de ácaros oribatídeos. Nos campos sobre rejeitos, duas espécies de Oribatuloidea são amplamente dominantes, indicando uma provável maior tolerância destas espécies aos níveis mais elevados de metais pesados nestes campos.

No campo nativo estas duas espécies também ocorrem com abundância, porém outras espécies, principalmente de Oppioidea e Galumnoidea também são abundantes. Algumas espécies ocorreram exclusivamente no campo nativo, podendo teoricamente serem espécies mais sensíveis aos metais pesados. Entre estas espécies destaca-se *Cyrtthermannia sp.*, que obteve densidades bastante significativas no outono e inverno (cer-



**Figura 4.** Diagrama de ordenação (MULTIV) de 4 estratos de três áreas de campo em Arroio dos Ratos, RS, em função de 18 parâmetros físico-químicos e 6 grupos de microartrópodes do solo. Campo-1 = campo sobre rejeitos de mineração. Campo-2 = campo sobre rejeitos de mineração + cinzas de carvão. Campo-3 = campo sobre solo natural. Descritores originais com coeficientes de correlação mais altos: **Eixo I** = pH (-0,95), Mg (0,90), P (-0,86), Mesostigmata (0,86), Zn (0,79), umidade (0,79), Entomobryidae (0,77), K (0,73), Prostigmata (0,71), Cryptostigmata (0,71) **Eixo II** = matéria orgânica (0,88), Ni (0,81), Hg (0,77), Ca (0,72), Cu (0,66), argila (-0,64), Cryptostigmata (-0,63).

ca de 6.000 ind.m<sup>-2</sup>) diminuindo drasticamente no verão, seguindo o padrão dos oribatídeos como um grupo.

Foram registradas até o momento 29 morfoespécies de oribatídeos nos campos 1 e 2 (sendo duas amplamente dominantes). No Campo-3, até o momento foram registradas 39 morfoespécies. Estes resultados são preliminares e apenas indicadores de uma tendência, uma vez que os recursos necessários para um estudo mais aprofundado das questões sistemáticas envolvendo os ácaros oribatídeos, apesar de previstas no projeto original, não foram liberados pelo PADCT-CIAMB/UFRGS, devido a reduções orçamentárias, entre outras questões burocráticas.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A extração de carvão pela mineração de superfície, resulta em um substrato que difere significativamente dos solos não perturbados quanto à sua atividade biológica. SRIVASTAVA & SINGH (1991) estudando o Carbono (C), Nitrogênio (N) e Fósforo (P) microbiano do solo de sistemas de floresta nativa, pastagens artificiais, culturas agrícolas e de mineração de carvão de superfície na Índia, encontraram estes três parâmetros de biomassa microbiana (C, N e P) em concentrações muito baixas na área minerada em relação aos demais sistemas.

Srivastava (1989, *apud* SRIVASTAVA & SINGH, 1991) encontrou uma relação direta entre a idade dos rejeitos de carvão e as concentrações de C, N e P microbiano, sugerindo ser a biomassa microbiana um fator crítico na recuperação de áreas de rejeito de mineração e também um “índice funcional” para um posterior desenvolvimento do solo. Resultados similares foram obtidos por KLUBEK *et al.* (1992). Estes autores sugerem que a abundância, a diversidade e a atividade dos microorganismos aumenta com o aumento da idade das pilhas de cinzas e/ou rejeitos.

A composição das cinzas e rejeitos de carvão varia de acordo com o tipo de carvão que é utilizado. As cinzas principalmente, podem conter altas concentrações de muitos nutrientes essenciais para as plantas, com exceção do Nitrogênio (ADRIANO *et al.*, 1980), podendo com isso beneficiar o processo de recobertura vegetal do solo.

WONG e WONG (1986) porém, relatam uma diminuição da respiração microbiana com o aumento da quantidade de cinzas adicionadas a dois tipos de solo. KOMULAINEN e MIKOLA (1995) estudando a influência de metais pesados (Cu e Ni) sobre os processos do solo, relatam que as taxas de respiração e nitrificação foram significativamente afetadas pelos metais, com taxas mais baixas no solo contaminado.

TYLER (1974, 1975, 1976) afirma que altas concentrações de metais pesados na serapilheira são inibitórias para a atividade dos decompositores. Estas altas concentrações retardam processos tais como a mineralização de Carbono e Nitrogênio, decomposição da celulose e amido e a atividade enzimática.

Uma decomposição mais lenta também foi registrada em uma área contaminada por Pb e Zn, com relação a uma pastagem adjacente não contaminada na Inglaterra (WILLIAMS *et al.*, 1977). Estes autores registraram para a área contaminada uma maior acumulação de serapilheira, menor formação de húmus, uma redu-

zida atividade de urease do solo, além de menores populações de microorganismos e microartrópodes.

O trabalho de WILLIAMS *et al.* (1977) vem de encontro aos resultados obtidos no presente estudo. Enquanto o Campo-1 apresenta diferenças significativas em termos de pH, umidade e cobertura vegetal, o Campo-2 possui valores similares para estes parâmetros em relação ao Campo-3. O campo-2 entretanto, apresentou praticamente o dobro do percentual de matéria orgânica e uma fauna de microartrópodes, principalmente de ácaros oribatídeos, reduzida a um terço, em relação ao Campo-3 (campo nativo).

Estes três fatores, pH, umidade e matéria orgânica, são os principais determinantes da abundância dos microartrópodes do solo. Em condições de pH e umidade similares, como nos campos 2 e 3, era de se esperar que o campo com maior percentual de matéria orgânica também apresentasse uma abundância maior de microartrópodes (BURGHOUTS e outros, 1992; ITURRONDOBEITIA e SALOÑA, 1991; PLOWMAN, 1981; SEADSTED e CROSSLEY, 1981; TOUSIGNANT e CODERRE, 1992).

Os níveis mais elevados de vários metais no Campo-2, parecem estar influenciando negativamente a velocidade dos processos de decomposição neste campo, através de efeitos tóxicos sobre a fauna de microartrópodes do solo.

O Campo-2 apresentou uma maior abundância de Isotomidae, sendo que estes colêmbolos parecem ser mais tolerantes que outros grupos de microartrópodes a ambientes poluídos por metais e SO<sub>2</sub> (CURRY e MOMEN, 1988; DAVIS, 1963; HUTSON, 1980, 1981; MOORE e LUXTON, 1986; VAN STRAALLEN e outros, 1988).

BENGTSSON *et al.* (1985) relatam que altas concentrações de Pb e Cu podem ter conseqüências significativas para a persistência a longo prazo de *Onychiurus armatus* (Poduromorpha: Onychiuridae) em solos poluídos com metais. Poduromorpha como um grupo foi praticamente ausente nos campos sobre rejeitos do presente estudo.

O percentual mais elevado de Mesostigmata nos campos sobre rejeitos vem de encontro com o estudo realizado por DZIUBA e outros (1990), que acompanharam um decréscimo na abundância e na diversidade de ácaros de biótopos degradados da Polônia. Nesse estudo, uma diminuição na densidade de oribatídeos foi acompanhada por um aumento proporcional de mesostigmatídeos (até 35% do total de ácaros) principalmente em ecossistemas florestais degradados.

DZIUBA e outros (1990) sugerem que estas irregularidades são indicativos de uma redução dos processos naturais de decomposição e mineralização e, conseqüentemente, de um aumento na degradação dos sistemas afetados.

A maior abundância do grupo Acari: outros (composto por Prostigmata e Astigmata) também encontra suporte na literatura. Muitos prostigmatídeos são dominantes em estágios pioneiros (SANTOS e outros, 1981; SANTOS e WHITFORD, 1981), sendo que HUTSON (1980) relata que Astigmata e várias famílias de Prostigmata foram amplamente dominantes em pilhas de rejeitos de carvão na Inglaterra, principalmente em sítios em estágios iniciais de recuperação.

Todos os organismos respondem aos estímulos ambientais e aos estresses de uma maneira hierárquica. A resposta inicial tende a ser comportamental (ventilação mais rápida, deslocamento para longe); se o estresse não for eliminado, mudanças bioquímicas e fisiológicas podem ocorrer. Se o estresse persiste, os parâmetros populacionais, tais

como fecundidade, mortalidade e dispersão podem ser afetados, causando posteriormente modificações na composição genética da população. Reduções severas nas populações de algumas espécies podem resultar em mudanças na composição da comunidade, as quais podem ser irreversíveis.

Segundo GREEN e outros (1989) os seguintes pré-requisitos são necessários para qualquer grupo de organismos ser utilizado como um sistema de resposta biológica no monitoramento de padrões espaciais e/ou temporais de determinado poluente:

(a) um grande número de espécies deve estar presente em abundância em todas as regiões da área a ser monitorada.

(b) estes organismos devem responder às alterações ambientais a diferentes níveis hierárquicos (um único tipo de resposta pode não ser suficiente, sendo que uma bateria de respostas cobrindo diferentes níveis hierárquicos e correspondentemente diferentes períodos de resposta podem ser requeridos, dependendo da escala temporal de interesse).

(c) ao menos algumas espécies do grupo, comuns e amplamente distribuídas, devem ter um ciclo de vida relativamente longo e hábitos relativamente sedentários.

(d) os organismos devem ser fáceis de amostrar no campo e apropriados para experimentos de laboratório.

O microartrópodes do solo, devido à sua alta diversidade e à sua elevada densidade em muitos ambientes, podem ser úteis na caracterização de sistemas ecológicos sujeitos a diferentes perturbações (NIEDBALA e outros, 1982), preenchendo praticamente todos os requisitos propostos por GREEN e outros (1989), pois além da alta abundância e diversidade, são organismos relativamente sedentários, fáceis de amostrar no campo, com muitas espécies mostrando-se apropriadas para experimentos de laboratório.

Além dos resultados de campo obtidos no presente trabalho, diversos estudos, a nível fisiológico, populacional e de estruturação das comunidades de microartrópodes do solo, principalmente dos ácaros oribatídeos, vem comprovando este potencial no mundo todo.

SIEPEL (1996) relata que o declínio da biodiversidade de microartrópodes do solo não é uma perda aleatória de espécies, seguindo na verdade um padrão identificável, com mudanças definidas na distribuição dos diferentes tipos de história de vida na comunidade e na distribuição das guildas alimentares, entre outras.

VAN STRAALLEN e outros, (1989) estudaram as conseqüências populacionais da toxicidade de Cd em *Orchesella cincta* (Collembola: Entomobryidae) e *Platynothrus peltifer* (Acari: Cryptostigmata). Estes autores relatam que estas duas espécies representam dois pontos distintos entre as histórias de vida da comunidade do solo. *O. cincta* tem um ciclo de vida curto, sendo altamente fértil. *P. peltifer* tem um ciclo de vida longo, com baixa fertilidade. Estes autores concluíram que o Cd não afeta *O. cincta* diretamente, sendo sua reprodução reduzida apenas em função de seus efeitos sobre o crescimento individual. Com relação a *P. peltifer* o Cd tem um efeito inibidor sobre a reprodução, principalmente pela alteração causada no metabolismo do Zn.

Estes autores demonstraram assim que os efeitos a longo prazo são distintos para populações destas duas espécies, em função de diferenças na taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r$ ), com uma tendência das populações de *P. peltifer* extinguirem-se em uma taxa mais rápida em ambientes poluídos.

DENNEMAN e VAN STRAALLEN (1991) encontraram resultados similares sobre a reprodução de *P. peltifer* com relação ao Cu e ao Pb. Estes autores relatam que com relação ao Cu a sensibilidade deste oribatídeo foi similar à de algumas minhocas (Lumbricidae), sendo mais sensível que estas com relação ao Pb. Com relação a algumas espécies de Collembola, este oribatídeo mostrou-se mais sensível também a estes dois metais.

O percentual de *P. peltifer* em relação à fauna de oribatídeos diminuiu acentuadamente com o declínio da vitalidade de diferentes fragmentos florestais na Holanda (VAN STRAALLEN e outros, 1988).

Resultados de campo e de laboratório tem demonstrado que outra espécie de ácaro oribatídeo, *Humerobates rostromellatus*, pode ser utilizado como um excelente monitor em programas de bio-ensaio de poluição aérea, antes do que como um mero indicador de SO<sub>2</sub> (ANDRÉ e outros, 1984). Esta espécie tem-se mostrado bastante sensível, em testes de laboratório, às altas concentrações de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> no ar, demonstrando um efeito sinérgico na sua sensibilidade quando estes dois poluentes interagem.

A fauna de oribatídeos ocorrentes em musgos e cascas de árvores apresenta uma diminuição considerável no número de espécies com o aumento da poluição por SO<sub>2</sub> na zona urbana de Berlim (WEIGMANN e KRATZ, 1987).

MALTBY (1990) aponta o grupo dos ácaros como dominante da comunidade de artrópodes do solo em ambientes contaminados com Pb, Cd e Zn na Inglaterra, sendo o único grupo encontrado em solos altamente contaminados.

BIELSKA (1989) em estudo sobre solos afetados por poluição industrial na Polônia, relata que um aumento do grau de poluição pode resultar em uma diminuição no número de espécies e na abundância de espécies individuais de oribatídeos, assim como em uma redução na constância de ocorrência de espécies nas amostras.

BIELSKA (1982) estudando comunidades de ácaros oribatídeos de áreas degradadas devido à mineração de carvão e recultivadas na Polônia, verificou que, apenas em sítios com mais de 30 anos de recuperação, comunidades relativamente estruturadas puderam ser encontradas. MADEJ (1990), também na Polônia, relata uma variação na composição das espécies de ácaros em função da idade e altura das pilhas de rejeito de carvão.

DAVIS (1963) num estudo sobre o efeito da mineração de ferro sobre as taxocenoses de microartrópodes do solo (Acari & Collembola) na Inglaterra, encontrou diferenças significativas entre uma área não minerada, uma minerada e recuperada e uma minerada e não recuperada. Este autor registrou uma redução gradual e consistente na densidade de microartrópodes a partir da área não minerada, com a ocorrência de espécies exclusivas a uma das três áreas, como *Minunthozetes semirufus* (Cryptostigmata) encontrada apenas na área não minerada.

VASILIU E MIHAILESCU (1990) apresentam um estudo sobre as modificações estruturais na comunidade de Oribatida (Cryptostigmata) em solos de ecossistemas florestais sujeitos à poluição com metais pesados, SO<sub>2</sub> e "carbon black" (poeira finamente particulada produzida pela queima de hidrocarbonetos) na Romênia. Estes autores encontraram em uma área não poluída uma fauna rica de oribatídeos. Numa área onde a serapilheira concentra altas quantidades de poluentes, uma redução significativa na diversidade de espécies e na densidade (ind.m<sup>-2</sup>) de oribatídeos foi encontrada.

Associada às mudanças na comunidade, ocorreram mudanças nos hábitos alimentares, sugerindo uma cadeia trófica de detritos bastante simplificada.

JANSSEN e outros (1991) sugerem, através de estudos de laboratório, que os ácaros do solo podem ocupar um papel importante na transferência de metais através do ecossistema em ambientes poluídos com metais, como é o caso de áreas pós-mineradas. Quando as concentrações atingem níveis tóxicos para os organismos, os metais podem atuar como uma força seletiva contra organismos mais sensíveis e a favor dos mais resistentes. Se a resistência aos metais é motivo de seleção, populações de áreas contaminadas podem tornar-se mais resistentes que outras da mesma espécie de áreas não poluídas (KREBS, 1994; VAN STRAALLEN e outros, 1987).

Algumas espécies de oribatídeos até o momento exclusivas do campo nativo nas quatro estações de amostragem, como *Cyrtthermannia sp.* podem potencialmente ser sensíveis aos mais altos níveis de metais pesados dos campos sobre rejeitos (Campo-2 principalmente). Estas espécies podem, assim, apresentar um potencial para o biomonitoramento ambiental. Estudos fisiológicos e testes de toxicidade em laboratório, entretanto, assim como o estudo de outras áreas de campo da micro-região carbonífera entretanto, são fundamentais para comprovar a sensibilidade destas espécies aos ambientes poluídos com metais.

Em contrapartida, as poucas espécies presentes com densidades significativas nos dois campos alterados apresentam populações adaptadas aos níveis de contaminação local, podendo, se selecionadas e “cultivadas” com sucesso em laboratório, apresentar um grande potencial em projetos de recuperação do solo de áreas degradadas. Organismos destas espécies poderão ser adicionados (inoculados) ao solo juntamente com uma bom complemento orgânico (ELKINS e outros, 1984; GISLER e MEGURO, 1996), acelerando o normalmente muito lento processo de re-estruturação do solo de áreas pós-mineradas e de disposição de rejeitos de mineração.

As duas espécies de Oribatuloidea dominantes nos campos sobre rejeitos também ocorrem com abundância em áreas sob forte impacto de mineração de carvão em Candiota, RS, o que reforça a idéia da maior tolerância destas espécies aos ambientes degradados pela mineração de carvão. Algumas famílias de Oribatuloidea foram classificadas por AOKI (1979) dentro do grupo das famílias de oribatídeos mais insensíveis às perturbações antropogênicas.

ROHDE e RODRIGUEZ (1999) em suas conclusões “urbano-paisagísticas” destacam a existência de um cinturão de resíduos de carvão (cinzas e rejeitos) ao redor do espaço urbano da micro-região carbonífera do baixo Jacuí, em situação totalmente irregular levando-se em conta as normas ambientais e técnicas atuais. Segundo estes autores, os depósitos de resíduos não possuem preocupação ambiental e são realizados, na sua ampla maioria, utilizando tão somente critérios locais meramente econômicos.

Muitos destes depósitos, abandonados a várias décadas e na sua quase totalidade sem nenhum projeto de recuperação ambiental, hoje em dia transformaram-se em pastagens, com uma cobertura vegetal em diferentes estágios de regeneração, sendo “reintegrados” ou incorporados às fazendas de pecuária adjacentes, como nos campos 1 e 2 da presente tese.

Segundo o mapa de uso do solo da micro-região carbonífera do baixo Jacuí (OLIVEIRA e BALBUENO, 1999) o campo é o elemento dominante da paisagem. O presente estudo porém destaca que analisando este elemento numa escala menor (na verdade bem menor), em termos da abundância (absoluta e relativa) de microartrópodes do solo, a qualidade do solo difere significativamente entre áreas com diferente histórico de desenvolvimento.

Os resultados obtidos da comparação entre os campos 1, 2 e 3 da presente tese, apontam claramente a necessidade de um projeto amplo de biomonitoramento da qualidade do solo da micro-região carbonífera do baixo Jacuí. O estudo e o acompanhamento das comunidades de microartrópodes apresentam-se como ferramentas promissoras para esta avaliação.

Segundo BORCARD e outros (1995), para o entendimento das estruturas ecológicas, bem como para estratégias de conservação, é necessário uma abordagem em escala múltipla, espacial e temporalmente. Segundo estes autores, a composição das assembleias de oribatídeos em ambientes extremamente fragmentados pela ação humana (como podem ser considerados, para espécies sensíveis, os campos da micro-região carbonífera do baixo Jacuí), é influenciada pela estrutura da paisagem bem como pelos processos históricos, sendo as assembleias de áreas em regeneração composta por espécies de uma origem múltipla, sendo algumas de áreas adjacentes e outras utilizando estruturas da paisagem modificada pela ação antrópica.

Estudos sobre as questões sistemáticas envolvendo os ácaros oribatídeos, fundamentais sob muitos aspectos, como por exemplo para um entendimento da amplitude de distribuição geográfica das espécies, são bastante escassos para a região Neotropical. Os trabalhos existentes (veja BALOGH e BALOGH, 1988, 1990 e referências) registram uma grande diversidade de espécies, estes números porém, podem representar apenas um indicativo da diversidade total, uma vez que no mundo todo espécies novas de oribatídeos continuam sendo descritas (veja por exemplo ANDRÉ e outros, 1994).

WILSON (1994) em sua conclamação para uma levantamento mundial da biodiversidade, através da ação conjunta de pesquisadores do mundo todo, destaca os oribatídeos, comentando que mesmo nos Estados Unidos, existem pouquíssimos especialistas, com apenas um pesquisador renomado dedicando-se exclusivamente a este grupo.

Além da distribuição geográfica das espécies, outras questões ecológicas básicas, tais como micro-habitats favoráveis, preferências alimentares (ou não), flutuações sazonais da abundância, ciclo de vida, tolerância a determinados poluentes, etc., também fundamentais para um programa de monitoramento ambiental adequado, praticamente não existem para as espécies neotropicais.

Os resultados obtidos no presente estudo com relação a variações sazonais da abundância sugerem que, em um projeto de monitoramento ambiental, as amostragens devem ser realizadas em todas as estações do ano, uma vez que uma única estação não é representativa do comportamento da fauna durante todo o ano. Os resultados deste estudo porém foram obtidos em apenas quatro datas totalizando um ano de amostragem, sendo que o acompanhamento das variações da abundância ao longo de vários anos, com uma amostragem mensal e em um número maior de áreas experimentais, poderá trazer informações mais precisas.

Muitos estudos ainda são necessários para que uma avaliação ecotoxicológica criteriosa da qualidade do solo, que preserve a integridade da comunidade do solo, como a proposta por VAN STRAALEN e DENNEMAN (1989) possa ser realizada na micro-região carbonífera do baixo Jacuí e outras áreas sob impacto de mineração no Brasil.

O presente estudo entretanto, representa um passo inicial no conhecimento da ecologia de microartrópodes do solo em áreas de campo no extremo sul do Brasil. Apesar de suas limitações, os resultados obtidos indicam claramente o potencial deste grupo para projetos de biomonitoramento, contribuindo assim, para alguns dos objetivos específicos do programa PADCT-CIAMB/UFRGS, mais precisamente na inserção, via dissertações, trabalhos e teses, de novas abordagens de avaliação da problemática ambiental gerada pela exploração do carvão mineral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADIS, J.; RIBEIRO, O. A. Impact of deforestation on soil invertebrates of foodplain forests in central Amazonia and their strategies for survival during long periods of flooding. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi* (Ser. Zool.), v.5, n.1, p.101-126, 1989.
- ADRIANO, D. C.; PAGE, A. L.; ELSEEWI, A. A.; CHANG, A. C.; STRAUGHAN, I. Utilization and disposal of fly ash and other coal residues in terrestrial ecosystems: a review. *Journal of Environmental Quality*, v.9, n.3, p.333-344, 1980
- AL-ASSIUTY, A. I. M.; BAYOUMI, B. M.; KHALIL, M. A.; VAN STRAALEN, N. M. Egg number and abundance of ten egyptian oribatid mite species (Acari: Cryptostigmata) in relation to habitat quality. *European Journal of Soil Biology*, v.29, n.2, p.59-65, 1993.
- ANDERSON, J. M. Succession, diversity and trophic relationships of some soil animals in decomposing leaf litter. *Journal of Animal Ecology*, v.44, n.2, p.475-498, 1975.
- ANDERSON, J. M. Inter- and intra-habitat relationships between woodland Cryptostigmata species diversity and the diversity of soil and litter microhabitats. *Oecologia*, v.32, p.341-348, 1978.
- ANDRÉ, H. M.; BOLLY, C.; LEBRUN, P. Monitoring and mapping air pollution through an animal indicator: a new and quick method. *Journal of Applied Ecology*, v.19, p.107-111, 1982.
- ANDRÉ, H. M.; LEBRUN, P. On the use of *Humerobates rostrilamellatus* (Acari) as an air pollution bioassay monitor. The incidence of SO<sub>2</sub>-NO<sub>2</sub> synergism and of winter temperature. *The Science of Total Environment*, v.39, p.177-184, 1984.
- ANDRÉ, H. M.; NOTTI, M. I.; LEBRUN, P. The soil fauna: the other last biotic frontier. *Biodiversity and Conservation*, v.3, p.45-56, 1994.
- ANTONY, L. M. K. Estrutura e dinâmica da fauna do solo de sistemas florestais tropicais convertidos a pastagem ou cultivo. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 3. *Resumos...*, p.184, 1996.
- AOKI, J. Difference in sensitivities of Oribatid families to environmental change by human impacts. *Rev. Écol. Biol. Sol.*, v.16, n.3, p.414-422, 1979.
- BADEJO, M. A. Seasonal abundance of soil mites (Acarina) in two contrasting environment. *Biotropica* v.22, n.4, p.382-390, 1990.
- BADEJO, M. A.; LASEBIKAN, B. A. Comparative studies of the acarine populations of a secon-

- dary regrowth forest and a casava plantation in Ile-Ife, Nigeria. *Pedobiologia*, v.32, p.111-116, 1988.
- BAKER, E. W.; WARTON, G. W. *An introduction to acarology*. New York: McMillan, 1952. 465p.
- BALBUENO, R. A. *A fragmentação de ambientes florestais: dois casos na região do baixo Jacuí*. Porto Alegre, 1997. Dissertação de mestrado – Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS. 85p.
- BALOGH, J. *Oribatid Genera of the world*. Budapest: Akadémiai Kiado, 1972. 330p.
- BALOGH, J.; BALOGH, P. *Oribatids of the neotropical region*. Amsterdam: Elsevier, 1988. v.1, 335p.
- BALOGH, J.; BALOGH, P. *Oribatids of the neotropical region*. Amsterdam: Elsevier, 1990. v. 2, 333p.
- BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A.; HENDRIX, P.F.; ODUM, E.P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil*, v.170, p.5-22, 1995.
- BENGTSON, G.; GUNNARSON, T.; RUNDGREN, S. Influence of metals on reproduction, mortality and population growth in *Onychiurus armatus* (Collembola). *Journal of Applied Ecology*, v.22, p.967-978, 1985.
- BIELSKA, I. Communities of moss mites (Acari, Oribatei) of degraded and recultivated areas in Silesia. *Pol. Ecol. Stud.*, v.8, n.3-4, p.499-520, 1982.
- BIELSKA, I. Communities of moss mites (Acari: Oribatei) of grasslands under the pressure of industrial pollution. *Pol. Ecol. Stud.*, v.15, n.1-2, p.75-110, 1989.
- BORCARD, D.; GEIER, W.; MATTHEY, W. Oribatid mite assemblages in a contact zone between a peat-bog and a meadow in the Swiss Jura (Acari: Oribatei): influence of landscape structures and historical processes. *Pedobiologia*, v.39, p.318-330, 1995.
- BURGHOUTS, T.; ERNSTING, G.; KORTHALS, G.; DE VRIES, T. Litterfall, leaf litter decomposition and litter invertebrates in primary and selectively logged dipterocarp forest in Sabah, Malaysia. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, v.33, p.407-416, 1992.
- BUTCHER, J. W.; SNIDER, R.; SNIDER, R. J. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. *Annual Review of Entomology*, v.16, p.249-288, 1971.
- BUZZY, Z. J. *Entomologia didática*. Curitiba: CONCITEC-UFPR, 1985. 271p.
- CANCELA DA FONSECA, J. P. Forest management: impact on soil microarthropods and soil microorganisms. *Rev. Écol. Biol. Sol*, v.27, n.3, p.269-283, 1990.
- COHEN, J.; BRIAND, F.; NEWMAN, C. M. *Community food webs: data and theory*. New York: Springer, 1990.
- COLINAS, C.; INGHAM, E.; MOLINA, R. Population responses of target and non-target forest soil organisms to selected biocides. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, n.1, p. 41-47, 1994.
- CONNEL, J. H. On the prevalence and relative importance of interspecific competition: evidence from field experiments. *American Naturalist*, v.122, p.661-698, 1983.
- CRÉPIN, J.; JONHSON, R. L. Soil sampling for environmental assessment. pp.5-18, in: *Soil sampling and methods of analysis* (Carter, M. R., ed.). Canadian Society of Soil Science/Lewis Publishers, 1993. p.5-18.
- CURRY, J. P.; MOMEN, F. M. The arthropod fauna of grassland on reclaimed cutaway peat in central Ireland. *Pedobiologia*, v.32, p.99-109, 1988.
- DAVIS, B. N. K. A study of micro-arthropod communities in mineral soils near Corby, Northants. *Journal of Animal Ecology*, v.14, p.17-25, 1963.
- DENNEMAN, C. A. J.; VAN STRAALEN, N. M. The toxicity of lead and copper in reproduction tests using the oribatid mite *Platynothrus peltifer*. *Pedobiologia*, v.35, p.305-311, 1991.

- DIDDEN, W. A. M. Involvement of Enchytraeidae (Oligochaeta) in soil structure evolution in agricultural fields. *Biol. Fertil. Soils*, v.9, p.152-158, 1990.
- DINDAL, D. L. *Soil biology guide*. New York: John Wiley & Sons, 1990. 1.349p.
- DUARTE, M.M. Microartrópodes (Acari e Collembola) do solo de macieiras submetidas a diferentes tratamentos químicos em Vacaria, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 21. *Resumos...*, 1996a. p.108.
- DUARTE, M.M. Abundância de microartrópodes do solo de um “capão de mato” com araucária no município de Muitos Capões, RS. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 3. *Resumos...*, 1996b. p.159-160.
- DUARTE, M.M. & M. BECKER. Ácaros do solo em áreas de mata nativa, plantação de eucalipto e mineração de carvão do Rio grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 20. *Resumos...*, 1994. p.72.
- DZIUBA, S.; SKUBALA, P.; MARZENA, R. Communities of moss mites in the degraded biotopes near Katowice (Poland). *Pr. Nauk. Univ. Slak. Katowicach*, v.0, n.1167, p.122-138, 1990.
- EDWARDS, C. A. Soil pollutants and soil animals. *Scientific American*, v.220, n.4, p.88-99, 1969.
- EDWARDS, C. A.; FLETCHER, K. E. A comparison of extraction methods for terrestrial arthropods. In: *Quantitative soil ecology*. Blackwell, 1971. p.150-185. (IBP Handbook n.18.)
- EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R.. The influence of agricultural practice on soil microarthropods populations. In: *The Soil Ecosystem* (Sheals, J. G., ed.). Londres: The Systematic Association, 1969. p.237- 247.
- EISENBEIS, G.; WHICHARD W. *Atlas on the biology of soil arthropods*. Springer-Verlag, 1987. 437p.
- ELKINS, N. Z.; PARKER, L. W.; ALDON, E.; WHITFORD, W. G. Responses of soil biota to organic amendments in strip-mine spoils in Northwestern New Mexico. *Journal of Environmental Quality*, v.13, n.2, p.215-219, 1984.
- ERWIN, T. L. Tropical forest canopies: the last biotic frontier. *Bull. Ent. Soc. Am.*, v.29, p.14-19, 1983.
- ETTERS HANK, G.; ELKINS, N. Z.; SANTOS, P. S.; WHITFORD, W. G.; ALDON, E. F. The use of termites and other soil fauna to develop soils on strip mine spoils. *Forest Service, U. S. Department of Agriculture*, 1978. p.1-4. Research note RM 361.
- FRANCHINI, P.; ROCKETT, C. L. Oribatid mites as “indicator” species for estimating the environmental impact of conventional and conservation tillage practices. *Pedobiologia*, v.40, p.217-225, 1996.
- FRATELLO, B.; BERTOLANI, R.; SABATINI, M. A.; MOLA, L.; RASSU, M. A. Effects of atrazine on soil microarthropods in experimental maize fields. *Pedobiologia*, v.28, p.161-168, 1985.
- FINNEY, D. J. *An introduction to statistical science in agriculture*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1956. 290p.
- GARAY, I.; NAFT, L. Microarthropods as indicators of human trampling in suburban forests. In: *Urban ecology* (Bornkamm, R.; Lee, J. A.; Seaward, M. R. D, eds.). Blackwell, 1982. p.201-207.
- GISLER, C. V. T.; MEGURO, M. O uso da serapilheira na melhoria das propriedades do solo em áreas mineradas de bauxita: Poços de Caldas, MG. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 3. *Resumos...*, p.423-424, 1996.
- GREEN, R. H., BAILEY, R. C.; HINCH, S. G.; METCALFE, J. L.; YOUNG, V. H. Use of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae) to monitor the nearshore environment of lakes. *Journal of Great Lakes Research*, v.15, n.4, p.635-644, 1989.

- HAGVAR, S. Effects of liming and artificial acid rain on Collembola and Protura in coniferous forest. *Pedobiologia*, v.27, n.5, p.341-354, 1984.
- HAGVAR, S.; KJONDAL, B. R.. Effects of artificial acid rain on the microarthropod fauna in decomposing birch leaves. *Pedobiologia*, v.22, p.409-422, 1981.
- HENEGHAN, L.; BOLGER, T. Effects of acid rain components on soil microarthropods: a field manipulation. *Pedobiologia*, v.40, p.413-438, 1996.
- HEUNGENS, A.; VAN DAELE, E. The influence of some acids, bases and salts on the mite and Collembola population of a pine litter substrate. *Pedobiologia*, v.27, p.299-311, 1984.
- HUTSON, B. R. Colonization of industrial reclamation sites by Acari, Collembola and other invertebrates. *Journal of Applied Ecology*, v.17, p.255-275, 1980a.
- HUTSON, B. R. The influence on soil development of the invertebrate fauna colonizing industrial reclamation sites. *Journal of Applied Ecology*, v.17, p.277-286, 1980b.
- HUTSON, B. R. Age distribution and the annual reproductive cycle of some Collembola colonizing reclaimed land in Northumberland, England. *Pedobiologia*, v.21, p.410-416, 1981.
- ITURRONDORBEITIA, J. C.; SALOÑA, M. I. Estudio de las comunidades de Oribátidos (Acari, Oribatei) de varios ecosistemas de Vizcaya y una zona próxima; 4. Relación entre fauna y factores del suelo. *Rev. Écol. Biol. Sol*, v.8, n.4, p.443-459, 1991.
- JANSEN, M. P. M.; BRUINS, A.; DE VRIES, T. H.; VAN STRAALEN, N. M. Comparison of cadmium kinetics in four soil arthropods species. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, v.20, p.305-312, 1991.
- JANSEN, M. P. M.; JOOSEE, E. N. G.; VAN STRAALEN, N. M. Seasonal variation in concentration of cadmium in litter arthropods from a metal contaminated site. *Pedobiologia*, v.34, p.257-267, 1990.
- KANEKO, N. Feeding habits and cheliceral size of oribatid mites in cool temperate forest soils in Japan. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, v.25, n.3, p.353-363, 1988.
- KEVAN, D. K. Mc. *Soil animals*. Londres H.F. & G/Witherby, 1968. 244p.
- KING, K. L.; HUTCHINSON, K. J. Effects of superphosphate and stocking intensity on grassland microarthropods. *Journal of Applied Ecology*, v.17, p.581-591, 1980.
- KLUBEK, B.; CARLSON, C. L.; OLIVER, J.; ADRIANO, D. C. Characterization of microbial abundance and activity from three coal ash basins. *Soil Biology and Biochemistry*, v.24, n.11, p.1119-1125, 1992.
- KOMULAINEN, M.; MIKOLA, J. Soil processes as influenced by heavy metals and the composition of soil fauna. *Journal of Applied Ecology*, v.32, p.234-241, 1995.
- KREBS, C. J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 4.ed. Harper Collins, 1994. 801p.
- KROGH, P. H. Perturbation of the soil microarthropod community with the pesticides isofenphos and benomyl. 1. Population changes. *Pedobiologia*, v.35, p.71-88, 1991.
- LARKIN, R. P.; KELLY, J. M. Influence of elevated ecosystems S<sub>2</sub> levels on litter decomposition and mineralization. *Water Air and Soil Pollution*, v.34, p.415-428, 1987.
- LAVELLE, P.; LATTAUD, C.; TRIGO, D.; BAROIS, I. Mutualism and biodiversity in soils. *Plant and Soil*, v.170, p.23-33, 1995.
- LOBRY, L. A.; BRUIN, L. A.; CONACHER, A. J. The role of termites and ants in soil modification: a review. *Aust. J. Soil Res.*, v.28, p.55-93, 1990.
- LOUREIRO, M. C. *Synecology of edaphic Arthropoda in Iowa agroecosystems*. Tese de Doutorado (Ph.D) - Iowa State University. 1975. 130p.

- LUXTON, M. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I: Nutritional biology. *Pedobiologia*, v.12, p.193-207, 1972.
- LUXTON, M. The ecology of some soil mites from coal shale tips. *Journal of Applied Ecology*, v.19, p.427-442, 1982.
- MADEJ, G. Inhabitation of coal mine dumping by mites from the order Mesostigmata: II. Changes in species composition as a function of dumping ground age and height. *Pr. Nauk. Univ. Slask. Katowicach*, v.0, n1167, p.69-85, 1990.
- MADEJ, G.; SKUBALA, P. Communities of mites (Acari) on old galena-calamine mining wastelands at Galman, Poland. *Pedobiologia*, v.40, p.311-327, 1996.
- MALTBY, L. Arthropod communities on lead mine spoils. *Bull. Brit. Ecol. Soc.*, v.29, n.2, p.114-116. 1990.
- MASSOT, C.; CANCELA DA FONSECA. Étude, par l'analyse en composantes principales, de la mésofaune de la litière sous hêtre de quatre parcelles forestières exploitées différemment. *Rev. Écol. Biol. Sol*, v.23, p.19-27, 1986.
- MISHRA, S. D.; PRASAD, D.; BWIWEDI, B. K. Pesticide residue in soil and soil organisms. In: *Soil Pollution and Soil Organisms* (Mishra, P. C. , ed.). Nova Deli: Ashish Publ., 1989. p.17-30, 282p.
- MOORE, F. R.; LUXTON, M. The colembolan fauna of two coal shale tips in north-west England. *Pedobiologia*, v.29, p.359-366, 1986.
- MOORE, J. C., WALTER, D. E.; HUNT, W. H. Arthropod regulation of micro- and mesobiota in below-ground detrital food webs. *Annual Review of Entomology*, v.33, p.419-439, 1988.
- MUELLER, B. R., M. H. BEARE & D. A. CROSSLEY JR. Soil mites in detrital food webs of conventional and no-tillage agroecosystems. *Pedobiologia*, v.34, p.389-401, 1990.
- NAKAMURA, Y. Oribatids and Enchytraeids in ecofarmed and conventionally farmed dryland grainfields of central Japan. *Pedobiologia*, v.33, p.389-398, 1989.
- NIEDBALA, W.; BLASZAK, C.; BLOSZYK, J.; KALISZEWSKI, M.; KAZMIERSKI, A. Soil mites (Acari) of Warsaw and Mazovia. *Memoriabilia Zool.*, v36, p.235-252, 1982.
- OLIVEIRA, P.; BALBUENO, R. A. Cobertura vegetal na região carbonífera do baixo Jacuí. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1999. Cap. 15.
- PAUL, E. A. Soils as components and controllers of ecosystems processes. *Toward a more exact ecology* (Grubb, P.J.; Whittaker, J. B., eds.). Oxford: Blackwell, 1989. p.353-374.
- PETERSEN, H.; LUXTON, M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, v.39, n.3, p.288-388, 1982.
- PILLAR, V. de P. *MULTIV* (versão 1.2). Porto Alegre: Departamento de Ecologia/UFRGS, 1998.
- PILLAR, V. de P.; ORLÓCI, L. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science*, v.7, p.585-592, 1996.
- PIMM, S. T. *The Balance of Nature?* Chicago: UCP, 1991. 434p.
- PLOWMAN, K. P. Inter-relation between environmental factors and Cryptostigmata and Mesostigmata (Acari) in the litter and soil of two australian subtropical forests. *Journal of Animal Ecology*, v.50, p.533-542, 1981.
- RIBEIRO, E. F.; SCHUBART, H. O. R. Oribatídeos colonizadores de folhas em decomposição de três sítios florestais da amazônia central. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ser Zool.*, v.5, n.2, p.243-276, 1989.

- RICKLEFS, R.E.; SCHLUTER, D. *Species diversity in ecological communities*. Chicago: UCP, 1993. 414p.
- ROHDE, G.; RODRIGUEZ, M. T. R. Diagnóstico ambiental das cinzas de carvão no baixo Jacuí, RS. *Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS, 1999. Cap. 12.
- ROSENZWEIG, M.L. *Species diversity in space and time*. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 436p.
- ROTH, M. Investigations on lead in the soil invertebrates of a forest ecosystem. *Pedobiologia*, v.37, p.270-279, 1993.
- RUSSEL, E. W. The soil environment. In: *The soil ecosystem* (Sheals, J. G., ed.). Londres: The Systematic Association, 1969. p.1-8.
- SALMINEN, J.; SULKAVA, P. Distribution of soil animals in patchily contaminated soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.28, n.10-11, p.1349-1355, 1996.
- SANTOS, P. F.; WHITFORD, W. G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahuan desert ecosystem. *Ecology*, v.62, n.3, p.654-663, 1981.
- SANTOS, P. F.; PHILLIPS, J.; WHITFORD, W. G. The role of mites and nematodes in early stages of buried litter decomposition in a desert. *Ecology*, v.63, n.2, p.664-669, 1981.
- SAUTTER, K. D. *Comparação da população de Collembola (Insecta) e Oribatei (Acari: Cryptostigmata) entre plantio direto em três níveis de fertilidade, plantio convencional e um ecossistema de campo natural*. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ciências Biológicas/ UFPR, 1995.
- SCHEU, S.; SCHULZ, E. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatid and saprophagous soil macro-invertebrates. *Biodiversity and Conservation*, v.5, p.235-250, 1996.
- SCHOENER, T.W. Field experiments in interspecific competition. *American Naturalist*, v.122, p.240-285 1983.
- SEADSTED, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization process. *Annual Review of Entomology*, v.29, p.25-46, 1984.
- SEADSTED, T. R.; CROSSLEY JR., D. A. Microarthropod response following cable logging and clear-cutting in the southern Appalachians. *Ecology*, v.62, n.1, p.126-135, 1981.
- SGARDELIS, S. P.; USHER, M. B. Responses of soil Cryptostigmata across the boundary between a farm woodland and an arable field. *Pedobiologia*, v.38, p.36-39, 1994.
- SIEPEL, H. Biodiversity of soil microarthropods: the filtering of species. *Biodiversity and Conservation*, v.5, p.251-260, 1996a.
- SIEPEL, H. The importance of unpredictable and short-term environmental extremes for biodiversity in oribatid mites. *Biodiversity Letters*, v.3, p.26-34, 1996b
- SIEPEL, H.; MAASKAMP, F. Mites of different feeding guilds affect decomposition of organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, n.10, p.1389-1394, 1994.
- SIEPEL, H.; RUITER-DUKMAN, E. M. Feeding guilds of oribatid mites based on their Carbohydrase activities. *Soil Biology and Biochemistry*, v.25, n.11, p.1491-1497, 1993.
- SIEPEL, H.; VAN DE BUND, C. F. The influence of management practices on the microarthropod community of grasslands. *Pedobiologia*, v.31, p.339-354, 1988.
- SILVA-PORTO, F.; GARAY, I. A composição da comunidade de microartrópodes edáficos como indicadores da heterogeneidade do subsistema de decomposição da floresta atlântica de tabuleiros de Linhares, ES. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 3. *Resumos...*, 1996. p.170.

- SRIVASTAVA, S. C.; SINGH, J. S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrient flux. *Soil Biology and Biochemistry*, v.24, n.2, p.117-124, 1991.
- STANTON, N. L. Patterns of species diversity in temperate and tropical litter mites. *Ecology*, v.60, n.2, p.295-304, 1979.
- STILING, P. D. *Introductory ecology*. Prentice-Hall, 1992. 597p.
- STREIT, B. Effects of high copper concentrations on soil invertebrates (earthworms and oribatid mites): Experimental results and a model. *Oecologia*, v.64, p.381-388, 1984.
- TOUSIGNANT, S.; CODERRE, D. Niche partitioning by soil mites in a recent hardwood plantation in Southern Québec, Canada. *Pedobiologia*, v.36, p.287-294, 1992.
- TYLER, G. Heavy metal pollution and soil enzymatic activity. *Plant and Soil*, v.41, p.303-311, 1974.
- TYLER, G. Heavy metal pollution and the mineralization of nitrogen in forest soils. *Nature*, v.255, p.701-702, 1975.
- TYLER, G. Heavy metal pollution, phosphatase activity and mineralization of organic phosphorus in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v.8, p.327-332, 1976.
- USHIWATA, C. T.; SAUTTER, K.D.; KOBIYAMA, M. Influence of compaction of a forest soil on the soil fauna in a subtropical region. I. Oribatei (Acari Cryptostigmata) and Collembola (Insecta). *Revista Brasileira de Zoologia*, v.12, n.4, p.905-913, 1995.
- VALLEJO, L. R.; FONSECA, C. L.; GONÇALVES, DR. P. Estudo comparativo da mesofauna do solo entre áreas de *Eucalyptus citriodora* e mata secundária heterogênea. *Revista Brasileira de Biologia*, v.47, n.3, p.363-370, 1987.
- VAN STRAALLEN, N. M.; BURGHOUTS, T. B. A.; DOORNHOF, M. J.; GROOT, G. M.; JANSSEN, M. P. M.; JOOSE, E. N. G.; VAN MEERENDONK, J. H.; THEEUWEN, J. P. J. J.; VERHOEF, H. A.; ZOOMER, H. R. Efficiency of lead and cadmium excretion in populations of *Orchesella cincta* (Collembola) from various contaminated forest soils. *Journal of Applied Ecology*, v.24, p.953-968, 1987.
- VAN STRAALLEN, N. M.; DENNEMAN, C.A. J. Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.18, p.241-251, 1989.
- VAN STRAALLEN, N. M.; KRAAK, M. H. S.; DENNEMAN, C. A. J. Soil microarthropods as indicators of soil acidification and decline in the Veluwe area, the Netherlands. *Pedobiologia*, v.32, p.47-55, 1988.
- VAN STRAALLEN, N. M.; SCHOBEN, J. H. M.; GOEDE, R. G. M. Population consequences of cadmium toxicity in soil microarthropods. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.17, p.190-204, 1989.
- VASILIU, N.; MIHAILESCU, A. Oribatid (Acarina, Oribatida) as indicators of forestry soils pollution with heavy metals, sulfur dioxide and carbon black. *An. Inst. Cerc. Pedol. Agrochim. Bucuresti*, v.50, p.287-301, 1989.
- VOSSBRINK, C. R.; COLEMAN, D. C.; WOOLEY, T. A. Abiotic factors in litter decomposition in a semiarid grassland. *Ecology*, v.60, n.2, p.265-271, 1979.
- WALLWORK, J. A. *Ecology of soil animals*. MacGraw-Hill, 1970. 283p.
- WALLWORK, J. A. Oribatida in forest ecosystems. *Annual Review of Entomology*, v.28, p.109-130, 1983.
- WALTER, D. E.; HUNT, H. W.; ELLIOTT, E. T. Guilds or functional groups? An analysis of predatory arthropods from a shortgrass steppe soil. *Pedobiologia*, v.31, p.247-260, 1988.
- WARDLE, D. A.; GILLER, K.E. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology. *Soil Biology and Biochemistry*, v.28, n.11, p.1549-1554, 1996.

- WARDLE, D. A.; YEATES, G. W.; WATSON, R. N.; NICHOLSON, K. S. The detritus food-web and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agro-ecosystems. *Plant and Soil*, v.170, p.35-43, 1995.
- WEIGMANN, G.; KRATZ, W. Oribatid mites in urban zones of West Berlin. *Biology and Fertility of Soils*, v.3, p.81-84, 1987.
- WHITFORD, W. G. The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, v.5, p.185-195, 1996.
- WILLIAMS, S. T.; McNEILLY, T.; WILLINGTON, E. M. H. The decomposition of vegetation growing on metal mine waste. *Soil Biology and Biochemistry*, v.9, p.271-275, 1977.
- WILSON, E. O. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). *Conservation Biology*, v.1, n.4, p.344-346, 1987.
- WILSON, E. O. *A diversidade da vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 1994.
- WITKAMP, P. Soils as components of ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematic*, v.2, p.85-110, 1971.
- WONG, M. H.; WONG, J.W. Effects of fly ash on soil microbial activity. *Environmental Pollution (série A)*, v.40, p.127-144, 1986.

# AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE BIOINDICAÇÃO DE METAIS-PESADOS ATRAVÉS DE PARÂMETROS ENZIMÁTICOS

Alexandre Guimarães Só de Castro  
Tuiskon Dick

## INTRODUÇÃO

A centenária exploração do carvão na região do baixo Jacuí hoje começa a instigar certos questionamentos. Qual seria a influência desta atividade, muitas vezes executada de forma inadequada, sobre os recursos naturais da Região? Em uma análise de custo-benefício, onde estariam embutidos os aspectos sociais e ambientais que comprovem a lucratividade, eficiência e produtividade desta atividade? Quais seriam as áreas mais impactadas até o momento? Que risco estariam sofrendo as espécies que habitam estas localidades?

No presente trabalho é proposto a utilização de um parâmetro biológico indicador, ativação e inibição da enzima Delta-aminolevulinatodesidratase. Através do monitoramento passivo com o molusco *Ampullaria canaliculata* (LAMARCK, 1801), busca-se verificar a sua eficiência nos processos de avaliação e monitoramento. O trabalho estuda a resposta do parâmetro biológico indicador em áreas que possuam influência de atividades antropogênicas e que tenham como subprodutos metais pesados disponíveis nos cursos d'água e sedimento.

O aperfeiçoamento de metodologias, que possam aferir não somente a variação de concentrações de poluentes nos componentes biológicos de um sistema, mas também o efeito real sobre os mesmos com expressão de uma agressão ao ecossistema, é um desafio. Novas informações podem ser acrescentadas a este processo, observando-se a resposta da enzima em condições de campo através do agente *Ampullaria canaliculata*, sob a ótica das Ciências Ambientais.

O presente trabalho tem por objetivos: 1. Dar continuidade aos trabalhos de MARTINS(1986) e BONILLA(1989), com o molusco *Ampullaria canaliculata*, a fim de utilizá-lo como bioindicador de metais-pesados, testando a eficiência do percentual de reativação enzimática da enzima delta ALA-D, como parâmetro biológico de resposta,

indicador de metais-pesados em condições de campo. 2. Demonstrar através da metodologia de avaliação proposta, diferentes áreas impactadas por metais-pesados.

## **REGIÃO DE ESTUDO E ÁREA DE AVALIAÇÃO**

A Região de Estudo localiza-se na bacia carbonífera do Baixo Jacuí, área do projeto PADCT-CIAMB. Na Região encontramos três arroios que desembocam no rio Jacuí, principal corpo receptor do sistema em questão. Estes são o arroio do Conde, arroio da Porteira e Arroio dos Ratos. Também o Rio Taquarí, desemboca dentro dos limites do projeto. Os principais municípios que compõe a área de estudo são Charqueadas, São Jerônimo, General Câmara e Triunfo.

As características ambientais desta região são diretamente influenciadas pelo seu hidroperíodo. A capacidade de retenção de água e nutrientes é de vital importância para a manutenção deste ecossistema e das interações que nele ocorrem. Áreas alagadiças, banhados, lagos temporários, pequenos córregos e arroios, formam este sistema de “wetlands”. Matas ciliares, campos alagadiços, macrofitos, gramíneas e vegetação de várzea caracterizam de maneira geral a paisagem.

A importância ecológica desta região, além do valor da beleza paisagística, pode ser definida de maneira geral por se tratar de um ambiente onde inúmeras espécies animais encontram abrigo e alimentação em abundância segundo observações em campo e relatos de moradores e pescadores da comunidade.

Mineração de carvão, de areia pluvial e a metalurgia contribuem de maneira expressiva para a realidade industrial da região. É difícil passar pela Região do Baixo-Jacuí, municípios de Charqueadas, São Jerônimo, Triunfo e Gal. Câmara, onde foi realizado o trabalho, e não perceber a íntima relação da situação ambiental da área, com a presença da indústria mineira e metalúrgica. Na Resolução 001/86 do CONAMA, as atividades de mineração e metalurgia, são definidas como “potenciais modificadoras do meio ambiente” ou seja, o simples fato de instalação e operação já significam um risco ambiental. Em caso de dano ambiental, estas indústrias são culpadas pelo dano até que provem o contrário (lei 7347/85). Tal fato é consequência de inúmeras e clássicas relações de impactos ambientais consequentes da poluição causada por estes setores da indústria (ELLENBERG e outros, 1991).

Uma série de elementos químicos, estão associados à produção da indústria carbonífera (REDDY & PRASAD, 1990) e metalúrgica, entre estes, os metais-pesados. Alguns destes metais são classificados como “substâncias potencialmente prejudiciais” (CONAMA, Resolução 20/86). Os metais-pesados mais importantes em vista à poluição aquática são zinco, cobre, chumbo, cádmio, mercúrio, níquel, cromo e alumínio no caso de águas ácidas (ABEL, 1989). Além do mais, em certas condições, estes metais quando em contato com animais e vegetais podem ser captados e acumulados, causando graves danos bioquímicos, fisiológicos e genéticos, podendo afetar de maneira expressiva o equilíbrio do sistema do qual fazem parte os organismos afetados.

# MATERIAIS E MÉTODOS

## Avaliação ambiental e organismos indicadores

Para verificar as condições ambientais de um sistema hídrico, análises físicas e químicas são suficientes para informar o quanto do poluente se encontra no meio e se este está disponível ou não à biota deste sistema. Com o aumento das atividades industriais e, conseqüentemente o acréscimo de poluentes, percebeu-se a necessidade de avaliar o sistema em uma escala mais profunda.

Neste enfoque, somente os bioindicadores são capazes de demonstrar se o poluente incorporado, causará danos biológicos e em que concentrações isto ocorre. Também são os bioindicadores os únicos "instrumentos" que respondem ao mesmo tempo a ação sinérgica de vários poluentes, sob influência das condições do meio.

Em 1968, PRINGLE e outros, comprovam a capacidade dos moluscos de concentrar certas substâncias a níveis muito mais altos dos que os encontrados no meio. Em 1977, RAVERA sugere a utilização de moluscos gastrópodes como bioindicadores. Em 1985, BAUMGARTEN, M.G.Z., comprova o bom desempenho de moluscos como indicadores de metais-pesados em ambientes estuarinos. Em 1990, LAKATOS, Gy. e outros, utilizam moluscos de água doce para monitoramento de metais pesados. Atualmente além de moluscos, peixes, crustáceos, aves, macrófitos, algas e líquens, até os homens são considerados organismos indicadores.

Além do fato da *Ampullaria canaliculata* possuir as características gerais dos bioindicadores (PHILLIPS, 1977), possui também outros atributos necessários para ser o bioindicador proposto no projeto, ou seja:

- a) estudos preliminares já haviam sido executados (MARTINS, 1986., BONILLA, 1990., TERRA, 1989.);
- b) encontra-se em abundância na região de estudo;
- c) é de fácil coleta;
- d) é de hábito aquático;
- e) tem capacidade de concentrar em seus tecidos, metais tóxicos presentes no meio;
- f) têm ocorrência ampla em ambientes aquáticos;
- g) é facilmente mantido em laboratório;
- h) têm tamanho suficiente para fornecer tecido necessário a etapa laboratorial proposta;
- i) é de hábito sedentário;
- j) tem presente no tecido escolhido, a enzima delta-aminolevulinato desidratase.

## Generalidades sobre *Ampullaria canaliculata* (Lamarck, 1801)

*A. canaliculata* é um molusco da Família Ampullaridae, que habita águas continentais calmas e de salinidade e dureza muito variáveis (HYLTON, 1957). Alimentando-

se de detritos, de certas plantas aquáticas, animais e vegetais mortos possui parte importante na cadeia alimentar do ambiente onde se encontra. É predado por pássaros, jacarés e tartarugas (GUEDES e outros, 1980). A acumulação de certos poluentes em seus tecidos, pode ser um fator importante na contaminação de seus predadores. A Família Ampullariidae possui uma ampla distribuição na faixa tropical, chegando ao sul até o paralelo 38 e ao norte até a zona meridional da América do Norte. No Rio Grande do Sul estes animais já foram encontrados em locais como Passo Fundo, Marau, Montenegro, Viamão, Gravataí, Porto Alegre, Guaíba, ilhas do Jacuí, nas lagoas costeiras ao sul do Estado (LANZER, 1983).

## Parâmetro biológico indicador

Segundo GIESY & GRANEY (1989), os contaminantes ambientais podem atingir vários níveis de organização e os processos a cada nível de organização podem ser utilizados para monitorar ou constatar os efeitos tóxicos em sistemas aquáticos.

Neste cenário, segundo LIMA (1994), torna-se possível inferir que a observação do dano bioquímico pode gerar uma resposta rápida em relação a presença de determinados poluentes que venham a atuar sobre sítios ativos em enzimas.

Há mais de 10 anos, o Grupo de Bioquímica Ecológica, formado por docentes e alunos de pós-graduação em Ecologia e Bioquímica, desenvolve projetos de pesquisa com o objetivo de utilizar enzimas como parâmetro biológico indicador. Este parâmetro enzimático corresponde a atividade da enzima delta-aminolevulinato desidratase em relação a presença de metais tóxicos.

BELLINASSO (1985), RODRIGUES (1987), AMAZARRAY, (1986), MARTINS (1986), BONILLA (1989), BAYNI (1990), SCHOLEN (1991), TEIXEIRA (1992) e LIMA (1994), são algumas das dissertações em nível de mestrado que testaram a enzima delta-aminolevulinato desidratase, como potencial detectora de metais tóxicos em diversos níveis tróficos. A enzima já foi testada exaustivamente em seu comportamento e purificação, pelos efeitos tóxicos causados por metais em vários níveis tróficos, que vão de algas e fitoplâncton (*Egeria densa*), consumidores primários (*Ampullaria canaliculata*), secundários (*Pimelodus maculatus*) até terciários (humanos).

Muitos elementos-traço do tipo metais-pesados, fazem parte da composição química do carvão presente na Região de estudo. Uma vez disponíveis no ambiente, estes elementos podem trazer conseqüências danosas às populações e às relações naturais existentes no sistema. O método propõe a utilização do organismo indicador (*Ampullaria canaliculata*) como agente, e o percentual de reativação da enzima delta-aminolevulinato desidratase como parâmetro biológico indicador em relação a Cd, Pb, Cu e Ni.

## Locais de coleta

Foram criadas três categorias de ocorrência para que os locais de coleta pertencessem. Foi considerado “evento”, todo o processo, produto, subproduto, rejeito ou atividade relacionada a indústria carbonífera, com potencial poluidor.

– Anterior ao evento:

Localizada no 2<sup>o</sup> distrito de General Câmara, **Santo Amaro** é uma vila de pescadores que se fixou junto ao “lago” formado pela barragem de Amarópolis. As águas do Rio Jacuí que formam este “lago” nunca sofreram a influência do carvão e por isso “Santo Amaro” foi considerado como um dos brancos de referência.

O ponto de amostragem “**Taquari**” localiza-se num “lago” formado pelas águas do rio Taquari. Apesar deste rio não fazer parte da Bacia Carbonífera, desemboca no Jacuí em frente à cidade de São Jerônimo, dentro dos limites do projeto.

– Durante o evento:

A **Vila do Conde** faz parte do município de São Jerônimo. Durante as décadas de 50 e 60 foi muito utilizada como porto de embarque e desembarque do carvão. Esta Vila localiza-se na porção final do Arroio do Conde próximo ao desagüe no Rio Jacuí. É neste local onde está um ponto de amostragem “Conde”, representativo do Arroio do Conde. Em frente a Vila, encontra-se a **Ilha do Conde**, onde está outro ponto de amostragem representativo do Arroio do Conde chamado “Wet”.

O **Arroio da Porteira** é outro importante contribuinte da Bacia do Jacuí. O ponto de amostragem localiza-se num lago formado na planície de inundação, ao lado da ponte que passa sobre a RS 401, na parte final do Arroio. É neste local onde encontra-se o ponto de amostragem “Porteira”.

Em frente ao Arroio da Porteira, encontra-se uma **Ilha**, como é chamada pelos pescadores locais, que sofre a inundação das águas do Rio Jacuí. Neste local encontra-se o ponto de amostragem “Ilha”, representativo das águas deste Rio.

O **Arroio dos Ratos** é outro contribuinte importante na formação da bacia. Suas nascentes encontram-se no Município de Arroio dos Ratos, área bastante alterada pelas atividades carboníferas. Em virtude disto, um ponto amostral “Ratos” foi definido em um lago formado na planície de inundação do Arroio, próximo a ponte da RS 401.

– Posterior ao evento:

A área localizada posterior ao evento deveria representar a contribuição dos principais corpos d’água que estivessem dentro dos limites do projeto. Sendo assim, um ponto de amostragem foi localizado na **Ilha dos Dornelles**, em uma enseada formada pelas águas do Rio Jacuí.

## **Formação de equipe de apoio**

A participação da comunidade de pescadores da região foi indispensável para o sucesso do trabalho em campo. Tendo em vista que os pescadores conhecem os corpos d’água da região, os locais que sofrem influência de atividades como plantação, saídas de esgoto, deposição ilegal de rejeitos e outras. Além disso os pescadores sabem os locais mais prováveis de encontrarmos o organismo indicador. O “caramujo”, como chamam,

é utilizado como isca para pesca de espinhal. Não bastasse isso, os pescadores também conhecem a dinâmica da água na região, o que auxiliou na escolha dos locais e períodos mais apropriados para as coletas. E ainda, existem locais onde o acesso só é possível via fluvial. Desta forma, os pescadores também ajudaram no transporte de “caíco” até o local de trabalho.

Em cada área de avaliação existia pelo menos um pescador responsável pelas coletas. O dia de coleta sempre era marcado com antecedência para que os pescadores pudessem aguardar, ou realizar suas atividades antes que chegássemos.

### **Período de avaliação**

O período de coletas em campo foi de novembro/93 a abril/94. A atividade de campo foi limitada a este período em virtude dos fatores ambientais da região (IBGE, 1990) e dos hábitos do organismo indicador (BACHMAN, 1960).

### **Tipo de avaliação biológica**

Foi adotado a avaliação do tipo passiva. Os animais estavam expostos às condições ambientais sem controle ou monitoramento de variáveis, em todas as etapas do seu ciclo de vida até a fase adulta. Não houve nenhum tipo de interferência nas cargas e períodos de exposição em relação aos metais pesados que foram analisados.

### **Campanhas de campo**

Campanha I - Foi realizado uma pilotagem em três áreas de amostragem. Além de testar a metodologia de coleta durante esta etapa, foi realizada uma “varredura” de metais na água, sedimento e tecido animal, para definir quais os metais seriam priorizados, uma análise de parâmetros físicos e químicos da água e uma verificação da possibilidade da estocagem do material em nitrogênio líquido.

Campanhas II, III, e IV - estas campanhas tinham a finalidade de verificar a resposta do parâmetro biológico indicador (percentagem de reativação enzimática) em diferentes ambientes. Em cada campanha foram realizadas todas as coletas necessárias nas oito áreas determinadas.

### **Coletas e medições**

As coletas de água foram realizadas com a mesma draga da coleta de sedimento. A água era armazenada em um frasco plástico de 250ml com ácido nítrico para posterior análise de metais. Em outro frasco plástico de 250ml com sulfato manganoso e iodeto azida era coletada água para análise de oxigênio dissolvido. O sedimento era colocado em um pote plástico com capacidade de 500ml. Todos os potes de plásticos eram previamente lavados com detergente, ácido nítrico e enxaguados com água deionizada.

Os animais foram coletados manualmente e colocados em um balde de dez litros com água de fundo do local para que fossem transportados até o laboratório.

Neste momento era feita uma rápida verificação das condições gerais dos animais, como reação ao toque, dimensões, peso, integridade da concha, retração parcial entre outros.

## **ÁGUA**

Foram analisados, oxigênio dissolvido e alcalinidade e dureza, no dia da coleta, segundo método utilizado no Laboratório Geral do Centro de Ecologia. A água coletada para análise de metal foi preservada sob refrigeração até o momento das digestões. As análises foram embasadas nos padrões da Standar Methods 1985, utilizado no Laboratório de Espectofotometria do Centro de Ecologia.

## **SEDIMENTO**

Os potes de plástico foram colocados em estufa à 60°C, durante 72h. Depois de seco, o material era retirado dos frascos e colocado dentro de um grau de porcelana, sendo triturado com um pistilo também de porcelana. Conforme a fragmentação ocorria, o material era disposto sobre folhas de papel craft descartáveis e “quarteado”. Parte deste quarteamento seguia este processo até atingir o peso desejado para a digestão.

## **MANUTENÇÃO DOS ANIMAIS**

Os animais coletados foram colocados em aquários de vidro correspondentes a cada ponto de coleta, com proporção de um litro água para cada animal. Nos aquários aerados artificialmente, os animais eram mantidos sob estas condições durante aproximadamente 24h sem alimentação, tempo suficiente para o período de aclimação.

Após o período de aclimação, os animais eram sacrificados. Era retirado o tecido a fim de realizar o ensaio enzimático, para a análise quantitativa de metais e dosagem de proteína.

## **METAIS-PESADOS ANALISADOS**

Após a campanha de pilotagem, descrita anteriormente no item 4.1.6, os critérios para estabelecer os metais foram basicamente a toxicidade do elemento e a concentração em que se encontravam. Foram definidos quatro elementos: Cádmio, Chumbo, Níquel e Cobre.

## **ENSAIO ENZIMÁTICO**

A enzima delta-aminolevulinato desidratase (E C 4.2.1.24), classificada pela “International Union of Biochemistry” como 5-aminolevulinato hidrolase, é estudada na UFRGS desde 1981 e vem sendo pesquisada a mais de 40 anos (GRANICK, 1954).

Após as etapas de pesagem, sacrifício, extração e preparação do tecido, separação de alíquota para análise de metais, centrifugação, separação de alíquota para dosagem de proteína era realizado o ensaio enzimático. O método adotado para obtenção do parâmetro biológico indicador foi estabelecido por MARTINS (1986). (Quadro 1)

Quadro 1

	BRANCO(ml)	TESTE(ml)
H <sub>2</sub> O deionizada/e ou soluções quelantes	0,28	0,28
Homogeneizado centrifugado (sobrenadante)	0,10	0,10
Pré-incubação por 10 min a 37°C		
Solução de TCA-HgCl <sub>2</sub>	0,25	-
Solução D-ALA 0,01 M, em tampão fosfato 0,1 M, pH 7,2	0,25	0,25
Incubação por 120 min a 37°C		
Solução de TCA-HgCl <sub>2</sub>	-	0,25
Centrifugação a 4500 rpm por 10 min		
Alíquota de sobrenadante	0,5	0,5
H <sub>2</sub> O deionizada	0,5	0,5
Reativo de Ehrlich	1,0	1,0
Desenvolvimento e estabilização da cor/5 min		
Absorbância em 555 nm		

## ANÁLISES E CÁLCULOS

### Expressão da atividade da enzima

A atividade da enzima D-ala-d, extraída da glândula digestiva-gônada de *Amphullaria canaliculata*, foi expressa em micromoles de porfobilinogênio (PBG), produzido por miligrama de proteína presente no meio por minuto de incubação. A equação utilizada para o cálculo para a atividade enzimática específica foi a mesma em BONILLA (1989):

$$\text{At.Esp.} = 4.A.v / (1000.E.b.t.q)$$

onde "A" é a absorbância lida em 555nm, "v" é o volume do meio de incubação após a adição de TCA (0,88ml), "b" é o percurso ótico da cubeta (1cm), "E" é o coeficiente molar de extinção do composto colorido (0,062 micromoles<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup>.litro)(MAUZERALL e GRANICK, 1956), e "q" é a quantidade de proteína presente no meio de incubação, em mg

Já o cálculo de reativação percentual da enzima foi desenvolvido segundo MARTINS (1986). Tendo em vista que foi utilizado DTT (Ditiotreitol) como agente quelante e protetor sulfidrílico, reativador enzimático no ensaio, foi calculado um delta percentual de reativação enzimática a partir das diferenças com e sem a presença de DTT:

$$\text{Delta \%} = 100 \times (\text{Ativ.com DTT} - \text{Ativ.sem DTT}) / \text{Ativ. com DTT}$$

### **Análise quantitativa de proteínas**

Para determinação da quantidade de proteína no extrato enzimático, seguiu-se o mesmo critério metodológico adotado por LOWRY *et alii* (1951).

### **Análise quantitativa e cálculo do teor de metal nas amostras**

Nesta etapa, alíquotas determinadas foram transferidas para pequenos copos de Becker, previamente secos, tarados e pesados. Este material foi seco até peso constante em estufa a 80°C por 48h. Em seguida, as amostras foram digeridas em ácido nítrico seguindo o método recomendado por Tölg (Kotz et al, 1972). Ao final da digestão eleva-se o volume final das amostras a 5ml para posterior leitura.

A análise quantitativa dos metais foi realizada através de um espectrofotômetro de absorção atômica tipo Perkin-Elmer modelo 2380, forno de grafite ou chama, conforme a faixa de concentração nas amostras. Para o cálculo dos resultados dos teores de metais foi adotado o método a seguir:

$$T = \text{Leitura} \cdot \text{Diluição} / \text{Peso seco da amostra em g}$$

Os resultados foram expressos em ppm (mg/l) ou ppb (ug/l), dependendo do metal e da amostra. Os cálculos foram realizados, utilizando-se o peso seco das amostras.

## **RESULTADOS**

Através da Regressão Múltipla, não foi encontrada diferença significativa entre as datas de cada local de amostragem, fazendo-se então uma nova regressão incluindo os locais independente das datas, com o objetivo de verificar quais as variáveis que influenciavam significativamente (0,05) a resposta do parâmetro biológico indicador. O resultado desta regressão demonstrou que as variáveis significativas foram:

- teor de Cádmio na água, teor de Cádmio na glândula digestiva, teor de Chumbo no sedimento, teor de Cobre na água, pH da água

Definidas as variáveis significativas, a segunda etapa do tratamento estatístico dos dados, tinha como objetivo verificar se através da análise dos resultados do delta percentual de reativação enzimática seria possível determinar diferenças significativas entre os locais amostrados. Através de uma Análise de Variância, confirmou-se esta hipótese, ou seja, a resposta do parâmetro biológico indicador varia entre locais. A partir

desta perspectiva, foi realizado um teste de Comparações Múltiplas de Médias, para distinguir as diferenças significativas entre os locais, obtendo os seguintes grupos de locais distintos em relação ao grau de influência das variáveis significativas:

- GRUPO 1: alta influência - Ratos, Ilha, Conde
- GRUPO 2: média influência - Porteira, Wet, Posterior
- GRUPO 3: média influência - Taquarí
- GRUPO 4: baixa influência - Santo Amaro

Existe um decréscimo das médias das resposta do parâmetro biológico indicador em relação aos grupos. Forma-se a seguinte ordem decrescente: Grupo1, Grupo2, Grupo3, Grupo4.

Para objetivarmos a análise dos resultados a seguir, optamos em determinar o Grupo3 e Grupo4 como um único grupo, tendo como base, o fato que Santo Amaro e Taquarí são os dois únicos locais de amostragem onde, historicamente a influência da mineração de carvão e seus possíveis impactos ambientais não ocorrem. Estabelecemos um critério de análise dos resultados onde, Santo Amaro e Taquarí formam a partir de agora o Grupo 3.

- GRUPO 1  - Ratos, Ilha, Conde
- GRUPO 2  - Porteira, Wet, Posterior
- GRUPO 3  - Santo Amaro e Taquarí

Quando comentamos sobre os resultados apresentados nos histogramas do percentual de reativação enzimática, referimo-nos ao maior ou menor intervalo de classe (STURGES, 1926), como aqueles que compreendem os maiores ou menores valores obtidos e não à amplitude dos intervalos.

**Tabela 1**

Média aritmética e erro padrão ( $\bar{x} \pm EP$ ), intervalo de variação, amplitude total de variação (ATV) e coeficiente de variação (CV) dos teores de Cobre (mg/l) na água de fundo em cada grupo.

Grupo	N	$\bar{x} \pm EP$	Extremos		ATV	CV
			Min	Max		
1	10	0,08 ± 0,03	0,01	0,35	0,34	1,33
2	10	0,06 ± 0,04	0,01	0,38	0,37	1,81
3	6	0,03 ± 0,01	0,02	0,04	0,02	0,31

**Tabela 2**

Média aritmética e erro padrão ( $x \pm EP$ ), intervalo de variação, amplitude total de variação (ATV) e coeficiente de variação (CV) dos teores de Níquel ( $\mu\text{g/l}$ ) na água de fundo em cada grupo.

Grupo	N	$x \pm EP$	Extremos		ATV	CV
			Min	Max		
1	10	$64,0 \pm 17,9$	0,01	165	164,9	,89
2	10	$58,8 \pm 16,8$	11,2	174	162,8	0,90
3	6	$43,1 \pm 20,7$	11,2	137	125,8	1,18

**Tabela 3**

Média aritmética e erro padrão ( $x \pm EP$ ), intervalo de variação, amplitude total de variação (ATV) e coeficiente de variação (CV) dos teores de Chumbo ( $\mu\text{g/l}$ ) na água de fundo em cada grupo.

Grupo	N	$x \pm EP$	Extremos		ATV	CV
			Min	Max		
1	10	$36,4 \pm 12,2$	0,01	126	125,9	1,06
2	10	$20,8 \pm 8,85$	7,20	99	91,8	1,35
3	6	$14,5 \pm 3,40$	7,20	30,6	23,4	0,57

**Tabela 4**

Média aritmética e erro padrão ( $x \pm EP$ ), intervalo de variação, amplitude total de variação (ATV) e coeficiente de variação (CV) do teor de Cádmio ( $\mu\text{g/l}$ ) na água de fundo em cada grupo.

Grupo	N	$x \pm EP$	Extremos		ATV	CV
			Min	Max		
1	10	$0,95 \pm 0,55$	0,04	5,84	5,8	1,84
2	10	$0,70 \pm 0,34$	0,24	3,68	3,44	1,54
3	6	$0,29 \pm 0,04$	0,16	0,40	0,24	0,32

**Tabela 5**

Média aritmética e erro padrão ( $x \pm EP$ ), intervalo de variação, amplitude total de variação (ATV) e coeficiente de variação (CV) do delta percentual de reativação enzimática.

Grupo	N	$x \pm EP$	Extremos		ATV	CV
			Min	Max		
1	49	$67,8 \pm 3,93$	2,84	98,4	95,6	0,41
2	46	$64,6 \pm 3,77$	14,3	99,2	84,9	0,40
3	28	$37,5 \pm 4,49$	10,4	97,0	86,6	0,63

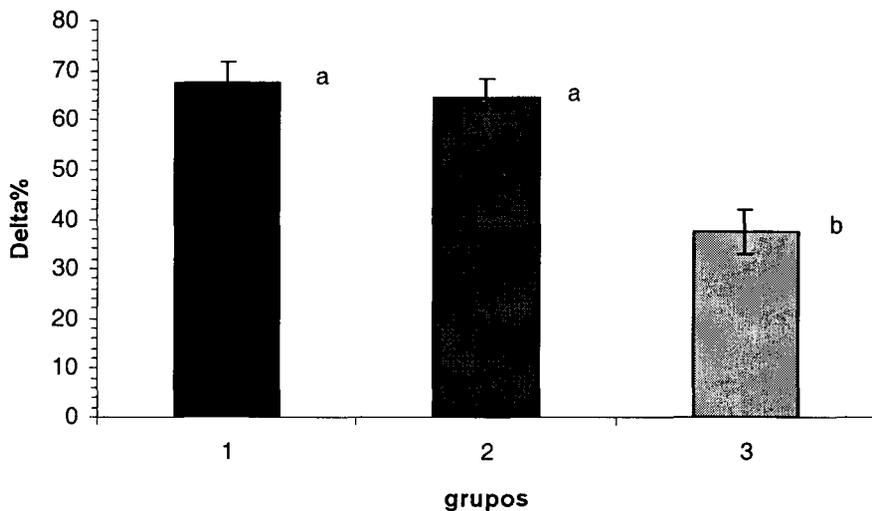


Figura 1. Histograma das médias e erro-padrão do delta % de reativação enzimática dos indivíduos em cada grupo. As letras *a* e *b* indicam o grau de similaridade entre os grupos.

Podemos observar na FIGURA 01, onde está representado um histograma das médias e erro padrão do delta percentual de reativação enzimática em cada Grupo, que existe diferença significativa entre os Grupos 1, 2 e 3. Os Grupos 1 e 2 possuem mesmo grau de similaridade, identificados pela letra *a*. Nota-se os resultados em ordem decrescente Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3.

Quando observamos os resultados dos teores de metais na água nas Tabelas 01,02, 03 e 04, percebemos que para Cobre, Níquel, Cádmio e Chumbo os valores são menores para o Grupo 3 se comparados aos Grupos 1 e 2. Este resultado fortalece diretamente a influência que sofre o comportamento da enzima (Tabela 05) quando o organismo indicador encontra-se em um ambiente com a presença de certos metais.

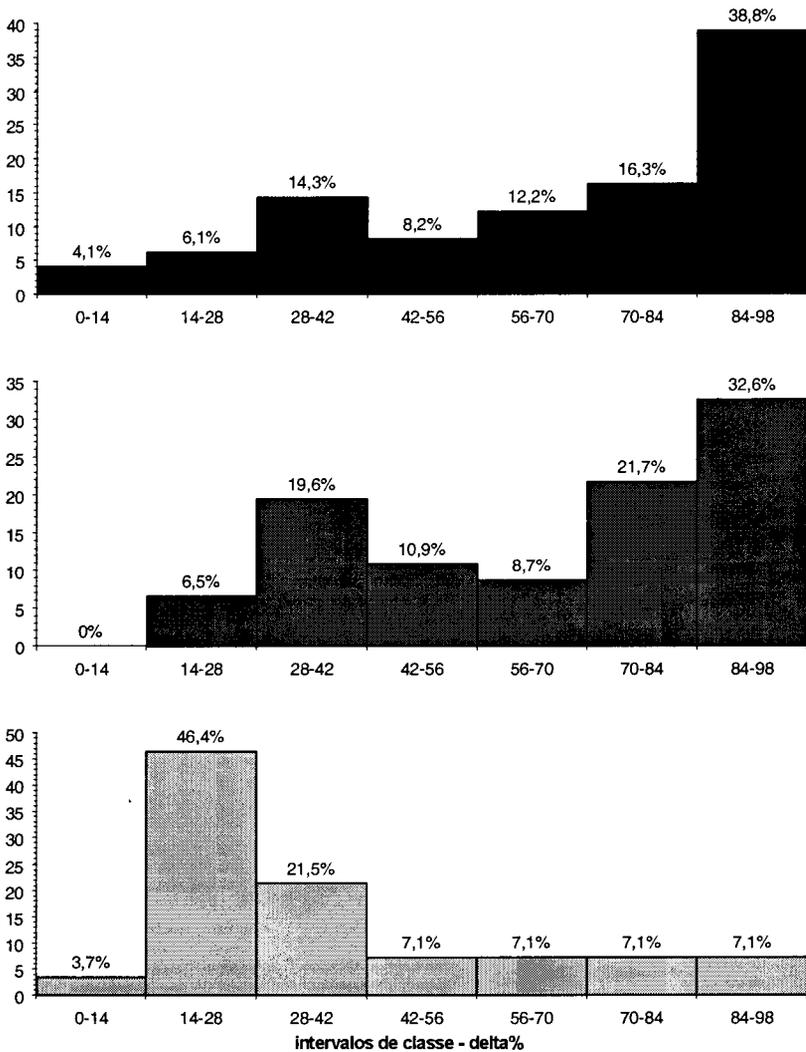


Figura 2. Histograma das freqüências relativas do delta % de reativação enzimática em cada grupo por intervalos de classe.

Na Figura 2, onde está representado um histograma das freqüências relativas por intervalo de classe do delta percentual de reativação enzimática em cada grupo, notamos que o Grupo 3 possui apenas 7,1% da freqüência relativa no maior intervalo de classe 84-98 enquanto o Grupo 1 apresenta 38,8% e o Grupo 2 32,6%.

## DISCUSSÃO

CABRIDEDEC (1979) apud CHOMENKO (1981), afirma que testes de “bioensaios”, são o meio apropriado para obter as informações referentes ao comportamento das substâncias, sua localização no organismo, sua biodegradação, sua bioacumulação e seus efeitos inibidores ou ativadores nos organismos vivos constituintes dos ecossistemas aquáticos e terrestres ao nível de indivíduo, população e comunidade. No entanto, torna-se muito difícil reproduzir todos os parâmetros e variações ambientais que ocorrem no ambiente natural e que afetam, diretamente, o comportamento da biota aquática em relação as substâncias do meio.

Será que as respostas obtidas sob condições controladas em laboratório seriam repetidas com o organismo bioindicador em condições naturais? Para testar o comportamento da enzima como parâmetro bioquímico de indicação de metais pesados, optamos utilizar o monitoramento passivo para complementar os intensos bioensaios realizados anteriormente com *Ampullaria canaliculata*.

Sabemos que o delta percentual de reativação enzimática é uma resposta para a presença de metais no ambiente. Mas de que forma a enzima se comporta sob a influência sinérgica dos diversos metais neste ambiente?

No trabalho foi analisado o comportamento da enzima com o registro dos dados de temperatura, pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, condutividade, teores de Cobre, Níquel, Cádmio e Chumbo na água, no sedimento e na glândula digestiva, peso total dos animais, peso da glândula digestiva e data de coleta. No ambiente onde os animais se encontravam poderíamos listar ainda uma série de parâmetros que associados aos parâmetros analisados podem influenciar o comportamento da enzima. Esses dados e essas relações não foram avaliadas e dificilmente poderão ser analisadas através do monitoramento passivo.

Mas é justamente por este complexo sistema de interações entre os fatores que compõe o ambiente não poder ser compartimentalizado, caso busquemos um parâmetro que responda de forma global a este cenário, que a resposta da enzima torna-se tão importante.

Não podemos esquecer que metais-pesados são subprodutos de uma gama de atividades produtivas, desde a agricultura até a navegação fluvial. O Grupo 3 “branco” de referência no projeto, apresenta um delta percentual de reativação enzimática de 37,5%. Quando comparados com os dados obtidos por BONILLA, 1989 com os grupos “brancos” dos experimentos realizados em laboratório, cerca de 20%, a resposta do parâmetro indicador em campo, já demonstra sinais de inibição.

Sendo assim, o Grupo 3 não é necessariamente o referencial de áreas sem a presença metais-pesados, mas sim áreas da região sem o *pool* de metais da produção carbonífera.

Dentre os parâmetros analisados, o delta percentual de reativação enzimática é o que demonstra de maneira mais eficiente as diferenças existentes entre os Grupos, sendo a interpretação dos resultados eficaz tanto quando analisados através das médias ou análises de frequência relativa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O delta% de reativação enzimática é uma resposta única a influência da interação de todos os parâmetros que compõe o ambiente. Através desta resposta identificamos o Grupo 3 como sendo aquele onde a atividade enzimática está inibida de forma menos intensa (37,5%), pelos metais presentes no ambiente comparativamente aos Grupos 1 (67,8%) e 2 (64,6%). Esta resposta confirma a hipótese de predeterminar os locais de amostragem Santo Amaro e Taquari como o Grupo formado por áreas anteriores ao evento “carvão” e definidas como “branco” referencial para os Grupos 1 e 2.

Em função dos fatos supracitados recomenda-se:

- Que sejam utilizados parâmetros biológicos para a avaliação de ambientes aquáticos.
- Que a *Ampullaria canaliculata* seja utilizada como organismo bioindicador de reação através do método proposto.
- Que o delta% de reativação enzimática seja utilizado como parâmetro bioquímico indicador em ambientes aquáticos para a identificação de áreas críticas que sofram influência de atividades potencialmente transformadoras do ambiente que tenham subprodutos com metais-pesados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEL, P. D. *Water pollution biology*. England: Ellis Horwood Limited, 1989. p.54, 66-71, 100, 119-131, 139.
- AMAZARRAY, M. T. R. *Efeito de metais pesados em plantas: delta-aminolevulinato desidratase em (Ricinus communis)*. Porto Alegre, 1986. Tese (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências/UFRGS. 109f.
- BACHMAN, A.D. Apuntes para una hidrobiologia argentina; II - *Ampullaria insularum* Orb. y *A. canaliculata* Lam. (Moll. Prosobr. Ampullaridae). Observaciones biológicas. In: CONGRESO SUDAMERICANO DE ZOOLOGIA, 1. *Acta y trabajos...*, La Plata, 1960. p.19-24.
- BAUMGARTEN, M.G.Z. 1985. *Avaliação do Balanus improvisus como indicador dos níveis metálicos do estuário da Lagoa dos Patos (RS/Brasil)*. Dissertação de Mestrado - Fundação Universidade de Rio Grande.
- BAYNI, A. C. D. *Assimilação de cádmio e chumbo no sangue e tecidos de Pimelodus maculatus (Pisces, Pimelodidae) e seus efeitos sobre a delta-aminolevulinato desidratase (E.C.:4.2.1.24) eritrocitária*. Porto Alegre, 1990. Dissertação de mestrado - Pós-Graduação em Bioquímica/UFRGS.
- BELLINASSO, M. L. *Estudo comparativo da delta-aminolevulinato desidratase em eritrócito humano e fígado de peixe (Pimelodus maculatus) e o efeito de metais pesados*. Porto Alegre, 1985. Dissertação de mestrado - Pós-Graduação em Bioquímica/UFRGS, 1985.
- BONILLA, G.O.R. *Acumulação de metais tóxicos em glândula digestiva-gônada de Ampullaria canaliculata (Gastropoda: Prosobranchia) e efeitos sobre a delta-aminolevulinato desidratase*. Porto Alegre, 1989. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS.
- CHOMENKO, L. *Influência da salinidade na distribuição de moluscos do gênero Littoridina na área correspon-*

- dente ao litoral norte da planície costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, out. 1981. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resoluções do CONAMA 1984 a 1991*. 4.ed. rev. e aum. Brasília: IBAMA, 1992. 245p.
- ELLENBERG H. et al. *Biological monitoring. Signs from the environment*. Federal Republic of Germany. Lengerich: GATE - GTZ., 1991.
- GIESY, J. P.; GRANEY, R. L. Recent developments in and intercomparisons of acute and chronic bioassays and bioindicators. *Hydrobiologia*, v.188/189, p.21-60, 1989.
- GRANICK, S. Enzymatic conversion of Delta-aminolevulinic acid to porphobilinogem. *Science*, n.120, p.1105, 1954.
- GUEDES, L. M. L. A.; FIORI, A. M. C.; DIEFENBACH, C. O. C. Biomass estimation from weight and linear parameters in the apple snail. *Ampullaria canaliculata* (Gastropoda:Prosobranchia). *Comp.Biochem Physiol.*, n.68A, p.285-288, 1980.
- HYLTON, M. I. Estudio morfológico y taxonomico de los Ampullaridos de La Republica Argentina. *Rev. del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia*, v.3, n.5, p.229-380, 1957.
- IBGE. *Geografia do Brasil: Região Sul*, 1990. v.2, p.163-187.
- KOTZ, L.; KAISER, G.; TÖLG, G. Aufschluss biolischer matrices für die Bestimmung sehr niedriger Spurenelementgehalte bei begrenzter Einwaage mit Salpetersäure unter Druck in einem Teflongefäß. *Z. Anal. Chem.*, n.260, p.207-209, 1972.
- LAKATOS, G. et alli. Use of freshwater mussels to biomonitor the metal loading of river Sajo in Hungry. GSF-Bericht 1/92: Proc.Intern. Symp. Ecotox., Munich, nov.,1990.
- LANZER, R. M. *Interpretação da distribuição e ocorrência de moluscos dulceaquícolas nas lagoas costeiras da região sul do Brasil*. Porto Alegre, 1983. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS.
- LIMA, C. *Fixação de chumbo e zinco por folhas de Egeria Densa, Planchon (HIDROCARITACEAE) e seus efeitos sobre a atividade da enzima delta aminolevulinato desidratase (EC 4.2.1.24)*. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MARTINS, V. *Delta-aminolevulinato desidratase (E.C.4.2.1.24) em Ampullaria canaliculata, características bioquímicas e efeitos de metais pesados*. Porto Alegre, 1986 Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Bioquímica/UFRGS.
- PADCT. Programa de Apoio Científico e Tecnológico. *Energia e Meio Ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS/CENECO, 1994. Relatório interno.
- PHILLIPS, D. J. H. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments: a review. *Environm. Pollut.*, n.13, p.281-317, 1977.
- PRINGLE, B. H.; HISSONG, D. E.; KATZ, E. L.; MULAWKA, S. T. Trace metal accumulation by estuarine mollusks. *J. Sanit. Engng. Div. Am. Soc. Civ. Engrs.*, n.94, p.455-475, 1968.
- RAVERA, O. Effects of heavy metals (cadmium, copper, chromium and lead) on a freshwater snail *Biomphalaria glabrata* say (Gastropoda, prosobranchia). *Malacologia*, v.16, n.1, p.231-236, 1977. Proc. Fifth Europ. Malac. Congr.
- REDDY, G. N.; PRASAD, M. N. V. Heavy metal-binding proteins/peptides: occurrence, structure, synthesis and functions: a review. *Environmental and Experimental Botany*, v.30, n.3, p.251-264, 1990.
- RODRIGUES, A. L. S. *Delta-aminolevulinato desidratase (E.C.: 4.2.1.24) em sangue de Pimelodus maculatus (Pisces, Pimelodidae): características bioquímicas e efeito de metais pesados*. Porto Alegre, 1987. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 132p.
- SCHOLEN, R. F. W. N. *Bioindicação de metais tóxicos em água através de parâmetro enzimático em plâncton: delta-aminolevulinato desidratase*. Porto Alegre, 1991. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS.

- STANDARD METHODS. *IBP Handbook*, n.8, p.210, 1985.
- STURGES, H. E. The choice of class interval. *it/nec. American Statistical Association*, 1926. 21:65-66.
- TEIXEIRA, C.C. *Delta-aminolevulinato desidratase (E.C.: 4.2.1.24) de Egeria densa (macrófita aquática, Hydrocharitaceae) como parâmetro de bioindicação de metais pesados*. Porto Alegre, 1992. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992.
- TERRA, N. R. *Estudo sobre ganho de peso e reprodução em Ampullaria canaliculata Lamarck, 1801 (Molusca, Gastropoda, Prosobranchia), em condições controladas de laboratório*. Porto Alegre, 1985. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS, 1985a.

# **ECOSSISTEMAS CRIADOS (BANHADOS): IMPORTÂNCIA DOS MACRÓFITOS NO CONTROLE DE pH DE DRENAGEM ÁCIDA**

David M. L. da Motta Marques  
Márcio Suminsky  
Clebes Pinheiro Brum

## **INTRODUÇÃO**

A mineração de carvão é uma atividade de grande importância no Estado do Rio Grande do Sul, pois este contém 87% das reservas brasileiras, sendo que aproximadamente 90% da produção de carvão do Estado é obtida através de minas de superfície (SILVA, 1987), as quais abrangem grandes áreas e requerem grande movimentação de solo. Os rejeitos resultantes do processamento *in situ* do carvão, juntamente com as cinzas produzidas pelas usinas termoelétricas, são depositados, de uma maneira geral, sem qualquer confinamento, podendo gerar enormes quantidades de drenagem ácida (ADM) devido à oxidação dos minerais piríticos. Como a região carbonífera do Rio Grande do Sul é associada, em parte, com áreas de solos hídricos essa lixívia ácida é prontamente escoada para os corpos d'água adjacentes, causando alterações nesses ecossistemas.

Uma alternativa para o controle de drenagens ácidas resultantes das atividades de mineração é a utilização de sistemas de terras úmidas criados/construídos (banhado/*wetland*), os quais, agindo como zonas tampão e sistemas auto-sustentados, podem contribuir significativamente para uma melhoria da qualidade da água. Esses sistemas utilizam estruturas e funções dos ecossistemas naturais, sendo uma alternativa atraente sob o ponto de vista econômico, além de possuírem valores adicionais tais como restauração paisagística e manutenção de biodiversidade (MOTTA MARQUES e outros, 1994).

Pesquisas realizadas no sentido de avaliar a adequação e eficiência de banhados criados/construídos para a remoção de poluentes e características nocivas de efluentes têm sido feitas em escala real, ou em micro e mesocosmo, e onde os macrófitos têm sido considerados fundamentais (PULLIN e HAMMER, 1991; BRIX e SCHIERUP, 1989).

O presente trabalho teve como objetivo verificar a capacidade de sistemas de terras úmidas criados, em escala piloto, para a elevação do pH de drenagens ácidas, sendo avaliada a influência da densidade de macrófitos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mesocosmos foram construídos em reservatórios d'água, revestidos internamente com epóxi, capacidade nominal de 1000 litros e área útil de 1,25 m<sup>2</sup>. Substrato de areia grossa (f médio = 0,5 mm) foi escolhido para facilitar o fluxo superficial do afluentes e reduzir a possibilidade de interações complexas. A cobertura vegetal era composta pelo macrófito emergente *Typha latifolia* L. (densidades 30 e 48 plantas).

Um *run off* ácido artificial (pH 4), cuja composição foi determinada a partir de amostras de água coletada em áreas de mineração de carvão típica do Rio Grande do Sul, foi aplicado em cada cosmo (carga 2,4 cm/d). Valores de pH do efluente foram determinados após cada coleta (Standard Methods, 1992) ao longo de 250 dias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de *wetlands* (terras úmidas) construídos como instrumento para controle de drenagem ácida de mina (AMD) e a recuperação de áreas mineradas e drenagem associada, tem aumentado em popularidade, principalmente nos estados produtores de carvão nos Estados Unidos, como uma alternativa ecotecnológica a métodos convencionais de recuperação baseados em produtos químicos (Brodie *et al.*, 1993; Fennessy e Mitsch, 1989). Como consequência, várias centenas de *wetland* têm sido construídos para minimizar o impacto de águas ácidas de minas de carvão (Kolbash e Romanoski, 1989; Kleinmann e Hedin, 1989).

No entanto, somente 20% dos sistemas de *wetland* construídos descarregam água que estão dentro dos limites impostos nos Estados Unidos, como acidez líquida zero e pH entre 6 e 9 (Kleinmann e Hedin, 1989). As causas para a variabilidade observada na eficiência não são ainda bem entendidas. Como resultado persiste uma incerteza quanto aos critérios de projeto, previsão de eficiência, permanência do sistema e estimativa de custo *versus* benefício potencial (Henrot *et al.*, 1989). Este fato é estendido também para sistemas a serem projetados sob os princípios da ecotecnologia.

Deste modo, os esforços para entender e projetar esses sistemas têm estimulado o desenvolvimento de vários estudos, em escala de mesocosmos e *wetland* em escala real, naturais ou construídos, para investigar o papel desses sistemas para o controle de AMD (Brodie *et al.*, 1993; Fennessy e Mitsch, 1989). No entanto, estudos referentes a sistemas baseados no princípio de *self-organization* de ecossistemas são praticamente inexistentes, sendo neste contexto que se insere este trabalho.

A aplicação de AMD a mesocosmos tipo banhado, com pH nominal de 4, teve como resultado um efluente com seu pH elevado para valores entre 6 e 6,5 (Fig. 1).

Vários sistemas *wetland* construídos têm mostrado um desempenho similar, ao elevar o pH de drenagem ácida, com pH entre 3 e 3,7, para um efluente com pH 6,5 e 9, ficando portanto dentro dos padrões estabelecidos para este tipo de atividade nos Estados Unidos (Gross *et al.*,1993; Hedin e Naim,1993; Fennessy e Mitsch,1989; Henrot *et al.*,1989; Werenick *et al.*,1989). Esses valores foram obtidos em sistemas cujo substrato era composto, em diferentes combinações, de pedra calcária e vários tipos de resíduos orgânicos e turfa, em contraste com o substrato arenoso (areia grossa) dos sistemas desse experimento e sem fonte externa de alcalinidade e matéria orgânica.

Verificou-se, em AMD com valores de pH acima de 6, que os processos de oxidação abióticos dominam os processos bióticos, enquanto que em AMD com valores de pH menores que 5 a relação é inversa (Hedin e Naim,1993). Deste modo, a elevação do pH verificada no experimento estudado pode ser atribuída à atividade biológica, embora o *run off* sintético aqui utilizado não contivesse matéria orgânica na sua composição e a concentração de sulfato fosse baixa. A redução bacteriana de sulfato foi observada ocorrendo numa drenagem com pH tão baixo como 2,6 (Bolis *et al.*,1994), um valor bem inferior ao pH 4 do *run off* sintético afluente.

Em condições de inverno, sistemas *wetland* construídos e com fluxo superficial, recebendo AMD com pH menor que 3, promoveram uma elevação do pH da água para perto da neutralidade, embora ocorra sazonalidade de uma maneira geral em sistemas *wetland* (Kleinmann e Hedin, 1989). A tendência verificada nesse estudo aponta para o mesmo comportamento uma vez que a metade final ocorreu no outono/inverno, tendo-se obtido valores de pH entre 6 e 6,4.

As variações de pH verificadas neste trabalho (fig. 1) não podem ser tomadas somente como validação desta variabilidade sazonal, uma vez que dizem respeito também ao *start-up* dos sistemas. É portanto necessário uma nova fase de testes para elucidar essa sazonalidade, embora seja esperado que o problema ocorra, não tão intensamente, uma vez que foi verificado o crescimento de *Typha latifolia* L. (brotos e folhas) durante o período pesquisado.

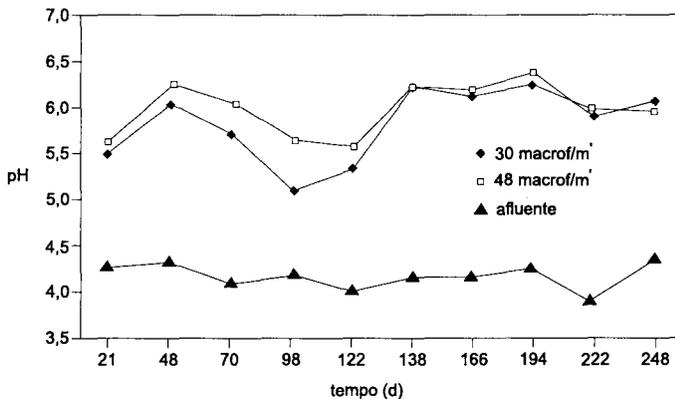


Figura 1 - Influência da densidade do macrófito *Typha latifolia* L. sobre os valores de pH e ORP em sistemas de terras úmidas que tratam drenagens ácidas.

O macrófito mais utilizado em sistemas *wetland* construídos tem sido a taboa, *Typha* spp. Este gênero é freqüentemente usado em sistemas para controle de AMD porque é cosmopolita, tolerante a águas ácidas e sobrevive em condições ambientais muitas vezes tóxicas (Fennessy e Mitsch, 1989), como a presença de metais pesados em solução. Outras adaptações dos macrófitos emergentes de interesse para o desenvolvimento de sistemas *wetland*, incluem altas taxas de evapotranspiração, desenvolvimento extensivo de rizomas e rápida produção de biomassa (Dykyjova e Kvet, 1978). Verificou-se que *Typha angustifolia* produz, em excesso, pela rizosfera de plantas em ambientes saturados, compostos orgânicos de fácil degradação (Brunel *et al.*, 1992).

O *run off* sintético possuía pH 4 e elevada concentração de vários metais, sendo semelhante às condições encontradas em áreas de mineração de carvão no RS. A elevada tolerância a metais, e a capacidade de *Typha* spp. de sobreviver em águas com pH entre 2,9 e 5,7 (Kalin e Van Everdingen, 1987 apud Klenmann e Hedin, 1989) permitiu aos macrófitos (*Typha latifolia* L.), implantados nos sistemas em estudo, sobreviverem ao transplante e formarem um denso estande sob as condições impostas.

As diferentes densidades iniciais do macrófito afetaram a capacidade de tamponamento, sendo que uma maior densidade (48 org./m<sup>2</sup>) promoveu uma elevação mais acentuada do pH do *run off* afluente (fig. 1). Essa diferença foi acentuada na primeira metade do experimento, contudo a metade final do teste *Typha latifolia* L. não promoveu mais esse diferencial no pH. A densidade do macrófito pode, então, influenciar positivamente o desempenho dos sistemas *wetland* durante a fase crítica do seu *start-up*, mas talvez, acima de uma certa densidade esta variação deixe de existir ao longo do tempo.

A acidez de ADM é neutralizada, em sistemas *wetland*, através da geração de alcalinidade. Dois processos geradores de alcalinidade em sistemas aquáticos, e ocorrendo no tipo de sistema testado, de acordo com Hedin e Naim (1993), são a dissolução de carbonato (1), processo abiótico, e a redução de sulfato (5), processo biótico.

Uma vez que os sistemas construídos não possuíam substrato alcalino nem adição passiva de alcalinidade, e o *run off* sintético era ácido, a redução biológica de sulfato pode ter prevalecido. Bactérias sulfato redutoras são inibidas por baixo pH, no entanto, a sua atividade eleva o pH do seu ambiente imediato, permitindo assim sua atividade sob águas ácidas extremas (Herlihy *et al.*, 1987). Considerando as condições de teste (pH 4 e sem matéria orgânica afluente), a redução de sulfato pode ter ocorrido, em particular em íntima associação com raízes e rizomas, suporte e única fonte de matéria orgânica no sistema (se for desconsiderada a precipitação seca). Uma grande cobertura de vegetação é portanto um potencial para neutralização (Ferrier *et al.*, 1992).

Aceptores de elétrons alternativos ao oxigênio podem ser adicionados a sistemas *wetland* construído para manipular o pH e precipitação de metais (Wetzel, 1993), através da promoção de condições anaeróbias e fornecimento de matéria orgânica, de diversas origens (urbana e rural) para os processos intermediados por bactérias.

Uma alternativa é a redução de Fe(III) intermediada biologicamente, com produção de alcalinidade, mas sem a redução líquida a sulfato (Vile e Wieder, 1993). Eger (1994) mostrou que esta última reação é efetiva e ocorre a taxas adequadas, em condições anaeróbicas, para diversos substratos orgânicos (resíduos). A redução bacteriana de sulfato é então potencialmente muito importante a longo prazo para sistemas *wetland* construí-

dos (Kleinmann e Hedin, 1989), bem como o papel contribuinte para este processo desempenhado pelos macrófitos, se estes sistemas devem ser auto-sustentados.

Compostos orgânicos complexos oriundos de macrófitos são outra alternativa oferecida pelos *wetland*. Essa matéria orgânica é reduzida a compostos simples para que os produtos dessa degradação possam ser utilizados pelas bactérias sulfato redutoras. Assim, deve existir ou propiciar-se uma associação com bactérias hidrolíticas/fermentativas para que a degradação da matéria orgânica colocada à disposição pelo macrófito, eventualmente, através da excreção feita pela rizosfera, no sistema, ou partes do macrófito, forneça o substrato específico. Nas condições de teste, essas foram as duas possíveis fontes de matéria orgânica dos sistemas de trabalho.

Portanto a adição de matéria orgânica, como resíduo de diversos tipos, em sistemas *wetland* construídos para controlar AMD tornam-nos dependentes de fontes externas de energia e não auto-sustentados, como é a característica básica de sistemas de ecotecnologia. Em contraste os ecossistemas *wetland* criados devem ser encarados e projetados como ecossistemas naturais integrados.

A elevação do pH nesse experimento mostra que esses mesocosmos, nas condições de criação e operacionais impostas, se auto-organizaram, possuindo similaridade de estrutura e função com sistemas naturais. Em sistemas ecotecnológicos o sistema deve organizar-se, a partir de condições de contorno impostas, para fornecer alcalinidade a uma taxa compatível com a carga de acidez afluyente. Para tanto, a estrutura e funções desse tipo de sistemas devem ser similares aos sistemas naturais, e também passíveis de manipulação para se levar o sistema a uma condição desejada, sendo esse o diferencial para sistemas construídos. Assim funções ou estruturas que determinam o direcionamento/comportamento desse tipo de sistema, as quais permitem a execução de tarefas ou aproveitamento de valores específicos, devem ser procuradas e gerenciadas.

A continuação da pesquisa para avaliação de sistemas *wetland* experimentais e operacionais, especialmente relativo a técnicas para aumentar sua capacidade de controle da qualidade de recursos hídricos é de fundamental importância. Nos sistemas ecotecnológicos o incremento da alcalinidade deve ser efetuada pelo próprio sistema através da ação do *self-organization*, o instrumento de trabalho dos ecossistemas, orientados através de práticas de gerenciamento adequadas. Os sistemas devem ser projetados e criados como sistemas naturais auto-sustentados, e serem auto-ajustáveis em resposta a mudanças dessa qualidade, fornecendo então um controle permanente da qualidade de recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLIS, J. L.; WILDEMAN, T. R.; COHEN, R. R. The use of bench scale permeameter for preliminary analysis of metal removal from acid mine drainage by wetlands. In: CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY OF SURFACE MINING AND RECLAMATION. *Proceedings...*, Durango, USA, Mai, 1991.
- BRIX, H.; SCHIERUP, H. H. The use of aquatic macrophytes in water-pollution control. *Ambio*, v.18, n.2, p.100-107, 1989.

- BRODIE, G. A.; BRITT, C. R.; TOMASZEWSKI, T. M.; TAYLOR, H. N. Anoxic limestone drains to enhance performance of aerobic drainage treatment wetlands: experiences of the Tennessee Valley Authority. In: MOSHIRI, G. A. *Constructed wetlands for water quality improvement. Proceedings*. Boca Raton: Lewis, 1993. p.129-138.
- BRUNEL, J. J. D.; LAANBROEK, H. J.; WOLDENDORP, J. W. Effect of transient oxic conditions on the composition of the nitrate-reducing community from the rhizosphere of *Typha angustifolia*. *Microb. Ecol.*, n.24, p.51-61, 1992.
- DYKYJOVA, D.; KVET, J. *Pond littoral ecosystems: structure and functioning*. New York: Springer Verlag, 1978.
- EGER, P. Wetland treatment for trace metal removal from mine drainage: the importance of aerobic and anaerobic processes. *Wat. Sci. Tech.*, v.29, p.249-256, 1994.
- FENNESSY, M. S.; MITSCH, W. J. Design and use of wetlands for renovation of drainage from coal mines. In: MITSCH, W. J.; JORGENSEN, S. E. (Eds). *Ecological engineering*. New York: Wiley, 1989. p.231-253.
- FERRIER, R. C.; MCMAHON, R. G.; WALKER, T. A. B.; HARRIMAN, R.; EDWARDS, A. C.; KING, D. Experimental stream acidification: the influence of sediment and streambed vegetation. *J. Hydrol.*, n.140, p.361-370, 1972.
- GROSS, M. A.; FORMICA, S. J.; GANDY, L. C.; HESTIR, J. A. Comparison of local waste materials for sulfate-reducing wetlands substrate. In: MOSHIRI, G. A. *Constructed wetlands for water quality improvement. Proceedings*. Boca Raton: Lewis, 1993. p.179-185.
- HEDIN, R. S.; NAIRN, R. W. Contaminant removal capabilities of wetlands constructed to treat coal mine drainage. In: MOSHIRI, G. A. *Constructed wetlands for water quality improvement. Proceedings*. Boca Raton: Lewis, 1993. p.187-195.
- HENROT, J.; WIEDER, R. K.; HESTON, K. P.; NARDI, M. P. Wetland treatment of coal mine drainage: controlled studies of iron retention in model wetland systems. In: HAMMER, D. A. *Constructed wetlands for wastewater treatment. Proceedings*. Chelsea: Lewis, 1989. p.793-800.
- HERLIHY, A. T.; MILLS, A. L.; HORNBERGER, G. M.; BRUCKER, A. E. The importance of sediment sulfate reduction to the sulfate budget of an impoundment receiving acid mine drainage. *Water Resources Res.*, n.23, p.287-292.
- KLEINMANN, R. L. P.; HEDIN, R. Biological treatment of mine water: An update. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF TAILINGS AND EFFLUENT MANAGEMENT. *Proceedings...*, Halifax: Can, Ago. 1989. p.173-179.
- KOLBASH, R. L.; ROMANOSKI, T. L. Windsor coal company wetland: an overview. In: HAMMER, D. A. *Constructed wetlands for wastewater treatment. Proceedings*. Chelsea: Lewis, 1989. p.788-792.
- MOTTA-MARQUES, D. M. L.; BRUM, C. P.; AMAZARRAY, M. T. R.; CYBIS, L. F. A. Sistemas de banhos criados para controle alternativo de drenagem ácida difusa. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6. *Anais...*, Rio de Janeiro: ABES, v.1, t.2, p.27-34, 1994.
- PULLIN, B. P.; HAMMER, D. A. Aquatic plants improve wastewater treatment. *Water Environmental Technology*, v.e, n.3, p.36-40, 1991.
- SILVA, Z. C. C. Jazidas de carvão no Rio Grande do Sul, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, *Atas...*, Curitiba, v.2, p.677-886, 1987.
- VILE, M. E.; WIEDER, R. K. Alkalinity generation by Fe(III) reduction versus sulfate reduction in wetlands constructed for acid mine drainage treatment. *Water, Air, Soil Pollut.*, n.69, p.425, 1993.
- WENWRICK, S. E.; STEVENS, S. E.; WEBSTER, H. J.; STARK, L. R.; DeVEAU, E. Tolerance of three wetland plants species to acid mine drainage: a greenhouse study. In: HAMMER, D. A. *Constructed wetlands for wastewater treatment. Proceedings*. Chelsea: Lewis, 1989. p.801-807.
- WETZEL, R. G. Constructed wetlands: scientific foundation are critical. In: MOSHIRI, G. A. *Constructed wetlands for water quality improvement. Proceedings*. Boca Raton: Lewis, 1993. p.3-7.

# CONTEÚDO DE ALUMÍNIO E COBRE NA BIOMASSA DE *TYPHA LATIFOLIA* L., NA REGIÃO CARBONÍFERA DE CHARQUEADAS E SÃO JERÔNIMO, RS

Marco Aurélio Locateli Verdade  
Maria Teresa Raya Rodriguez  
Maria Elaine de Oliveira

## INTRODUÇÃO

São muitos os estudos de organismos indicadores de metais pesados em diferentes ambientes, bem como sobre o efeito dos mesmos sobre plantas, principalmente em termos de biomassa, produtividade e desvios morfológicos e fisiológicos (PHILLIPS, 1976; FOSTER, 1976; SEELIGER & EDWARDS, 1977; BURTON e PETERSON, 1979). No Brasil, podemos destacar o trabalho de PFEIFFER e outros (1982, 1986) que estudaram macrófitos aquáticos emergentes e flutuantes como bioindicadores de metais pesados.

O uso de plantas aquáticas para monitorar a poluição de ambientes aquáticos proporciona uma visão integrada de um determinado sistema e a acumulação de metais por plantas fornece uma melhor indicação da quantidade capaz de afetar o ecossistema (WHITTON, 1984). Estes trabalhos podem ajudar na remoção de metais em efluentes industriais e de mineração.

A importância dos macrófitos aquáticos na ciclagem de metais deve-se em grande parte à sua grande produtividade em lagos (REIMER, 1989) e, talvez, à sua capacidade de controlar a toxicidade de alguns elementos nas águas (MAYES *et al.*, 1977).

A aptidão das plantas em colonizar zonas contaminadas por metais pesados é invariavelmente uma consequência da evolução de genótipos tolerantes (ANTONOVICS e outros, 1971). A ocupação de *Typha* em diversos climas, se dá como uma consequência da

evolução dos ecótipos climáticos (Mc NAUGHTON 1966, 1970, 1974). *Typha* é hábil na ocupação de *habitats* industriais degradados dos mais variados tipos. Algumas peculiaridades da fisiologia de *Typha*, em comparação com outras plantas, confere uma resistência geral na tolerância de metais pesados. A analogia com genótipos tolerantes de outros macrófitos (TURNER, 1970) leva a crer que o mecanismo de precipitação do metal na parede celular pode ser um fator geral na fisiologia de *Typha* (Mc NAUGHTON e outros, 1974). A lixiviação de metais pesados em áreas de mineração é causada pela oxidação da pirita sob condições úmidas. Essa oxidação leva a um decréscimo no pH, fazendo com que aumente a solubilidade dos metais pesados. Essa lixiviação não é somente um problema local, mas os metais, tornando-se biodisponíveis, podem poluir as águas de drenagem das minas.

• Áreas de ocorrência de carvão podem ser consideradas ricas em metais pesados. O impacto ambiental causado pela mineração do carvão pode sofrer um aumento expressivo nos próximos anos. Os resultados deste estudo podem fornecer subsídios para o manejo, recuperação e utilização de áreas afetadas.

## CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

No Rio Grande do Sul estão localizadas quatorze jazidas e sete ocorrências de carvão mineral. Entre as jazidas, três se destacam como as maiores do País, com mais de onze camadas de carvão: Hulha - Negra - Seival, Sul de Candiota e Candiota, que é a mais importante. As demais jazidas são: São Sepé, Iruí, Leão - Butiá, Arroio dos Ratos, Charqueadas - Guaíba - Santa Rita, Gravataí - Oeste, Gravataí - Leste, Morungava, Chico Lomã, Santa Teresinha e Torres.

O carvão, no Estado, representa uma reserva estimada de 18,826 bilhões de toneladas que constituem 87% dos recursos brasileiros (PROJETO PADCT - CIAMB, 1991).

As jazidas sul-rio-grandenses são constituídas de carvões gondwânicos situados na formação Rio Bonito, Grupo Guatan, Supergrupo Tubarão, Permiano Inferior da Bacia do Paraná. Esses depósitos formaram-se em turfeiras predominantemente subaquáticas, um ambiente que condicionou altos teores de matéria mineral (14 a 24%) que resultam em valores de cinza entre 34 e 68% (PROJETO PADCT - CIAMB, 1991).

Segundo FERREIRA, e outros (1978), o carvão de Charqueadas é do tipo betuminoso, de alto volátil C, não aglomerante, minerado pela Companhia de Pesquisas e Lavras Minerais - COPELMI e quase totalmente utilizado para alimentar usinas termelétricas.

A Depressão Central, onde se situa a área em estudo, possui cerca de 30 a 40 mil Km<sup>2</sup>, representando a menor de todas as regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul. Abrange, praticamente, o curso médio e inferior do Rio Jacuí e de seus afluentes em sua área principal, sendo limitada ao sul pelo talude das serras graníticas, a oeste pelo divisor de águas entre o Jacuí e o Ibicuí, a leste pelo litoral arenoso, em pequenas faixas após acompanhar os rios Gravataí e Sinos, e finalmente ao norte pela Serra Geral (FERNANDES, 1990). A altitude média varia entre 100m a oeste, e pouco mais de 10m junto a Porto Alegre, a sudeste (RAMBO, 1956).

O solo é típico de áreas baixas (planossolo), com textura geralmente argilosa e relevo ondulado, segundo o Ministério da Agricultura. São solos profundos e quimicamente ácidos, podzolizados e seu uso com culturas anuais está relacionado a fertilidade dos mesmos.

O clima apresenta uma temperatura média anual de 19,4°C e uma velocidade geral média dos ventos de 1,5 a 2,0 m/s. Segundo o sistema de classificação de Koeppen predomina a variação climática Cfa (clima subtropical), (MOTA, 1951). Caracteriza-se ainda por um índice de umidade de 0 a 20% e de uma precipitação anual de 800 a 1500 mm (IBGE, 1986).

Ocorre uma predominância de gramíneas, compostas e leguminosas na cobertura vegetal da região, porém a vegetação nativa representa apenas cerca de 2,2% da área total (IBGE, 1977).

## MATERIAL E MÉTODO

*T. latifolia* é uma planta aquática emergente cosmopolita, rizomatosa, herbácea perene, com vegetação reprodutiva acompanhada pela produção de rizomas laterais, os quais terminam em um sistema de folhas e estruturas florais. A unidade do crescimento vegetativo é o ramet; na *Typha*, o ramet consiste do rizoma submerso, associado às raízes e ao caule. Seu caule, pode exceder 2m em altura, e apresentar ou não uma inflorescência apical desenvolvida. Estruturas sexuais consistem de inflorescências masculinas e femininas separadas localizadas terminalmente (DICKERMAN e WETZEL, 1985).

As três populações de *Typha latifolia* envolvidas no presente estudo foram amostradas entre dezembro de 1992 e fevereiro de 1993 em três áreas distintas, abrangendo nos municípios de Charqueadas e São Jerônimo. Os locais de coleta constam na Figura 1. As fotos de 1 a 7 identificam os pontos amostrados:

A e B - em rejeito de área de mineração na estrada lateral a Aços Finos Piratini, em Charqueadas. Nestes pontos, o pH da água de drenagem oscilou entre 5,28 e 5,53. Além da zona de vegetação, a água apresentou um pH entre 2,92 e 3,19;

C e D - em rejeito com deposição de cinzas de cerca de 10 anos de utilização, em área da Usina da CEEE, em São Jerônimo. Nestes pontos, a vegetação encontrava-se encoberta por uma camada de 0,80 m de cinzas;

E e F - em rejeito antigo, na divisa da estrada entre Charqueadas e São Jerônimo. Nestes pontos, a água de drenagem apresentou um pH oscilando entre 2,67 e 3,10, sendo que na zona de vegetação o mesmo variou entre 3,64 e 5,18.

Em cada ponto foram amostrados dois quadrados de 1 m<sup>2</sup> cada. Os macrófitos, em cada quadrado, eram retirados com raízes, medidas em campo (altura e diâmetro a 10 cm de altura) e transportadas ao laboratório, onde eram seccionadas a cada 20 cm para efeitos da avaliação da biomassa. Folhas, raízes, inflorescência, caule e biomassa morta eram tratados e pesados separadamente.

Em laboratório, as plantas eram secas em estufa a 70°C até peso constante. A repesagem nos informou a biomassa a cada 20 cm de altura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na região carbonífera de Charqueadas e São Jerônimo, a densidade dos estandes das populações de *Typha latifolia* difere muito mais nos habitats amostrados do que a altura do caule. Isto é notoriamente observado na Tabela 1 que nos apresenta os valores de densidade e altura média obtidas nos seis pontos amostrados. As diferenças na densidade e no peso fresco do caule nas áreas amostradas demonstram que, para *Typha*, a biomassa pode estar dependente da densidade. DICKERMANN e WETZEL (1985), no entanto, têm observado uma independência entre tais parâmetros, confrontando com o proposto por ONDOK (1973), que estabelece uma correlação inversa entre produção e densidade de *Typha latifolia*. Através dos dados obtidos no presente estudo, observa-se que a correlação esperada entre produção (kg peso fresco) e densidade ( $n/m^2$ ) (ONDOK, 1973) não foi constatada (Fig. 2). Causa provável seria a alteração nas condições ambientais na região carbonífera estudada.

Por outro lado, constatou-se uma alta e significativa correlação entre produção (kg peso fresco do caule) e a altura das plantas nos seis pontos estudados ( $r=0,98$ ;  $P<0.001$ ) (Fig. 3).

É conhecido que a taxa de produção de biomassa varia largamente em diferentes genótipos, em um mesmo habitat, e no mesmo genótipo em ambientes diversos (McNAUGHTON, 1974). Em populações de plantas a variação intragenotípica é um reflexo da plasticidade fenotípica dos indivíduos ao seu meio ambiente; a variação intergenotípica reflete a variação genética entre as populações (GRACE & WETZEL, 1981).

Os valores obtidos para biomassa de *Typha latifolia* na região de estudo variaram entre 608 e 2507  $g/m^2$  (média de 1780  $g/m^2$ ). As amostras foram retiradas de estandes uniformes, com quadrados representativos de vegetação com e sem inflorescência, sendo considerados como boa estimativa da produção de cada local.

McNAUGHTON (1966) reporta valores de biomassa variando entre 378 e 1338  $g/m^2$  para amostras de *Typha latifolia* coletadas na região central dos Estados Unidos. BRAY (1960) menciona valores médios de 1400  $g/m^2$  para amostras de *T. latifolia* em Minnesota, e BOYD & HESS (1970) reportam valores entre 428 e 2252  $g/m^2$  (média de 951  $g/m^2$ ) para *T. latifolia* ocorrente em áreas da planície de alagamento do rio Mississippi e adjacências. McNAUGHTON (1966) menciona que cerca de 50% ou mais da biomassa total é representada pelas raízes.

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos para a biomassa dos diferentes órgãos de *T. latifolia* nos pontos amostrados no presente estudo. Observa-se que a menor biomassa encontrada nos órgãos em senescência (biomassa morta) representa aquelas amostras coletadas na área de rejeito com depósito de cinzas de 10 anos de utilização, em São Jerônimo (Tabela 2, C e D).

O desenvolvimento dinâmico e as alterações na estrutura dos estandes de *T. latifolia* durante a estação de crescimento vegetal foram examinadas pelo método utilizado para espécies de banhado, ou seja, através da análise crescente utilizando a técnica estratificada. A Figura 4 ilustra os resultados obtidos para biomassa em 1  $m^2$  de área amostrada, nos seis pontos de coleta.

Nos estandes de *T. latifolia* a estrutura vertical difere substancialmente das de-

mais helófitas estudadas por outros autores (DYKYJOVÁ, 1973). A estrutura de *T. latifolia* é densa nas áreas amostradas em Charqueadas (Fig. 4, A e B) comparativamente às amostradas na região de rejeito entre Charqueadas e São Jerônimo (Fig. 4, E e F). Em São Jerônimo, os primeiros 80 cm acima da raiz encontravam-se soterrados pelo depósito de cinzas. Entretanto, a relação folhas/caule não sofreu quaisquer perturbações morfológicas, nem tampouco houve um aumento na biomassa morta, o que demonstra claramente que o efeito da umidade do solo pode ser fator preponderante para o início dos processos de decomposição das folhas (Fig. 4, C e D).

ANTONOVICS e outros (1971) comenta que populações de plantas nativas em solos com grande acumulação de metais pesados são debilitadas, e ocorre invariavelmente uma distinção genética daquelas populações da mesma espécie que crescem em solos adjacentes e com baixa concentração de metais pesados. Populações de *T. latifolia* que crescem em solos com altas concentrações de metais pesados são capazes de colonizar essas áreas sem evolução de raças tolerantes (McNAUGHTON *et al.*, 1974), apesar de se saber amplamente ser a mesma diferenciada em vários ecótipos climáticos (McNAUGHTON, 1966; 1970; 1974) e ser capaz de ocupar diversos tipos de ambientes degradados em áreas de mineração (McNAUGHTON e outros, 1974).

As populações de *T. latifolia* estudadas apresentam uma alta produção de biomassa, confirmando o padrão geral de genótipo adaptado aos metais pesados.

As concentrações totais de Cobre e Alumínio biodisponíveis variaram entre 3304 e 6768 ppb para o primeiro, e 2986 e 6072 ppm para Alumínio (Fig. 5). As amostras que apresentaram inflorescência, com desenvolvimento completo dos estandes, foram as que comportaram mais altas concentrações desses elementos (Fig. 5, pontos B, C e E), o que indica que as diferenças devem-se aos diferentes estágios de crescimento. Da mesma forma, nesses mesmos pontos, as concentrações de Alumínio e Cobre na biomassa morta acompanharam o mesmo desenvolvimento. A maior parte do Alumínio e do Cobre concentraram-se no órgão em senescência.

A amplitude de concentrações normalmente encontrada para o Cobre (total) nas plantas é de 2.5-25 microgramas/g-1, enquanto que a concentração de Alumínio geralmente encontrada é de 0.01-0.10% da biomassa (ALLEN, 1989). O nível basal de Alumínio para plantas terrestres é de 90 a 530 ppm (BOWEN, 1979).

De uma maneira geral, no presente estudo, Cobre foi o metal que apresentou maior acumulação nas folhas e na biomassa morta, enquanto que o Alumínio teve maior expressividade na biomassa morta e nas raízes (Fig. 6, Tabelas 3 e 4).

Como esperado, plantas maduras apresentam uma alta acumulação de metais nos órgãos velhos (senescentes). Isto é, em parte, uma estratégia para reduzir a carga de metais pesados e, em parte, a consequência de um contínuo stress ao metal, ao qual a planta não consegue resistir completamente (PUNZ & SIEGHARDT, 1993).

O desenvolvimento dinâmico e as alterações no conteúdo de Cobre e Alumínio disponível na estrutura dos estandes de *T. latifolia* durante a estação de crescimento vegetal foram examinadas através da análise crescente utilizando a técnica estratificada. As Figuras 7 e 8 ilustram os resultados obtidos na área de 1m<sup>2</sup> amostrada, nos seis pontos de coleta.

Nos estandes de *T. latifolia* a concentração de Cobre (Fig. 7) na estrutura verti-

cal difere substancialmente nos diferentes órgãos, e ao longo do estande, apresentando um efeito piramidal, com exceção aos valores da biomassa morta, cuja acumulação é bem maior em todos os pontos amostrados.

Comparativamente, os valores de Alumínio (Fig. 8) apresentaram drástica redução nas concentrações na estrutura vertical do caule e das folhas, em todos os pontos amostrados. Alta representatividade, no entanto, têm a biomassa morta e as raízes, confirmando a suposta estratégia na redução da carga de metais pesados presentes.

Plantas emergentes de áreas alagadas crescendo em sedimentos anóxicos, como nos pontos A, B, E e F, estão adaptadas a competir em condições anaeróbicas. A oxigenação da rizosfera é considerada essencial para ativar as funções da raiz, e além disso capacitar as plantas em conter ou neutralizar os efeitos de fitotoxinas solúveis, incluindo sulfatos e metais, os quais podem estar presentes em altas concentrações no substrato anóxico (ARMSTRONG, 1971; GAMBRELL and PATRICK, 1978).

A acidificação têm causado alterações consideráveis na vegetação aquática (ROELOFS, 1983; ARTS e LEUVEN, 1988; ARTS, 1990), tendo como consequência o declínio e perda de características das espécies. A planta apresenta níveis de tolerância à acidificação do meio que, após serem extrapolados, interferem na morfologia de determinadas espécies. Algumas espécies podem apresentar uma distribuição de acordo com o pH e a alcalinidade do meio. Muitos estudos têm sido feitos com plantas vasculares terrestres, em particular com espécies importantes para a agricultura, sob o ponto de vista da interação planta substrato. Poucos estudos porém, têm sido feitos com relação à interação planta substrato de espécies vasculares aquáticas (ARTS *et al.*, 1990).

Duas espécies de *Typha*, *T. latifolia* e *T. domingensis* diferem substancialmente quanto ao grau de tolerância a diferentes profundidades da água (GRACE, 1989). Vários estudos têm ilustrado que a profundidade da água tem efeito regulatório na distribuição e abundância de espécies de charcos (KADLEC, 1962; MILLAR, 1973). Em geral, estudos indicam que certas trocas na morfologia, especialmente na altura da folha, são comuns em espécies crescendo em grandes profundidades. De acordo com a profundidade, as diversas espécies podem ter respostas fenotípicas similares. As espécies estudadas por GRACE (1989) mostraram aumento na altura máxima com o aumento de profundidade. A espécie menos tolerantes à profundidade da água (*T. latifolia*) apresentou uma maior biomassa nas folhas. Ao contrário, as espécies de águas profundas (ou mais tolerantes) apresentaram um aumento no tamanho de cada ramo. Ambas as espécies apresentaram um decréscimo na incidência de inflorescência e decréscimo na densidade das raízes com um aumento na profundidade da água.

Alterações no pH do meio e influência ou não de substrato aquoso foram identificadas na região estudada, não se tornando fator limitante à ocorrência de *Typha*, pois a mesma ocorreu independente do pH do meio e igualmente em áreas de estresse, como nos pontos C e D, nas dependências da CEEE em São Jerônimo. Entretanto, fato interessante de ser mencionado é a alteração morfológica observada nas inflorescências das plantas coletadas nos pontos A e B, localizados próximos à Aços Finos Piratini, em Charqueadas (Fig. 8). Para tal fenômeno, não consta em bibliografia menção alguma. Estudos mais direcionados, incluindo os citogenéticos, no caso, elucidariam tal questão.

## CONCLUSÕES

Todos os dados obtidos através do presente estudo referem-se unicamente à região carbonífera abrangendo os municípios de São Jerônimo e Charqueadas, durante a estação de verão. Uma vez que não foi possível realizar uma análise de interação entre solo e planta, não se pode concluir que *Typha latifolia* na região estudada tenha desenvolvido genótipos resistentes a solos com altas concentrações de metais pesados. Por outro lado, o fato de *T. latifolia* crescer em solos contaminados sugere que essa espécie possa ser resistente aos elementos tóxicos presentes.

É surpreendente que a produção dessa espécie cosmopolita, colonizando diversos tipos de *habitats*, degradados ou naturais, e servindo como alimento e área de repouso e/ou nidificação para inúmeras espécies de aves e animais herbívoros, não tenha despertado ainda, em nosso Estado, suficiente atenção e interesse maior quanto à sua ecologia. Da mesma forma, a espécie com toda sua plasticidade na ocupação de diferentes *habitats*, representa um objeto de interesse em estudos taxonômicos, experimentais e aplicados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S. E. *Chemical analysis of ecological materials*. Oxford: Blackwell Sci.Publ., 1989. 368p.
- ANTONOVICS, J.; BRADSHAW, A. D.; TURNER, R. G. Heavy metal tolerance in plants. *Adv. Ecol. Res.*, n.7, p.1-85, 1971.
- ARMSTRONG, W. Radial oxygen losses from intact rice roots as affected by distance from the apex, respiration and waterlogging. *Physiol.Plant.*, n.25, p.192-197, 1971.
- ARTS, G. H. P.; LEUVEN, R. S. E. W. Floristic changes in shallow soft waters in relation to underlying environmental factors. *Freshwater Biol.*, n.20, p.97-111, 1988..
- ARTS, G. H. P.; ROELOFS, J. G. M.; DE LYON, M. J. H. Differential tolerances among soft-water macrophyte species to acidification. *Can. J. Bot.*, n.68, p.2127-2134, 1990.
- BOWEN, H. J. M. *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press, 1979. 333p.
- BOYD, C. E.; HESS, L. W. Factors influencing shoot production and mineral nutrient levels in *Typha latifolia*. *Ecology*, v.51, n.2, p.296-300, 1970.
- BRAY, J. R. The chlorophyll content of some native and managed plant communities in central Minnesota. *Can. J. Bot.*, n.38, p.313-333, 1960.
- BURTON, M. A. S.; PETERSON, P. J. 1979. Metal accumulations by aquatic bryophytes from polluted mine streams. *Environmental Pollution*, n.19, p.39-46, 1979.
- DICKERMAN, J. A.; WETZEL, R. G. Clonal growth in *Typha latifolia*: population dynamics and demography of the ramets. *J. Ecol.*, n.73, p.535-552, 1985.
- DYKYJOVÁ, D. Specific differences in vertical structures and radiation profiles in the helophyte stands (a survey of comparative measurements). *Ecosystem Study on Wetland Biome in Czechoslovakia*, Trebon, IBP/PT-PP Rep. n.3, p.121-131, 1973.
- FERREIRA, J. A. F.; SUEFFERT, T.; SANTOS, A. P. *Projeto carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: CPRM, 1978. 16v., v.1 e v.2. Relatório final.
- FERNANDES, A. G.; BEZERRA, P. *Estudo fitogeográfico do Brasil*. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990. 205p.

- FOSTER, P. Concentrations and concentration factors of heavy metals in brown algae. *Environmental Pollution*, n.10, p.45-53, 1976.
- GAMBRELL, R. P.; PATRICK JR, W. H. Chemical and microbial properties of anaerobic soils and sediments. In: HOOK, D. D.; CRAWFORD, R. M. M. (Ed.). Plant life in anaerobic environments. *Ann Arbor Sci.*, p.375-423, 1978.
- GRACE, J. B.; WETZEL, R. G. Phenotypic and genotypic components of growth and reproduction in *Typha latifolia*. experimental studies in marshes of differing successional maturity. *Ecology*, v.62, n.3, p.789-801, 1981.
- GRACE, J. B. Effects of water depth on *Typha latifolia* and *Typha domingensis*. *Amer. J. Bot.*, v.76, n.5, p.762-768, 1989.
- JOHN, C. D.; GREENWAY, H. Alcoholic fermentation and activity of some enzymes in rice and roots under anaerobiosis. *Aust. J. Plant Physiol.*, n.3, p.325-336, 1976.
- KADLEC, J. A. Effects of a drawdown on a waterfowl impoundment. *Ecology*, n.43, p.267-281, 1962.
- MAYES, R. A.; McINTOSH, A. W.; ANDERSON, V. L. Uptake of cadmium and lead by rooted aquatic macrophyte (*Elodea canadensis*). *Ecology*, n.58, p.1176-1180, 1977.
- McNAUGHTON, S. J. Ecotype function in the *Typha* community-type. *Ecol. Monogr.*, n.36 p.297-325, 1966.
- McNAUGHTON, S. J. Fitness sets for *Typha*. *Am. Nat.*, n.104, p.337-342, 1970.
- McNAUGHTON, S. J. Developmental control of net productivity in *Typha latifolia* ecotypes. *Ecology*, n.55, p.864-869, 1974.
- McNAUGHTON, S. J.; FOLSOM, T. C.; LEE, T.; PARK, F.; PRICE, C.; ROEDER, D.; SCHMITZ, J.; STOCKWELL, C. Heavy metal tolerance in *Typha latifolia* without the evolution of tolerant races. *Ecology*, n.55, p.1163-1165, 1974.
- MENDELSSOHN, I. A.; MCKEE, K. L.; PATRICK JR, W. H. Oxygen deficiency in *Spartina alterniflora* roots: metabolic adaptation to anoxia. *Science*, n.214, p.439-441, 1981.
- MILLAR, J. B. 1973. Vegetation changes in shallow marsh wetlands under improving moisture regime. *Can. J. Bot.*, n.51, p.1443-1457, 1973.
- MOTA, F. S. da. Estudos do clima do Estado do Rio Grande do Sul, segundo o sistema de W. Koeppen. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v.13, n.2, p.275-284, 1951.
- ONDOK, J. P. Average shoot biomass in monospecific helophyte stands of the Opatovicky Fishpond. *Ecosystem Study on Wetland Biome in Czechoslovakia*. Trebon, IBP/PT-PP, Rep., n.3, p.83-85, 1973.
- PFEIFFER, W. C.; FICZMAN, M.; LACERDA, L. D.; WEERELT, M.; CARBONELL, N. Chromium in water, suspended particles, sediment and biota in the Irajá river estuary. *Environmental Pollution* (Séries B), n.4, p.193-205, 1982.
- PFEIFFER, W. C.; FICZMAN, M.; MALM, O.; AZCUE, J. M. 1986. Heavy metal pollution in the Paraíba do Sul river, Brazil. *The Science of the Total Environment*, n.58, p.73-79, 1986.
- PHILLIPS, D. J. H. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I. Effects of environment variables on uptake of metals. *Marine Biology*, n.38, p.59-69, 1976.
- PROJETO PADCT-CLAMB, Energia e meio ambiente: a questão do carvão no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CENECO/UFRGS, 1991. 25p.
- PUNZ, W. F.; SIEGHARDT, H. The response of roots of herbaceous plant species to heavy metals. *Environm.Exp.Bot.*, v.33, n.1, p.85-98, 1993.
- RAMBO, B. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. 2.ed. Porto Alegre: Selbach, 1956. 456p.
- REIMER, P. Concentrations of lead in aquatic macrophytes from Shoal Lake, Manitoba, Canada. *Environmental Pollution*, n.56, p.77-84, 1989.

- ROELOFS, J. G. M. Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. I. Fields observations. *Aquatic Bot.*, n.17, p.139-155, 1983.
- SEELIGER, U.; EDWARDS, P. Correlation coefficients and concentrations factors of copper and lead in seawater and benthic algae. *Marine Pollution Bulletin*, v.8, n.1, p.16-19, 1977.
- TURNER, R. G. The subcellular distribution of zinc and copper within the roots of metal-tolerant clones of *Agrotis tenuis* Sibth. *New Phytol.*, n.69 p.725-731, 1970.
- WHITTON, B. A. Algae as monitors of heavy metals. In: SCHUBERT, L. E. Algae as ecological indicator. London: Academic Press Inc., 1984.

# **BIOMONITORAMENTO DA ÁREA SOB INFLUÊNCIA DA EXPLORAÇÃO CARBONÍFERA ATRAVÉS DE TESTES DE TOXICIDADE COM CLADOCERA (CRUSTACEA; BRANCHIOPODA)**

Liane Biehl Printes  
Maria Beatriz Camino Bohrer  
Carina M. S. Portela  
Carlos Eduardo Güntzel

## **INTRODUÇÃO**

O monitoramento ambiental, inserido em um processo de análise ambiental, assume a função de caracterizar e acompanhar as mudanças decorrentes da introdução de uma atividade transformadora no ambiente.

De acordo CHAPMAN (1989), o monitoramento pode ser definido como sendo uma coleção sistemática de dados sobre uma base espacial ou temporal.

Existem, basicamente, dois tipos de monitoramento: o monitoramento através de variáveis físicas e químicas no ambiente, e o monitoramento que avalia as respostas de organismos a mudanças no ambiente, o qual é definido como monitoramento biológico ou biomonitoramento. O primeiro demonstra que níveis de contaminação estão alterando no tempo e/ou no espaço, enquanto que os métodos biológicos são capazes de prover informações sobre a resposta dos organismos aos efeitos integrados de condições ambientais e contaminantes.

Vários são os autores que têm apontado para a necessidade da inclusão do monitoramento biológico para uma real avaliação da qualidade ambiental. Dentre estes autores podem ser citados: BOUDOU e RIBEYRE (1989), CHAPMAN (1989), FOWLER e AGUIAR (1991), ARAÚJO (1995).

O monitoramento biológico pode ser subdividido em dois tipos distintos: o passivo e o ativo. No biomonitoramento passivo estão incluídas as técnicas de avaliação

de campo, onde são analisadas as comunidades biológicas ou biocenoses. O biomonitoramento ativo inclui os testes de toxicidade aguda e crônica realizados em condições controladas de laboratório (ARAÚJO, 1995).

Os testes de toxicidade são caracterizados como agudos quando têm por finalidade avaliar a ocorrência de efeitos a curto prazo sobre a sobrevivência (mortalidade ou imobilidade) dos organismos expostos. Quando o objetivo é a avaliação de efeitos a longo prazo, ou seja, quando envolve toda ou uma faixa considerável do ciclo de vida dos organismos, onde efeitos sub-letais, como alterações na reprodução, crescimento, comportamento, longevidade, entre outros, são observados, os testes são classificados como crônicos (CETESB, 1991\*).

São muitas as variantes das técnicas empregadas em testes de toxicidade. Fundamentalmente, estas técnicas baseiam-se na observação dos efeitos que substâncias químicas puras ou misturas complexas, como efluentes industriais, têm sobre organismos vivos (ZAMBONI, 1993).

Os testes de toxicidade podem ainda ser realizados com amostras oriundas de ambientes naturais, são os testes de toxicidade ambientais, onde o estresse sobre o organismo é produzido pela exposição a amostras de águas naturais (*receiving waters*), ou de sedimentos, coletadas diretamente no corpo receptor (ELDER, 1990).

Dentre os organismos de água doce passíveis de serem utilizados em testes de toxicidade estão os microcrustáceos dos gêneros *Daphnia* e *Ceriodaphnia*. Estes cladóceros apresentam vários dos requisitos que, de acordo com RAND e PETROCELLI (1985), devem ser considerados na seleção de organismos para testes: alta sensibilidade, disponibilidade e abundância, conhecimento sobre a biologia e facilidade do cultivo em laboratório. Muitas espécies, pertencentes a estes dois gêneros, vêm sendo tradicionalmente empregadas em testes padronizados para a avaliação de toxicidade aguda e crônica de substâncias puras ou complexas e de amostras de água natural, sendo que no Brasil destacam-se *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*.

Enquanto a maioria das avaliações de toxicidade têm sido enfocadas na qualidade de efluentes, na avaliação de substâncias químicas e nos efeitos na coluna d'água, métodos para a determinação da qualidade dos sedimentos constituem uma preocupação mais recente (MACIOROWSKI e outros, 1982; SASSON-BRICKSON e BURTON, 1990).

A importância dos sedimentos nos ecossistemas aquáticos é apontada para o fato deste compartimento servir ao mesmo tempo como depósito e fonte de matérias orgânicos e inorgânicos (WETZEL, 1981). A maioria das decomposições ocorrem no sedimento e grande parte dos químicos de origem antropogênica, assim como materiais orgânicos, tendem a se concentrar no sedimento (BURTON, 1994).

Ainda que os estudos ecotoxicológicos de sedimentos sejam recentes, já existem várias metodologias de testes agudos e crônicos, feitos com bactérias, fitoplâncton, nematoides, crustáceos, anelídios, bivalvos, equinodermos e peixes (BURTON e SCOTT, 1992).

Metodologias para a utilização dos cladóceros dos gêneros *Daphnia* e *Ceriodaphnia* em testes para a avaliação da toxicidade em amostras de sedimento têm sido descritas (ASTM, 1991; BURTON, 1994). *Ceriodaphnia dubia* tem mostrado ser uma espécie sensível e utilizável em avaliações de toxicidade com amostras de sedimento (SASSON-BRICKSON e BURTON, 1990).

Este trabalho justifica-se pela necessidade de avaliar os efeitos decorrentes das atividades ligadas a exploração e utilização do carvão sobre os organismos vivos. Somente com a realização de testes de toxicidade pode-se obter informações a respeito dos efeitos resultantes das interações entre condições ambientais e contaminantes. Deste modo, efeitos antagônicos, sinérgicos e aditivos podem ser detectados sobre as comunidades presentes no ecossistema.

O presente trabalho teve por objetivos: 1. Avaliar a toxicidade aguda das águas superficiais da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Daphnia similis*; 2. Avaliar a toxicidade crônica das águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Ceriodaphnia dubia*; 3. Determinar a estrutura das comunidades zooplactônicas existentes na Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí, através do estudo da composição específica e distribuição horizontal.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Obtenção de amostras das águas superficiais**

Para a realização de testes de toxicidade aguda e crônica com *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, respectivamente, foram utilizadas amostras instantâneas (simples) de água coletadas na superfície do rio, no sentido da corrente. As amostras foram obtidas em cinco campanhas a campo. A primeira campanha correspondeu a janeiro, a segunda a março, a terceira a abril, a quarta a julho e a quinta a agosto de 1994.

As coletas foram efetuadas em frascos de polietileno. Para evitar a presença de ar, os frascos eram totalmente preenchidos com a amostra. Imediatamente após a coleta as amostras eram acondicionadas em isopor com gelo e levadas ao laboratório. Parte da amostra, que deveria ser utilizada nas primeiras 48 horas para a montagem dos testes agudo e crônico, foi mantida resfriada em geladeira a 4°C. Congelou-se o restante a fim de ser utilizado na manutenção do teste crônico.

### **Obtenção de amostras dos sedimentos**

As amostras dos sedimentos para a realização do teste crônico com *Ceriodaphnia dubia* foram obtidas com um coletor de fundo tipo draga *mud-snapper* em setembro de 1994.

Imediatamente após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, os quais foram fechados e transportados para o laboratório em isopor com gelo. No laboratório as amostras foram mantidas resfriadas em geladeira a 4°C conforme a Norma da ASTM (1991), tendo sido utilizadas durante as primeiras 24 horas.

## **Análises físicas e químicas**

### **Águas superficiais**

As campanhas a campo 1, 3 e 4 coincidiram, respectivamente, com as coletas 3, 4 e 5 do grupo de águas do Projeto PADCT/CIAMB. Para estas três campanhas foram utilizados os dados do Projeto.

As campanhas 2 e 5, foram realizadas independentemente. Em relação a estas duas campanhas a coleta, a preservação e as análises das amostras foram efetuadas nas dependências do Centro de Ecologia da UFRGS, seguindo as mesmas metodologias utilizadas para a obtenção dos dados do Projeto. Nestas duas campanhas, foram realizadas as análises das variáveis com maior tendência à variação temporal e daquelas de maior influência provável nos testes de toxicidade, além dos metais, conforme sugerido pela coordenação do grupo responsável pelas análises físicas e químicas do Projeto PADCT/CIAMB. As variáveis analisadas foram: temperatura, pH, condutividade, cloretos, sulfato, alcalinidade, dureza, transparência, turbidez, nitrato, nitrito, amônia, sólidos sedimentados e oxigênio dissolvido. Os metais analisados foram: Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se e Zn.

### **Sedimentos**

A campanha a campo realizada para a obtenção das amostras dos sedimentos coincidiu com a 6ª coleta do grupo de águas do Projeto PADCT/CIAMB. As variáveis temperatura, pH e condutividade, bem como os metais Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Al, Cu, Cr, As, Se, Hg, Ni, Pb, Cd e Zn, foram analisadas para a caracterização das amostras. Nesta campanha, foram utilizados os dados do Projeto

## **Testes de toxicidade**

### **Águas superficiais**

Para a avaliação da toxicidade aguda e crônica realizaram-se testes com *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia*, respectivamente.

Foram considerados os testes agudos correspondentes às campanhas 1, 2, 3 e 5. Indivíduos jovens, com menos de 24 horas de vida, foram expostos às amostras não diluídas, ou seja, a 100% de concentração. A metodologia adotada segue os critérios estabelecidos por EPA (1991), IBAMA (1989) e CETESB (1991a).

Com o objetivo de caracterizar o efeito do pH na toxicidade aguda para *Daphnia similis*, as amostras que apresentaram este parâmetro inferior a 5,0 foram analisadas duas vezes: (1) o pH não foi corrigido; (2) o pH foi ajustado para  $7,0 \pm 0,2$  utilizando-se Hidróxido de Sódio, NaOH 1 N.

Em relação a toxicidade crônica, foram considerados 5 testes, correspondentes a cada uma das cinco campanhas, as amostras também foram analisadas a 100% de concentração. A metodologia adotada segue os critérios estabelecidos por EPA (1989) e CETESB (1991b). No teste crônico procurou-se isolar o efeito do pH, neste caso, todas

as amostras que apresentavam pH inferior a 5,0 tiveram este parâmetro ajustado para  $\pm 7,0$ , utilizando-se NaOH 1 N. Foram avaliados o crescimento individual, a reprodução e a sobrevivência dos organismos-teste.

A partir do segundo teste agudo e do segundo teste crônico foi introduzida uma bateria controle com água de cultivo, já que as estações previamente estabelecidas como de referência falharam no objetivo inicial de serem usadas como controle para os testes de toxicidade. Nas campanhas 5 e 6 não foram realizados testes com amostras da estação 6.

### **Sedimentos**

O teste de toxicidade crônica para *C. dubia* com amostras dos sedimentos foi realizado em setembro de 1994. Da mesma maneira que para os testes realizados com amostras de água, foram avaliados os parâmetros crescimento individual, reprodução e sobrevivência. A metodologia adotada baseou-se na Norma ASTM (1991) e nos trabalhos de BURTON (1994a, 1994b<sup>1</sup>).

### **Análise estatística dos resultados dos testes de toxicidade**

Na análise estatística dos resultados dos testes de toxicidade utilizou-se o programa computacional TOXSTAT 3.3 (GULLEY e outros, 1991)

Foram realizadas análises de correlações simples entre os resultados obtidos nos testes de toxicidade e os dados físicos e químicos. Para tal, foram utilizados os coeficientes de correlação linear de Pearson ou Spearman (ANDERSON, 1958), conforme o número de casos. Na análise dos dados obtidos com águas superficiais foram utilizados os dados médios das cinco campanhas. Tanto na análise dos dados das águas quanto dos sedimentos, as variáveis foram agrupadas por sub-bacia.

Com o objetivo de agrupar as estações de coleta conforme a tendência das repostas obtidas nos testes de toxicidade aguda e crônica com águas superficiais e no teste com sedimentos, foram realizadas análises de agrupamento. Para tal, foram utilizados como descritores os dados de toxicidade e como objetos as estações de coleta. As variáveis foram padronizadas, sendo utilizado o método de agrupamento pela média (Average Linkage) e a medida de distância euclidiana (POSSOLI, 1982; LEGENDER e LEGENDER, 1983; RIOS e CALIJURI, 1995).

### **Análise do zooplâncton**

Visando conhecer a composição específica e a distribuição espacial do zooplâncton nas dez estações de coleta analisadas, foi realizada uma campanha a campo em outubro de 1994 para a obtenção de amostras.

Para cada amostra foram coletados 100 litros de água utilizando-se balde com capacidade para 10 litros. Toda a água coletada foi filtrada em rede de zooplâncton de 58

---

<sup>1</sup> BURTON, G.A. Jr. 1994b. Anotações do curso "Sediment Toxicity Assessment" ministrado durante o "I Simpósio Latino Americano sobre Saúde de Ecossistemas Aquáticos e Significado Ecológico de Bioensaios". São Carlos, SP, de 11 a 14 de outubro de 1994.

mm de abertura de malha. As amostras, concentradas em 150 ml, foram imediatamente fixadas em solução de formol a 4% tamponado com borax a 1%.

Em cada estação de amostragem foi realizada uma coleta. A análise qualitativa foi realizada utilizando-se microscópio óptico binocular Carl Zeiss, sob aumento de 100 vezes. Para a identificação das espécies zooplancônicas, utilizou-se como base os trabalhos de SMIRNOV (1974), BARNES (1984) e BOHRER (1985).

## COEFICIENTE DE SIMILARIDADE

A fim de determinar o grau de semelhança entre as comunidades zooplancônicas das amostras oriundas das dez estações de coleta, foi determinado o coeficiente de similaridade (SOUTHWOOD, 1986).

Primeiramente, foi elaborada uma tabela onde a presença e ausência das espécies na relação das dez estações de coleta foi computada.

Para a determinação da similaridade, foi utilizado o coeficiente de similaridade de Dice (LUDWIG & REINOLDS, 1988).

A matriz resultante é uma matriz simétrica de similaridade. Através da análise de agrupamento ou *cluster analysis* (LEGENDER e LEGENDER, 1983), foi feita a ordenação dos objetos (estações de coleta) e descritores (espécies). O resultado desta análise é apresentado como um dendograma, onde as estações de coleta encontram-se interligados sob a forma de dentritos, de acordo com a similaridade obtida.

## DISCUSSÃO

### **Avaliação da toxicidade aguda e crônica das águas superficiais da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí**

#### **TOXICIDADE AGUDA PARA *Daphnia similis***

Nos testes realizados com *Daphnia similis* de janeiro a agosto de 1994, o efeito agudo (imobilidade em 48 horas) foi detectado, de modo geral, para as águas superficiais que apresentavam baixo pH e não tiveram este parâmetro corrigido.

Conforme apresentado na Tabela 1, as águas superficiais (sem ajuste de pH) que provocaram efeito agudo em *D. similis* foram as provenientes das estações de coleta da sub-bacia do arroio do Conde (estações 2, 4 e 6) e da sub-bacia do arroio dos Ratos (estação 7). As amostras da sub-bacia do arroio da Porteira não causaram toxicidade aguda. Entretanto, foram verificados indícios de toxicidade em organismos expostos à amostra da estação 9. Indícios de toxicidade foram também observados em organismos submetidos à amostra da estação 5, localizada na sub-bacia do arroio do Conde. Não foram verificados quaisquer efeitos, quanto a toxicidade aguda, para os organismos expostos às amostras das estações denominadas de referência das três sub-bacias, ou seja, estações 1, 3, 8 e 10.

Os resultados obtidos ressaltam a influência do pH na sobrevivência dos organismos. As análises de correlações múltiplas entre as variáveis físicas e químicas e a tendência da toxicidade aguda das águas superficiais para *Daphnia similis* mostraram que, tanto para a sub-bacia do Arroio do Conde, quanto para a sub-bacia do Arroio dos Ratos, houve forte correlação inversa do pH com a toxicidade aguda. Os valores dos coeficientes de correlação linear de Pearson ( $p < 0,005$ ) foram -0,8455 e -0,8452, respectivamente, para as duas sub-bacias.

Outras variáveis podem ser destacadas por terem apresentado correlação direta, embora mais fracas, com a toxicidade aguda, são elas: alcalinidade, condutividade e os teores de cálcio, magnésio, sódio, ferro, potássio e zinco, na Sub-Bacia do Arroio do Conde e alcalinidade, condutividade e teores de cálcio, na sub-bacia do Arroio dos Ratos (Anexo 1).

### TOXICIDADE CRÔNICA PARA *Ceriodaphnia dubia*

Em relação a toxicidade crônica das águas superficiais para *Ceriodaphnia dubia*, verificou-se que, de um modo geral, o ajuste do pH naquelas amostras onde este parâmetro constituía um fator crítico, foi uma medida eficiente no sentido de permitir a sobrevivência dos organismos-teste e a avaliação dos efeitos sub-letais.

A análise do comprimento médio das primíparas do controle em relação ao comprimento dos organismos expostos às amostras provenientes das diferentes estações de coleta (sobreviventes até o final do teste crônico), indicou a inexistência de diferenças significativas. Desta forma, não foi observada toxicidade crônica, em relação ao crescimento do corpo.

O comprimento do corpo em cladóceros não tem demonstrado ser um parâmetro muito sensível em testes de toxicidade crônica (FONSECA, A.L., 1991; UTZ, 1994; PEDROZO, 1995; BOHRER, 1995).

Quanto a fecundidade média, analisando-se os dados obtidos para os organismos expostos às amostras das diferentes estações de coleta ao longo dos cinco testes realizados, observa-se que este parâmetro mostrou ser o mais sensível.

De fato, a reprodução dos dafnídeos tem sido documentada como o parâmetro mais sensível em avaliações de toxicidade crônica (COWGILL e MILAZZO, 1990; COWGILL e MILAZZO, 1991; BELANGER e CHERRY, 1990; CHANDINI, 1987).

Em relação a sobrevivência de *C. dubia* nos testes crônicos, observou-se efeito agudo para os organismos expostos à amostra da estação 4 no teste 3, os quais morreram antes do terceiro dia de teste. Este efeito deve-se, provavelmente, a problemas no ajuste do pH da amostra visto que o pH final foi de 4,94.

As variáveis que se destacaram por apresentar correlação com a toxicidade crônica em termos de reprodução e sobrevivência nas sub-bacias dos arroios do Conde e Ratos foram: condutividade, dureza, ferro, níquel, sulfato, sódio, alcalinidade, magnésio e manganês (Anexo 1).

## **AValiação da toxicidade crônica dos sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Ceriodaphnia dubia***

O teste realizado com amostras inteiras dos sedimentos no presente trabalho, indicaram toxicidade na sub-bacia do arroio do Conde, mais especificamente nas estações de coleta 2 e 4. Não foram encontrados quaisquer efeitos tóxicos nos organismos expostos às amostras provenientes das demais estações de coleta.

Para os organismos expostos à amostra da estação 4, foi verificado um efeito agudo já que os organismos sobreviveram somente até o segundo dia do teste. Este efeito deve-se, provavelmente, às ações diretas do baixo pH sobre os organismos, uma vez que o pH medido no final do teste foi de 3,94

Com a amostra da estação 2 foi obtida uma reprodução média baixa (7,1 neonatas/fêmea), significativamente diferente dos dados obtidos para o controle de laboratório (15,9 neonatas/fêmea) e menor que o obtido para os demais tratamentos. Pode ser observado ainda um crescimento menor dos organismos expostos à amostra da estação 2 em relação aos demais tratamentos, embora esta diferença não tenha sido significativamente diferente do controle.

A toxicidade observada para amostra da estação 2 parece não estar relacionada ao efeito direto do pH, uma vez que os organismos apresentaram alta taxa de sobrevivência no final do teste (89%). Entretanto, o pH medido no final do teste mostrou um valor baixo (4,75), o que poderia ter contribuído para uma maior solubilidade dos diversos íons metálicos associados ao sedimento.

Segundo VEVEY e outros (1993), mudanças nas condições físicas e químicas da interface água-sedimento podem causar uma maior solubilização dos metais pesados imobilizados.

A análise de correlações entre os dados de toxicidade, parâmetros físico-químicos e dados de granulometria dos sedimentos da sub-bacia do arroio do Conde indicaram alta correlação inversa entre crescimento, reprodução e sobrevivência versus porcentagem de silte (anexo 2). De fato, embora representem valores baixo, as maiores porcentagens de silte foram encontradas nas amostras provenientes das estações 2 e 4, com 0,1 e 0,3%, respectivamente, em relação aos demais grãos. Esta correlação conduz a uma associação entre a toxicidade e a presença de partículas finas no sedimento.

Vários autores, citados por VEVEY e outros (1993), têm demonstrado uma estreita correlação entre a concentração Co, Cu, Ni, Ag, As, Fe, Mn e Hg, e as partículas finas do sedimento. Segundo STEMMER e outros (1990), tem sido encontrada uma relação entre partículas finas do sedimento (argila e silte) e toxicidade do sedimento tem sido demonstrada.

### **Considerações finais sobre a toxicidade das águas e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí**

Com relação à toxicidade das águas superficiais para *Daphnia similis* e/ou para *Ceriodaphnia dubia*, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que as estações de coleta cujas amostras apresentaram efeitos adversos para a sobrevivência e reprodução encontram-se na sub-bacia do arroio do Conde (estações 2, 4 e 6) e na sub-bacia do arroio dos Ratos (estação 7) (Apêndice 5).

De fato, a análise de agrupamento das estações de coleta com relação à toxicidade das águas superficiais para *D. similis* e *C. dubia* (Figura 4) mostra que as estações 2, 7 e 6 tendem a constituir um grupo, sendo que a estação 4 é isolada das demais.

Quanto à toxicidade dos sedimentos para *Ceriodaphnia dubia*, verifica-se que as estações com amostras de pior qualidade encontram-se na sub-bacia do arroio do Conde (estações 2 e 4) (Figura 8).

Também neste caso a análise de agrupamento está de acordo (Figura 5), indicando que, segundo a toxicidade dos sedimentos para *C. dubia*, as estações 2 e 4 tendem a formar grupos isolados das demais.

A não observância de toxicidade dos sedimentos em outros locais onde esta poderia ser esperada, como por exemplo na sub-bacia do arroio dos Ratos, pode estar relacionada ao fato dos testes terem sido realizados com amostras das camadas mais superficiais do sedimento (podendo estar associado ao tipo de coletor utilizado).

Para BURTON (1991), as camadas superficiais do sedimento constituem um bom indicativo de atividades recentes na bacia hidrográfica. São as camadas mais profundas dos sedimentos no entanto, que acumulam os dados históricos de contaminação. Estas camadas são mais permanentes no local e não participam ativamente das trocas entre sedimento e água, embora possam ser reintroduzidas a porção ativa do sedimento após uma severa chuva, por exemplo, ou outros fatores hidrogeológicos.

Pelo fato de a contaminação na sub-bacia do arroio dos Ratos apresentar uma característica histórica de mineração antiga, a realização de testes de toxicidade com camadas mais profundas dos sedimentos talvez pudesse gerar informações mais completas.

## **Análise do zooplâncton**

A riqueza encontrada para a região estudada está de acordo com o observado para rios em geral. Segundo WINNER (1975), os rotíferos, cladóceros e copépodos são membros dominantes em comunidades zooplancctônicas de sistemas fluviais.

As dez estações de amostragem, de forma geral, apresentaram baixa riqueza de taxa identificados. Em relação a sub-bacia do arroio do Conde observa-se que a estação de coleta 4 apresentou o menor número de taxa, o qual foi igual a 2. As estações 1 e 3 também apresentaram baixa diversidade com 4 e 3 taxa, respectivamente. A riqueza foi maior nas estações 2, 5 e 6 onde o número de taxa encontrado foi de 8, 13 e 9, respectivamente. Nas estações amostrais situadas na sub-bacia do arroio dos Ratos a riqueza foi maior para a estação 7 onde foram identificados 6 taxa. A estação de coleta 8 apresentou 5 taxa. Para a sub-bacia do Arroio da Porteira foi encontrado o mesmo número de 8 taxa para as estações de coleta 9 e 10.

## **CONCLUSÕES**

- As águas superficiais da Sub-bacia do arroio do Conde e da sub-bacia do arroio dos Ratos apresentaram efeitos tóxicos agudos para *Daphnia similis*.

– Na sub-bacia do arroio do Conde foram observados efeitos tóxicos agudos para *Ceriodaphnia dubia*.

– Uma das principais variáveis a influenciar na toxicidade aguda foi o pH das águas superficiais, tanto na Sub-bacia do arroio do Conde quanto na sub-bacia do arroio dos Ratos.

– As águas superficiais das sub-bacias do arroio do Conde, do arroio da Porteira e do arroio dos Ratos, não apresentaram efeitos crônicos para o crescimento individual de *Ceriodaphnia dubia*.

– As águas superficiais das sub-bacias do arroio do Conde, do arroio da Porteira e do Arroio dos Ratos, apresentaram efeitos crônicos para a reprodução de *Ceriodaphnia dubia* em um dos testes realizados, este efeito provavelmente está relacionado às altas taxas de precipitação observadas antes e durante a coleta das amostras.

– Os sedimentos da sub-bacia do arroio do Conde apresentaram efeitos tóxicos agudos e crônicos (reprodução) para *Ceriodaphnia dubia*. O efeito agudo deve-se, provavelmente, à influência do baixo pH e o efeito crônico está, provavelmente, associada à presença de partículas finas no sedimento.

## Sugestões

### Em relação ao projeto:

– Dar continuidade ao monitoramento da região, de modo a aprofundar os conhecimentos dos danos ambientais provocados pelas atividades ligadas a exploração do carvão.

### Em relação ao subprojeto:

– Dar continuidade ao monitoramento através dos testes de toxicidade;

– Realizar testes com amostras de camadas mais profundas dos sedimentos da sub-bacia do arroio dos Ratos para a avaliação da toxicidade, de modo a obter informações sobre as atividades passadas ligadas a exploração do carvão;

– Aprofundar os estudos sobre a estrutura da comunidade zooplancônica com relação a composição de espécies e distribuição horizontal, de modo a identificar possíveis alterações em função das atividades ligadas à exploração do carvão, procurando relacionar com os resultados obtidos com os testes de toxicidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, T. W. *An introduction to multivariate statistical analysis*. Canadá: John Wiley & Sons, 1958. p.243.
- ARAÚJO, P. R. P. Biomonitoramento da qualidade da água do Guandu e do Paraíba. *Revista FEE-MA*, Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Rio de Janeiro, v.4, n.18. p.22-25, 1995.
- ASTM. Standard guide for conducting sediment toxicity tests with freshwater invertebrates. *ASTM E 1383-90*, 1991. 20p

- BARNES, R. D. *Zoologia de invertebrados*. 4.ed. São Paulo: Roca, 1984. 1179p.
- BELANGER, S. E.; CHERRY, D. S. Interacting effects of pH acclimation, pH, and heavy metals on acute and chronic toxicity to *Ceriodaphnia dubia* (Cladocera). *J. Crust. Bio.*, v.10, n.2, p.225-235, 1990.
- BOHRER, M. B. C. *Estudo das populações de Cladocera na lagoa Emboaba, Tramandai, RS. (Crustacea; Branchiopoda)*. Porto Alegre, 1985. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Ecologia/UFRGS. 170p.
- BOHRER, M. B. C. *Biomonitoramento das lagoas de tratamento terciário do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais (SITEL) do Pólo Petroquímico do Sul, Triunfo, RS, através da comunidade de zooplânctônica*. 1995. São Paulo, 1995. Tese de Doutorado - Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais/ UFSCar. 469p.
- BOUDOUD, A.; RIBEYRE, F. *Aquatic ecotoxicology: fundamental concepts and methodologies*. Flórida: Alain Boudou & Francis Ribeyre Eds., 1989. v.1, cap. 3, p.35-75.
- BURTON JR, G. A.; MACPHERSON, C. Sediment toxicity testing issues and methods. In: HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON JR, G.A.; CAIRNS JR, J. (Eds.) *Handbook of ecotoxicology*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1994. (In press.)
- BURTON JR, G. A.; SCOTT, K. J. Sediment Toxicity evaluations. Their niche in ecological assessments. *Environm. Sci. Technol.*, v.26, p.2068-2075. 1992.
- BURTON JR, A. G., Assessing the Toxicity of Freshwater Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.10, p. 1585-1627, 1991.
- CETESB. *Água - teste de toxicidade aguda com Daphnia similis Claus, 1876 (Cladocera, Crustacea)*. São Paulo: CETESB, 1991a. 28p. Norma Técnica L5 018.
- CETESB. *Água - avaliação de toxicidade crônica utilizando Ceriodaphnia dubia Richard, 1894 (Cladocera, Crustacea)*. São Paulo: CETESB. 1991b. 25p. Norma Técnica L5 022.
- CHANDINI, T. Effects of chronic acid stress on the survivorship, growth and reproduction of *Daphnia carinata* (Daphniidae) and *Echinisca triscerialis* (Macrothricidae) (Crustacea: Cladocera). *Ecophysiology of Acid Stress in Aquatic Organisms*. Witters, H., Vanderborght, O. Eds. v.17, n.1, p.89-103, 1987.
- CHAPMAN, D. V. *Concepts and strategies for biological monitoring*. London: GEMS Monitoring and Assessment Research Center, 1989. 25p.
- COWGILL, U. M.; MILAZZO, D. P. Demographic effects of salinity, water hardness and carbonate alkalinity on *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*. *Arch. Hydrobiol.*, v.122, n.1, p.33-56, 1991.
- COWGILL, U. M.; MILAZZO, D. P. The sensitivity of two cladocerans to water quality variables: salinity and hardness. *Arch. Hydrobiol.*, v.120, n.2 p.185-196, 1990.
- ELDER, J. F. Applicability of ambient toxicity to national or regional water-quality assessment. *US Geological Survey Circular*. I.R.C. 1049, 1990. 49p.
- EPA. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. 4.ed. Washington, D.C.: EPA. 1991. EPA - 600/4 - 90/027. 293p.
- EPA. US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms, 2.ed. Cincinnati, OH: EPA, 1989. EPA-600/4-89/001. 250p.
- FONSECA, A. L. *A biologia das espécies Daphnia laevis, Ceriodaphnia dubia silvestris (Crustacea, Cladocera)*

- e *Poecilia reticulata* (Pisces, Poeciliidae) e o comportamento destes em testes de toxicidade aquática com efluentes industriais. São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos/ UFSCar. 210p.
- FOWLER, H. G.; AGUIAR, A. M. A integração da teoria ecológica na análise ambiental. In: TAUKE, S. M.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. (Orgs.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo, 1991. p.133-141.
- GULLEY D. D.; BOELTER, A. M.; BERGMAN, H. L. TOXSTAT 3.3. Computer Program, 1991.
- IBAMA. *Manual de testes para avaliação da ecotoxicidade de agentes químicos*. Brasília: Secretaria Especial do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis., 1989. 210p.
- LEGENDER, L.; LEGENDER, P. *Numerical ecology*. Amsterdam: Elsevier Scientific Publish, 1983. 419p. (Developments in environmental modelling, 3)
- LUDWIG, J. A.; REINOLDS, J. F. *Statistical ecology - a primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons, 1988. 337p.
- NACIOROWSKI, A. F.; LITTLE, L. W.; RAYNOR, L. F. Bioassays- procedures and results. *Journal WPCF*, v.54, n.6. p.830-848, 1982.
- PEDROZO, C. S. *Biomonitoramento do efluente final líquido da Refinaria de Petróleo Alberto Pasqualini, Canoas, R.S. Através de testes de toxicidade com Daphnia similis (Cladocera: Crustacea)*. Porto Alegre, 1995. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Biociências. Instituto de Biociências/ PUC. p.162.
- POSSOLI, S. Análise multivariada. *Cadernos de Matemática e Estatística*. Série B. Trabalho de Apoio Didático. Instituto de Matemática/UFRGS, n.10, 1982. 88p.
- RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. *Fundamentals of aquatic toxicology*. Hemisphere Publishing Corporation, 1985. 666p.
- RIOS, L.; CALIJURI, M. C. A Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão: uma proposta de ordenação das sub-bacias através de variáveis limnológicas. *Acta Limnológica Brasiliensia*, v.7, p.151-161, 1995.
- SASSON-BRICKSON, G.; BURTON JR, G. A. In situ and laboratory sediment toxicity testing with *Ceriodaphnia dubia*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.10, p.201-207, 1991.
- SMIRNOV, N. N. Crustacea: Chydoridae. *Jerusalém, Israel Program for Scientific Translations* (Fauna of the U.S.S.R.: New Series, n.101), v.1, n.2, p.644, 1974.
- SOUTHWOOD, T. R. E. *Ecological methods with particular reference to the study of insecta populations*. London: Methuen, 1968. p.322
- STEMMER, B. L.; BURTON JR, G. A.; SASSON-BRICKSON, G. Effect of sediment spatial variance and collection method on cladoceran toxicity and indigenous microbial activity determinations. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.9, p:1035-1044, 1990.
- UTZ, L. R. *Avaliação da toxicidade aguda e crônica de acetato e cloreto de potássio para Daphnia similis e Ceriodaphnia dubia (Crustacea, Cladocera) com fins a sua utilização em fluidos de perfuração de poços de petróleo e determinação da faixa de sensibilidade de cloreto de sódio para Daphnia similis Claus, 1876*. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Bacharelado - Departamento de Zoologia/UFRGS. p.98.
- VEVEY E.; BITTON, G.; ROSSEL, D.; RAMOS, L. D.; MUNGUÍA GUERRERO, L.; TARRADELLAS, J. Concentration and bioavailability of heavy metals in sediments in lake Yojoa (Honduras). *Bull. Environ. Contam. and Toxicology*, p.253-259, 1993.
- WETZEL, R. G. *Limnology*. 2.ed. Saunders College Publishing, 1983. p.767.

- WINNER, J. M. Zooplankton. In WHITTON, R.A. (Ed.) *River ecology*. England: Blackwell Scientific Publications, 1975. Cap.7, p.155-169.
- ZAMBONI, A. J. *Avaliação da qualidade de água e sedimentos do canal de São Sebastião através de testes de toxicidade com Lytechinus variegatus (Echinodermata: Echinoidea)*. São Paulo, 1993. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade Federal de São Paulo. 101p.

# ANEXOS

**Tabela 1**

Resultados dos testes de toxicidade aguda com amostras de água superficial da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí para *Daphnia similis*. Legenda: A = sem ajuste de pH; B = com ajuste de pH; T = Tóxico; IT = Indícios de toxicidade; NT = Não Tóxico; — = não analisado.

Estação de coleta	Condição da amostra	Teste de toxicidade aguda n*:			
		1	2	3	4
1	A	NT	NT	NT	NT
	B	-	-	-	-
2	A	NT	T	T	T
	B	-	NT	IT	NT
3	A	NT	NT	NT	NT
	B	-	-	-	-
4	A	T	T	T	T
	B	NT	NT	NT	NT
5	A	NT	NT	IT	IT
	B	-	-	-	-
6	A	T	T	-	-
	B	NT	NT	-	-
7	A	T	IT	T	T
	B	T	-	-	NT
8	A	NT	NT	NT	NT
	B	-	-	-	-
9	A	IT	IT	IT	IT
	B	-	-	-	-
10	A	NT	NT	IT	NT
	B	-	-	-	-

**Tabela 2**

Resultado do Teste de Bonferroni mostrando a comparação dos resultados de reprodução obtidos para cada estação em relação ao obtido para o controle com amostras de água superficial da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí (Teste n° 4).

Identificação	Média	T calc.
Controle	20,5	
E1	7,1	4,58*
E2	5,9	4,98*
E3	1,9	6,35*
E5	10,4	3,45*
E7	2,9	6,01*
E8	10,3	3,38*
E9	11,5	3,07*
E10	5,0	5,29*

Valor de T tabulado = 2,56

Obs: os organismos expostos à amostra da estação 4 não geraram filhotes.

\* Indica diferença significativa

**Tabela 3**

Resultado do Teste de Bonferroni mostrando a comparação dos resultados de reprodução obtidos para cada estação em relação ao obtido para o controle com amostras de sedimento da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí (Teste único).

Identificação	Média	T calc.
Controle	15,9	
E1	19,6	-1,48
E2	7,1	3,61*
E3	10,8	2,05
E5	21,7	-2,37
E6	28,2	-5,19
E7	12,9	1,27
E8	24,4	-3,59
E9	19,9	-1,64
E10	13,8	0,87

Valor de T tabulado = 2,60

Obs: os organismos expostos à amostra da estação 4 morreram antes do segundo dia de teste, não gerando filhotes.

\* Indica diferença significativa

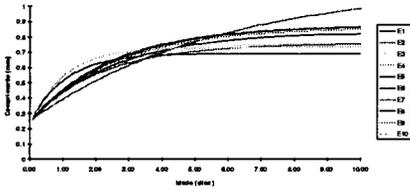
Tabela 4

DISTRIBUIÇÃO HORIZONTAL DA COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA  
 AMOSTRADA EM OUTUBRO DE 1994 NAS 10 ESTAÇÕES DE COLETA  
 SITUADAS NA REGIÃO DE ESTUDO.

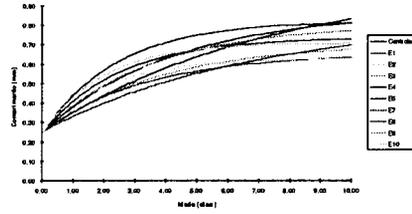
Taxa	Estações de Coleta									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Rotifera</i>	X					X	X	X	X	X
<i>Bosminaopsis sp.</i>		X			X	X				
Chydoridae	X	X	X		X	X	X		X	X
<i>Daphnia sp.</i>					X			X		
<i>Ceriodaphnia sp.</i>					X					
<i>Macrothrix sp.</i>					X	X	X	X	X	X
<i>Ilyocystus spinifer</i>					X		X		X	X
<i>Simcephalus secrularius</i>					X				X	X
Calanoida					X					
Harpacticoida		X	X		X					
Cyclopoida	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Acarina		X			X	X			X	X
Oligochaeta		X								
Nematoda						X				
Larvas de insecta	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Náuplios		X			X	X				

# Águas superficiais

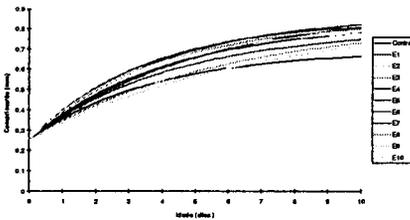
Teste 1



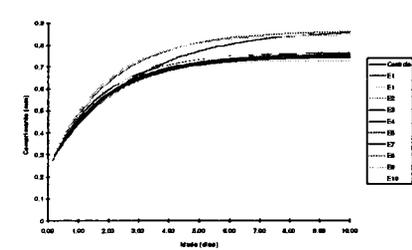
Teste 4



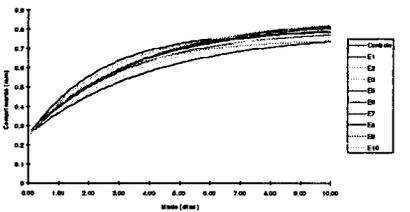
Teste 2



Teste 5



Teste 3



Teste Único

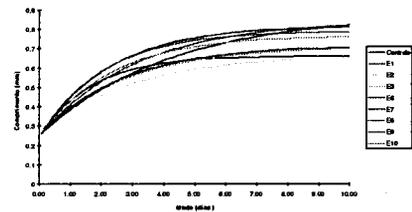
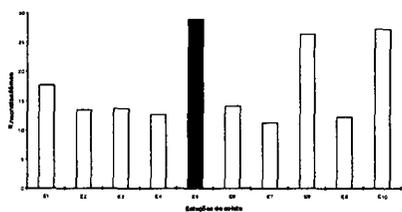


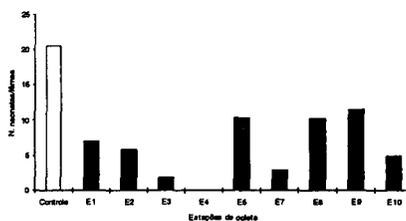
Figura 1. Crescimento individual de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

# Águas superficiais

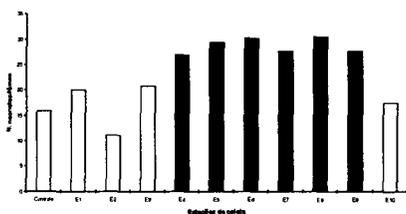
Teste 1



Teste 4

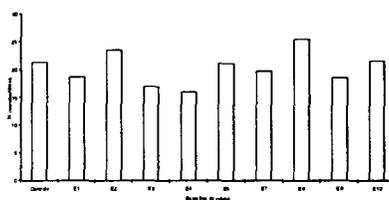


Teste 2

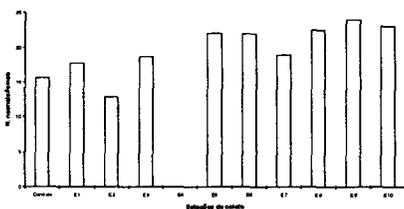


Teste 5

Sedimentos



Teste 3



Teste Único

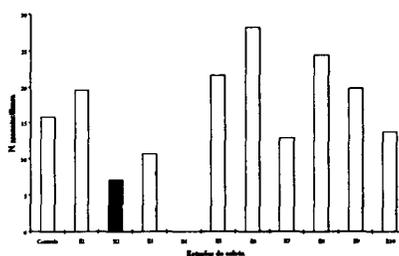
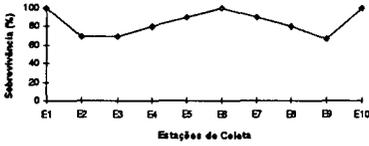


Figura 2. Reprodução (nº de neonatas/fêmea) de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

# Águas superficiais

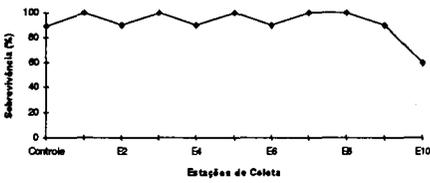
Teste 1



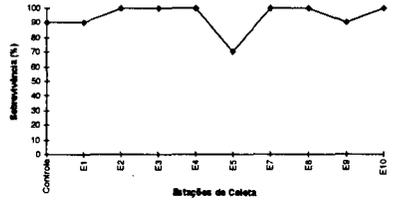
Teste 4



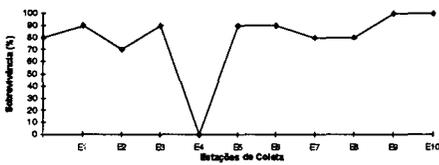
Teste 2



Teste 5



Teste 3



Teste Único

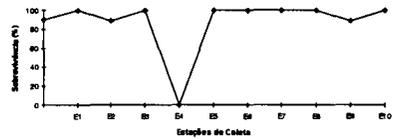


Figura 3. Sobrevivência (% de sobreviventes) de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

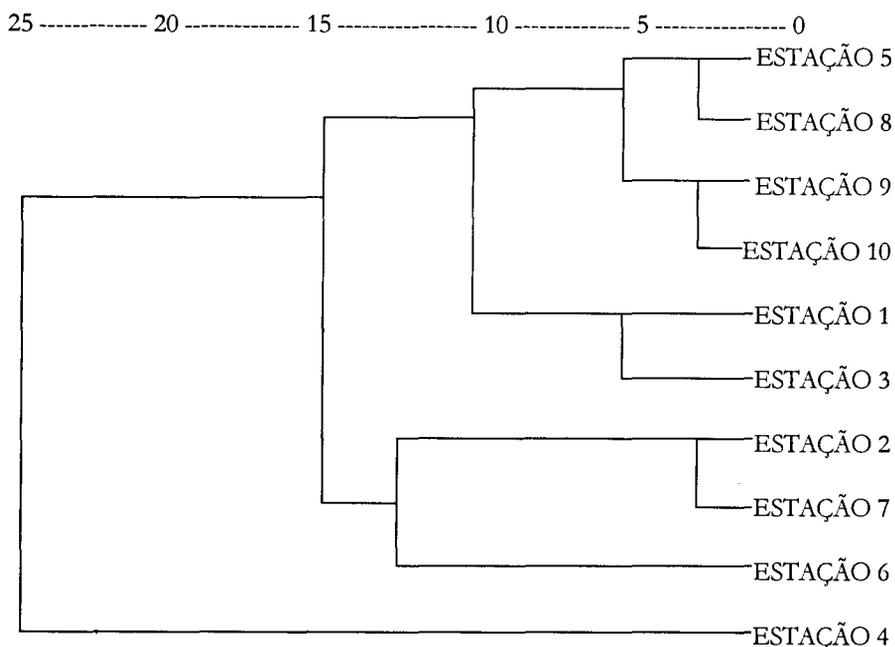


Figura 4. Sobrevivência (% de sobreviventes) de *Ceriodaphnia dubia* nas águas superficiais e sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

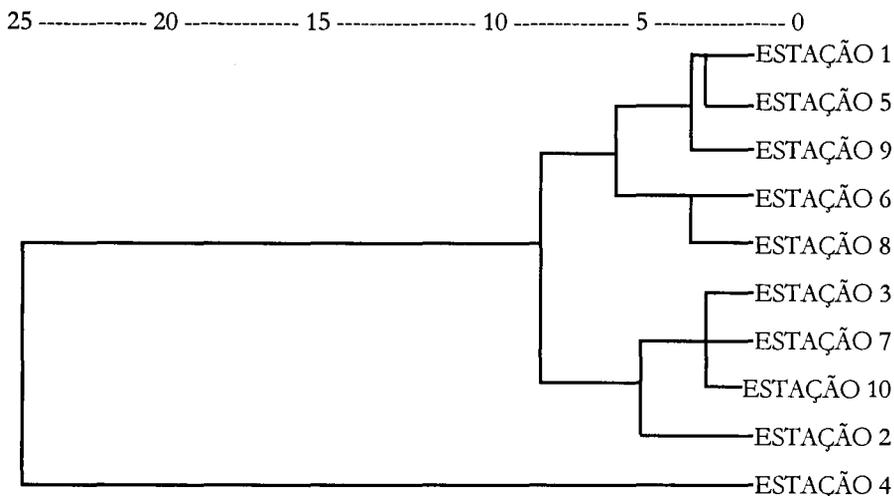


Figura 5. Dendrograma da similaridade das respostas obtidas no teste de toxicidade com sedimentos entre as estações de coleta da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

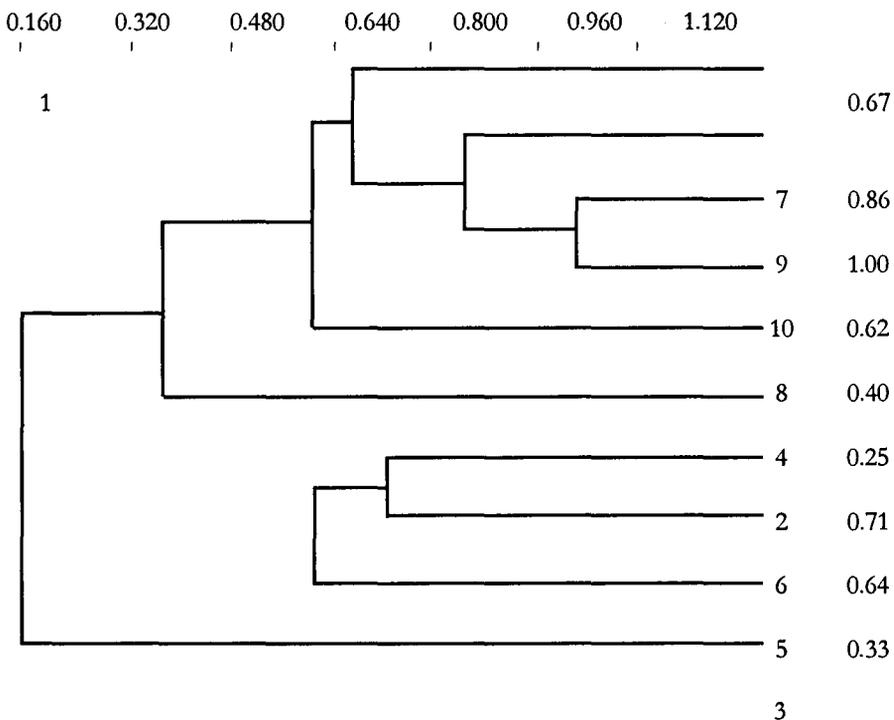
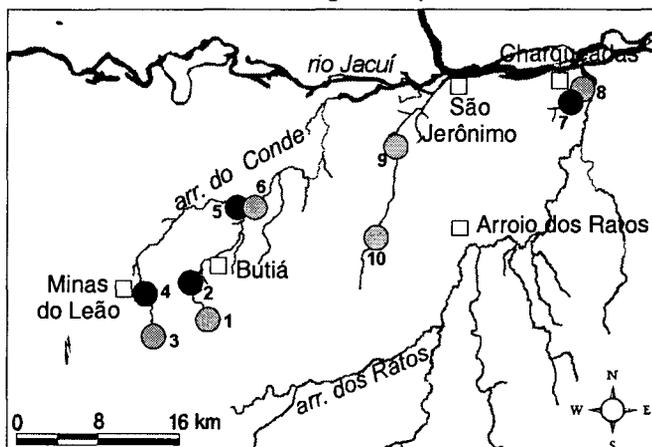


Figura 6. Dendrograma da similaridade das respostas obtidas no teste de toxicidade com sedimentos entre as estações de coleta da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

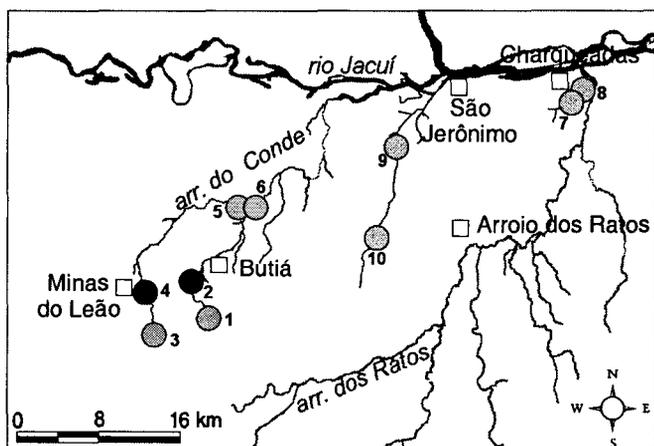
### Toxicidade de águas superficiais



- Toxicidade aguda e/ou crônica dos sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

Obs: as linhas representam as drenagens, os círculos cinza e pretos correspondem, respectivamente, às estações de coleta cujos sedimentos não causaram ou causaram toxicidade para *Ceriodaphnia dubia*.

### Toxicidade dos sedimentos



- Toxicidade aguda e/ou crônica dos sedimentos da Microrregião Carbonífera do Baixo Jacuí.

Obs: as linhas representam as drenagens, os círculos cinza e pretos correspondem, respectivamente, às estações de coleta cujos sedimentos não causaram ou causaram toxicidade para *Ceriodaphnia dubia*.

## Anexo 1

Coefficientes de correlação de Pearson ( $r$ ) significativos entre as variáveis-resposta (toxicidade aguda para *Daphnia similis*, crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e variáveis físicas e químicas, das amostras de água superficial provenientes da sub-bacia do Arroio do Conde (estações 1 a 6) ao longo das 5 campanhas a campo.

Variáveis	Variáveis resposta			
	Tox. ag.	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
Físicas e químicas				
Al	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Alcalinidade	-0,7479	n.s.	n.s.	n.s.
Amônia	0,4766	-0,7074	n.s.	-0,7563
As	n.s.	n.s.	0,4780	n.s.
Bact. totais	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ca	0,4633	n.s.	n.s.	n.s.
Cd	n.s.	n.s.	0,4531	n.s.
Cloretos	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Condutividade	0,4743	-0,6403	n.s.	-0,7183
Cr	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DBO5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DQO	-0,7172	n.s.	n.s.	n.s.
Dureza	n.s.	-0,5839	n.s.	-0,6706
Fe	0,4308	-0,5454	-0,5602	-0,5515
Fenóis	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fosfato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Hg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K	0,5663	n.s.	n.s.	n.s.
Mg	0,6522	n.s.	n.s.	n.s.
Mn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N total	n.s.	n.s.	0,5212	n.s.
Na	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ni	n.s.	-0,4469	-0,5402	-0,4213
Nitrato	n.s.	-0,6188	n.s.	-0,5635
Nitrito	n.s.	-0,7134	n.s.	-0,7777
Oxigênio	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P total	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Pb	-0,4143	n.s.	n.s.	n.s.
pH	-0,8455	0,4859	n.s.	0,5625
Sólidos dissol.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Se	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos sedim.	0,4902	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos susp.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	-0,7257	n.s.	-0,8026
Temperatura	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Transparência	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Turbidez	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	0,7539	n.s.	n.s.	n.s.

Significância Estatística ( $p < 0,05$ )

n.s. = correlações não significativas

### Anexo 1 (continuação)

Coefficientes de correlação de Spearman significativos entre as variáveis-resposta (toxicidade aguda para *Daphnia similis*, crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e variáveis físicas e químicas, das amostras de água superficial provenientes da sub-bacia do Arroio dos Ratos (estações 7 e 8) ao longo das 5 campanhas a campo.

Variáveis físicas e químicas	Variáveis resposta			
	Tox. ag	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
Al	n.s.	n.s.	n.s.	0,7059
Alcalinidade	-0,8852	0,8283	0,5706	n.s.
Amônia	n.s.	n.s.	-0,7075	n.s.
As	n.s.	n.s.	0,7523	0,7344
Bact. totais	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
@Ca	0,8502	-0,9207	n.s.	n.s.
Cd	n.s.	0,6342	0,7561	0,7322
Cloretos	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Condutividade	0,7984	n.s.	n.s.	n.s.
Cr	n.s.	n.s.	0,7152	0,7872
Cu	n.s.	n.s.	-0,6994	-0,7699
DBO5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DQO	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dureza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fe	n.s.	n.s.	-0,7660	-0,7299
Fenóis	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fosfato	n.s.	0,9000	1,0000	n.s.
Hg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K	n.s.	n.s.	0,6464	n.s.
Mg	n.s.	n.s.	-0,7538	-0,7957
Mn	n.s.	n.s.	-0,7447	-0,8256
N total	n.s.	n.s.	0,8286	n.s.
Na	n.s.	n.s.	-0,6896	-0,6708
Ni	n.s.	n.s.	-0,6378	-0,7914
Nitrato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrito	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Oxigênio	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P total	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Pb	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pH	-0,8452	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos dissol.	n.s.	0,8857	n.s.	n.s.
Se	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos sedim.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos susp.	n.s.	0,7714	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	-0,8333	n.s.	n.s.
Temperatura	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Transparência	0,8739	-0,8117	n.s.	n.s.
Turbidez	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	n.s.	-0,6278	n.s.	n.s.

Significância Estatística ( $p < 0,05$ )

n.s. = correlações não significativas

### Anexo 1 (continuação)

Coefficientes de correlação de Spearman significativos entre as variáveis-resposta (toxicidade aguda para *Daphnia similis*, crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e variáveis físicas e químicas, das amostras de água superficial provenientes da sub-bacia do Arroio da Porteira (estações 9 e 10) ao longo das 5 campanhas a campo.

Variáveis	Variáveis resposta			
	Tox. ag.	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
físicas e químicas				
Al	n.s.	0,7095	n.s.	n.s.
Alcalinidade	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Amônia	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
As	n.s.	0,8051	n.s.	n.s.
Bact. totais	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ca	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cd	n.s.	0,7134	n.s.	n.s.
Cloretos	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Condutividade	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cr	n.s.	0,7191	n.s.	n.s.
Cu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DBO5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
DQO	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Dureza	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fe	n.s.	0,7052	n.s.	n.s.
Fenóis	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fosfato	n.s.	n.s.	0,9276	n.s.
Hg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K	n.s.	0,7642	n.s.	n.s.
Mg	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mn	n.s.	-0,7056	n.s.	n.s.
N total	n.s.	n.s.	0,8197	n.s.
Na	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ni	n.s.	-0,7842	n.s.	n.s.
Nitrato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nitrito	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Oxigênio	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P total	n.s.	n.s.	1,0000	n.s.
Pb	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
pH	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos dissol.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Se	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos sedim.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sólidos susp.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Sulfato	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Temperatura	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Transparência	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Turbidez	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Zn	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Significância Estatística ( $p < 0,05$ )

n.s. = correlações não significativas

## Anexo 2

Coefficientes de correlação de Spearman significativos entre as variáveis-resposta (crescimento, reprodução e sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*) e as variáveis físicas e químicas analisadas nas amostras de sedimento provenientes da sub-bacia do Arroio do Conde (estações 1 a 6).

Variáveis	Variáveis resposta		
	Cresc.	Fecund.	Sobrev.
físicas e químicas			
pH	n. s.	n. s.	n. s.
Condutividade	n. s.	n. s.	n. s.
Ca	n. s.	n. s.	n. s.
Mg	n. s.	n. s.	n. s.
Na	n. s.	n. s.	n. s.
K	n. s.	n. s.	n. s.
Fe	n. s.	n. s.	n. s.
Mn	n. s.	n. s.	n. s.
Al	n. s.	n. s.	n. s.
Cu	n. s.	n. s.	n. s.
Cr	n. s.	n. s.	n. s.
As	n. s.	n. s.	n. s.
Se	n. s.	n. s.	n. s.
Hg	n. s.	n. s.	n. s.
Ni	n. s.	n. s.	n. s.
Pb	n. s.	n. s.	n. s.
Cd	n. s.	n. s.	n. s.
Zn	n. s.	n. s.	n. s.
Matéria orgânica (%)	n. s.	n. s.	n. s.
Grânulo (2,000 - 4,000 mm)	n. s.	n. s.	
Areia muito grossa (1,000 - 2,000 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia grossa (0,500 - 1,000 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia média (0,250 - 0,500 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia fina (0,125 - 0,250 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Areia muito fina (0,062 - 0,125 mm)	n. s.	n. s.	n. s.
Silte (0,004 - 0,062 mm)	-0,8452	-0,8452	-1,0000
Argila (<0,004 mm)	n. s.	n. s.	n. s.

Significância Estatística ( $p < 0,05$ )

n. s. = correlação não significativa

# AVALIAÇÃO DA FAUNA BENTÔNICA EM AMBIENTE AQUÁTICO

Cristiane Maria Weirich Almada  
Norma Luiza Würdig

## INTRODUÇÃO

O projeto PADCT-CIAMB “Energia e meio ambiente: A questão do carvão no Rio Grande do Sul” tem como objetivo de pesquisa conhecer os efeitos ambientais da exploração do carvão na região de Butiá, Arroio dos Ratos, Charqueadas e São Jerônimo sobre a comunidade de invertebrados bentônicos ali estabelecida.

Os corpos de água constituem o meio receptor final dos impactos sofridos no ambiente. Esses impactos são detectados em vários níveis que vão desde alterações hidrológicas até mudanças profundas na qualidade química com reflexos na biota. Além da parte química, os sedimentos de fundo recebem, por precipitação, grande parte da carga poluente com modificações tanto na natureza física como de composição química.

A avaliação da fauna macrobentônica que habita este compartimento é fundamental para uma estimativa do grau de poluição aquática. Modificações na estrutura da biocenose pode constituir um diagnóstico de ambientes poluídos ou estressados que pode ser estabelecido pela comparação entre locais com e sem influência de poluição. A estrutura biológica depende da qualidade da água, do substrato de fundo e da intensidade da poluição.

Coletas bimestrais permitiram a comparação da densidade e estrutura das populações, propiciando a observação das classes que se substituem, em função de diferentes fatores, como por exemplo: tipos de substratos, sazonalidade e pH.

O sub-projeto Avaliação da fauna bentônica em ambiente aquático da região carbonífera central do estado tem como objetivos gerais:

- avaliar a composição das comunidades bentônicas em função dos níveis de contaminação dos corpos de água com efluentes de carvão;
- estabelecer as alterações das comunidades evidenciando a possibilidade de eleger unidades taxonômicas para bioindicação;

– buscar índices de qualidade baseados nos resultados, confrontando com outros índices determinados por outras atividades de avaliação do meio hídrico.

O estudo do compartimento bentônico fornece indicativos de grande valia para a avaliação dos impactos. Estas mudanças ambientais causadas pela exploração do carvão produzem modificações estruturais e funcionais nas comunidades e organismos.

A integração das propriedades do meio líquido, do sedimento de fundo e dos organismos aquáticos fornece respostas importantes sobre as implicações dos subprodutos da atividade carbonífera sobre o meio físico e biológico.

Justifica esta pesquisa a ausência de estudos que determinem características básicas da qualidade do sistema hídrico, avaliando as alterações produzidas pela atividade carbonífera nas variáveis ambientais e as repercussões desse impacto sobre as comunidades aquáticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens da região carbonífera de Arroio dos Ratos, Charqueadas, Butiá e São Jerônimo, foram feitas bimestralmente entre setembro de 1993 e setembro de 1994.

As amostras de bentos foram tomadas com busca-fundo do tipo *mud snapper* com área de abertura de 0,04 m<sup>2</sup>, estimando-se os indivíduos por metros quadrados. Em cada uma das dez estações de coleta foram realizadas três amostragens, totalizando trinta amostras em cada mês de coleta e 180 amostras no total deste projeto. Nas três primeiras coletas, setembro e novembro de 1993 e janeiro de 1994, foram realizadas também amostras qualitativas, utilizando-se uma rede manual, com abertura de 25 X 25 cm e malha de 0,63 mm.

Em laboratório, as amostras coletadas foram lavadas em peneiras em malha de 1,65 mm e 0,63 mm. Após este processo, as amostras foram acondicionadas em vidros e fixadas em álcool 70% para posterior triagem. A triagem foi realizada sob estereomicroscópio da marca ZEISS. Os organismos encontrados foram fixados em álcool 70%. A classificação dos espécimes foi feita em nível de gênero, apenas os taxa OLIGOCHAETA, NEMATODA e CLADOCERA foram mantidos em grande grupo, pela dificuldade de classificação, tendo em vista o tempo disponível.

### Área de estudo

A área de estudo é definida por quatro cartas na escala 1:50.000, do Serviço Geográfico do Exército (Taquari, São Jerônimo, Butiá, Arroio dos Ratos) compreendida entre 51 30' WGr e 52 00' WGr; 29 45' S e 30 15' S. Fazendo parte da depressão periférica, essa unidade de relevo ocupa o setor central do Estado, onde ocorre intensa exploração do carvão e caracteriza-se por possuir áreas alagáveis, agricultura diversificada, reflorestamento e núcleos de urbanização.

Esta área contém todos os elementos ligados à exploração e uso do carvão. A mineração esta representada por minas superficiais e de profundidade, o beneficiamento

compreende estações de lavagem e pátios de estocagem a céu aberto, a usinagem é feita por uma termoelétrica de 72 MW/h e uma siderúrgica. A deposição de cinzas e rejeitos é feita em áreas próximas a mineração.

Na área de estudo existem quatro centros urbanos: Butiá, Arroio dos Ratos, São Jerônimo e Charqueadas. Apresentam uma população rural dispersa ou aglomerada em pequenas vilas, cuja atividade se concentra, basicamente, no setor primário, embora haja um razoável contingente de operários ligados ao setor carbonífero.

As amostras para o estudo de animais bentônicos foram colhidas em dez estações distintas da região carbonífera de Arroio dos Ratos, Butiá, Charqueadas e São Jerônimo.

Estação 1, no arroio Martins, a montante da mina do Recreio. Seu acesso se dá por dentro da mina, passando pelos galpões da BUSATTO, cruzando-se a plantação de *Pinus*, à esquerda da estrada.

Estação 2, localiza-se no arroio Martins, a jusante da mina do Recreio, na BR 290 próximo a uma balança desativada desta estrada.

Estação 3, no arroio Taquara, dentro de uma fazenda particular. A estrada de acesso à fazenda é próxima à entrada para minas do Leão, seguindo pela estrada Boa Vista, aproximadamente a 5 km da BR 290.

Estação 4, também no arroio Taquara, sob a uma ponte na BR 290, próximo ao acesso para Minas do Leão.

Estação 5, no arroio do Conde, a jusante da ponte na estrada de acesso ao campo de instrução do Exército. Sua entrada se dá pela cidade de Butiá.

Estação 6, também no Arroio do Conde, a montante da ponte da estação 5, acima da confluência dos dois arroios.

Estação 7, bacia do arroio dos Ratos, valo sob a estrada à esquerda, passando da Penitenciária de Segurança Máxima de Charqueadas, aproximadamente a 2 km da estrada para Charqueadas.

Estação 8, arroio dos Ratos, na ponte sobre a estrada para Charqueadas.

Estação 9, no arroio da Porteira, à esquerda da ponte.

Estação 10, também localiza-se no arroio da Porteira dentro de uma fazenda particular. Seu acesso se dá por Mata Burros, adiante da estrada para Arroio dos Ratos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta primeira fase de trabalho foram realizadas coletas bimestrais em dez estações diferentes. Em cada uma das estações realizou-se três amostragens totalizando 30 amostras por mês de coleta e 180 amostras no total do primeiro ano de trabalho de campo.

Durante a análise dos resultados obtidos, notou-se que não existe uma estação efetiva de controle nos pontos de coleta. Deveria-se ter uma estação de coleta mais afastada das "manchas" de carvão presentes nesta área, para que fossem estabelecidas comparações entre locais com e sem influência de poluição.

A coleta realizada em setembro de 1993 (Tabela 2) foi realizada como coleta piloto. Esta coleta permitiu avaliar preliminarmente a estrutura da fauna macrobêntica

encontrada na região. As estações 4, no arroio Taquara, e 7, na bacia do arroio dos Ratos (Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7), são as que apresentaram menores valores de pH, variando de 2,62 a 4,90 e 2,71 a 5,82, respectivamente (Tabela 1). Estes valores baixos de pH reforçam a baixa frequência de organismos bentônicos na estação 4. Na estação 7, nota-se uma relação entre o aumento de pH e o aumento do número de indivíduos. A sexta coleta realizada em setembro de 1994, teve uma contagem de indivíduos muito reduzida provavelmente pela grande quantidade de chuva ocorrida nesta época (Tabela 7). A análise das tabelas com os dados de coletas permite observar que na entrada da primavera o número de indivíduos tende a aumentar.

Com os dados obtidos durante um ano de coletas bimestrais, não se pode ainda afirmar que as alterações observadas na macrofauna bentônica são devidas à poluição do ambiente ou a variáveis naturais como a sazonalidade.

Os estudos deverão ser continuados para um melhor diagnóstico da situação encontrada neste compartimento da região carbonífera, procurando-se solucionar, inclusive, problemas sistemáticos com a classificação dos vários grupos de invertebrados bentônicos.

## CONCLUSÕES

Foram realizadas coletas bimestrais entre setembro de 1993 e setembro de 1994, em dez estações de coleta fixadas previamente e comuns a todos os sub-projetos do grupo água. As amostras de bentos foram coletadas com busca fundo do tipo "mud snapper", com três repetições em cada estação, estimando-se os indivíduos por metro quadrado.

Considerando o esforço de coleta realizado, com trinta amostras coletadas em cinco meses (Nov. 1993, Jan. 1994, Abr. 1994, Jun. 1994 e Set. 1994) em dez estações de coleta em arroios da região observa-se de um modo geral que:

- A diversidade dos bentos, em nível taxonômico de classes ou famílias, foi baixo, entre 1 e 5;

- A abundância de indivíduos, oscilou entre 16 e 3.699 ind/m<sup>2</sup>;

- Os meses de Nov. 93 e Abr. 94 foram os de maior diversidade (4 a 5 taxa) e abundância de indivíduos (24 a 3.699 ind/m<sup>2</sup>), coincidindo com as estações mais quentes do ano;

- Os meses de Junho 94 e Setembro de 94 apresentaram os menores valores de diversidade (1 a 3 taxa) e abundância (16 a 832 ind/m<sup>2</sup>); coincidindo com os meses mais frios. Cabe citar que durante o mês de junho, na semana que precedeu a coleta ocorreu um período de fortes chuvas. A diversidade encontrada nas 10 estações de coleta foi de apenas 1 taxa, com um máximo de 66 ind/m<sup>2</sup>.

Levando-se em consideração as estações de coleta e os dados quantitativos de bentos não se observa nenhuma tendência clara ou gradiente que identifique pontos com maiores ou menores alterações na sua fauna bentônica. As estações que apresentaram maiores valores de abundância e diversidade ao longo destes meses foram a 10, 1 e 9, seguindo-se das estações 5, 8, 3 e 7.

Comparando os dados encontrados com os valores de pH medidos nas estações, observa-se que os locais 4 e 7 têm valores mais baixos de pH (2,62 a 5,82). De modo geral, estas estações não mostraram nenhuma ou pequena diversidade (1 a 3 taxa) e baixa abundância (33 a 832 ind/m<sup>2</sup>), com exceção do mês de novembro de 1993, que no ponto 7 assinalou pH de 5,82 e 3.699 ind/m<sup>2</sup>.

A análise dos resultados e tendências observadas quanto à fauna bentônica, apontaram a necessidade de coletas com outro tipo de amostrador, mais eficiente na coleta de bentos. Além disso, o ponto de controle (ponto 1) teve baixa abundância de espécies, apontando a necessidade da existência de outra estação que funcionasse como controle para uma melhor comparação entre locais com e sem influência de elementos poluidores. Ainda, a identificação em nível específico dos vários taxa, provavelmente, traria mais elementos para a observação de modificações estruturais da biocenose dos arroios selecionados para estudo.

**Tabela 1**  
pH DA ÁGUA ENCONTRADO NAS DEZ ESTAÇÕES DE COLETA DOS MESES DE SET/93, NOV/93, JAN/94, ABR/94, JUN/94 E SET/94

estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mês										
set/93	6,81	7,20	6,57	4,86	6,10	6,30	3,39	5,37	6,22	6,23
nov/93	6,12	6,58	6,65	3,56	6,38	6,0	5,82	6,50	5,40	6,43
jan/94	6,6	6,59	6,7	3,4	5,5	4,7	4,5	6,38	5,9	6,5
abr/94	5,65	6,35	6,0	2,62	4,96	5,11	2,71	5,86	5,76	5,86
jun/94	6,67	6,12	7,30	4,90	6,17	6,02	3,98	6,62	7,09	7,12
set/94	7,28	6,16	6,16	4,44	5,64	5,64	3,48	6,01	5,97	6,08

**Tabela 2**  
DENSIDADE DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS ENCONTRADOS NAS ESTAÇÕES DE COLETA EM 22/SET/93 (ind/m<sup>3</sup>)

estação.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ind.										
OLIGOCHAETA	224	-	280	-	93	-	93	186	-	-
DECAPODA	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NEMATODA	70	-	-	-	-	-	-	-	466	-
OSTRACODA	252	93	-	-	-	-	-	-	-	-
COPEPODA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BIVALVIA	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASTROPODA	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERA	238	-	1678	-	93	-	-	1024	187	-
HIDRACARINA	182	-	93	-	-	-	-	-	-	-
AMPHIPODA	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INSECTA	322	3448	187	-	280	-	-	-	93	-
TOTAL	1470	3541	2238	0	466	0	93	1192	746	0
Nº TAXONS	10	2	4	0	3	0	1	2	3	0

**Tabela 3**  
**DENSIDADE DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS ENCONTRADOS NAS**  
**DEZ ESTAÇÕES DE COLETA EM 22/NOV/93 (ind/m<sup>3</sup>).**

ind.	estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OLIGOCHAETA		-	-	-	-	300	-	-	100	266	-
NEMATODA		1266	216	1000	1333	1033	466	-	366	-	-
COPEPODACYCLOPOIDA		-	-	-	666	-	266	1600	166	666	1466
L. INSETOCHIRONOMIDAE		266	666	200	-	133	133	1033	600	400	1600
OSTRACODACYPRIDOPSIS		-	-	-	-	-	-	-	-	400	-
CYThERIDELLA		-	-	-	-	133	-	-	-	-	-
CYPRETTA		-	-	-	-	-	-	-	-	532	-
DARWINULLA		66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CLADOCERAESPÉCIE 1		-	-	-	133	-	-	533	-	-	200
HIDRACARINAORIBATIDAE		133	-	66	-	100	66	533	133	-	266
UNIONICOLIDAE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		1731	882	1266	2132	1699	931	3699	1365	2264	3532
Nº TÁXONS		4	2	3	3	5	4	4	5	5	4

**Tabela 4**  
**DENSIDADE DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS ENCONTRADOS**  
**NAS DEZ ESTAÇÕES DE COLETA EM 26/DEZ/93 (ind/m<sup>3</sup>).**

ind.	Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OLIGOCHAETA		100	8	-	-	-	25	-	-	-	-
NEMATODA		600	-	-	100	-	33	47	-	-	333
COPEPODA CYCLOPOIDA		-	-	-	-	-	-	-	-	91	-
L. INSETO CHIRONOMIDAE		133	16	16	-	-	50	66	66	75	400
OSTRACODA CYPRIDOPSIS		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYThERIDELLA		-	-	-	-	-	-	-	8	-	66
CYPRETTA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DARWINULLA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CLADOCERA ESPÉCIE 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HIDRACARINA ORIBATIDAE		133	-	16	-	-	8	-	-	16	133
UNIONICOLIDAE		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL		966	24	32	100	0	116	113	74	182	932
Nº TÁXONS		4	2	2	1	0	4	2	2	3	4

**Tabela 5**  
**DENSIDADE DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS ENCONTRADOS**  
**NAS DEZ ESTAÇÕES DE COLETA EM 19/ABR/94 (ind/m<sup>3</sup>)**

Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ind.										
OLIGOCHAETA	133	-	-	-	300	-	-	66	233	-
NEMATODA	-	-	-	-	-	-	-	133	33	66
COPEPODA CYCLOPOIDA	-	-	-	-	-	66	-	-	-	-
L. INSETO CHIRONOMIDAE	-	-	500	-	100	100	-	133	266	-
OSTRACODA CYPRIDOPSIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYTHRIDELLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYPRETTA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DARWINULLA	266	-	-	-	-	-	-	-	33	-
CLADOCERA ESPÉCIE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HIDRACARINA ORIBATIDAE	-	-	66	-	-	-	33	-	-	-
UNIONICOLIDAE	-	-	66	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	399	0	632	0	400	166	33	332	265	66
Nº TÁXONS	2	0	3	0	2	2	1	3	4	1

**Tabela 6**  
**DENSIDADE DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS ENCONTRADOS**  
**NAS DEZ ESTAÇÕES DE COLETA EM 23/JUN/94 (ind/m<sup>3</sup>)**

Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ind.										
OLIGOCHAETA	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-
NEMATODA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COPEPODA CYCLOPOIDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. INSETO CHIRONOMIDAE	-	-	33	-	-	-	-	-	66	-
OSTRACODA CYPRIDOPSIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYTHRIDELLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYPRETTA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DARWINULLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CLADOCERA ESPÉCIE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HIDRACARINA ORIBATIDAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UNIONICOLIDAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	0	0	33	33	0	0	0	0	66	0
Nº TÁXONS	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0

**Tabela 7**  
**DENSIDADE DOS ORGANISMOS BENTÔNICOS ENCONTRADOS**  
**NAS DEZ ESTAÇÕES DE COLETA EM 12/SET/94 (ind/m<sup>3</sup>)**

Estação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ind.										
OLIGOCHAETA	-	-	-	-	8	-	66	-	-	-
NEMATODA	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-
COPEPODA CYCLOPOIDA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. INSETO CHIRONOMIDAE	-	-	-	-	-	-	733	166	-	400
OSTRACODA CYPRIDOPSIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYTHERIDELLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CYPRETTA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DARWINULLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CLADOCERA ESPÉCIE 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HIDRACARINA ORIBATIDAE	33	-	-	-	-	33	33	-	-	-
UNIONICOLIDAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	33	0	0	0	16	33	832	166	0	400
Nº TÁXONS	1	0	0	0	2	1	3	1	0	1

# **ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS EM AMBIENTES LÓTICOS**

Ana Luiza Burliga Miranda  
Albano Schwarzbald

## **INTRODUÇÃO**

A estrutura da comunidade perifítica (comunidade biótica aderida a substrato, sendo referidas aqui especificamente as microalgas), têm sido muito utilizada como indicadora de qualidade de água (ROUND, 1991; COLLINS e WEBER, 1978), sendo aceito como componente importante na descrição de perturbações naturais ou antropogênicas (ROTT, 1991; SABATER e outros, 1991).

A composição, riqueza específica e densidade são atributos estruturais fundamentais da comunidade biótica e podem refletir características físicas e químicas da água, particularmente o pH (KWANDRANS, 1993; FAIRCHILD e SHERMAN, 1993).

Mudanças em uma ou mais características estruturais podem ser interpretadas como uma evidência de estresse ecológico. Em ambientes ácidos é esperada uma redução na densidade, diversidade e mudança na composição das espécies dominantes (PLANAS, 1996; TURNER e outros, 1991; PLANAS, 1989), com maior representatividade de espécies com elevada tolerância (LAMPKIN III e SOMMERFELD, 1982). ROSA e outros (1987) realizaram estudos com fitoplâncton em sistemas lênticos próximos à área do presente trabalho, encontrando diferenças estruturais entre ambiente ácidos àqueles próximos à neutralidade.

Este trabalho descreve a riqueza específica, a composição e a densidade da comunidade de algas perifíticas e sua relação com variáveis físicas e químicas da água superficial e sedimento em arroios acidificados pela mineração de carvão e sem influência direta desta atividade.

# MATERIAL E MÉTODOS

## Localização das estações de amostragem

As coletas foram realizadas em seis estações de amostragem na área do Projeto PADCT/CIAMB. As descrições da área estão de acordo com MACHADO, 1993:

*Estação 1:* Arroio Martins, a montante da mina do Recreio, município de Butiá;

*Estação 2:* Arroio Martins, a jusante da mineração (mina do Recreio), zona de alto impacto de mineração, com rejeitos, lagos com lavagem, drenagem e aterros com rejeito. Localidade rural e urbana do município de Butiá;

*Estação 3:* Arroio Taquara, a montante da mineração;

*Estação 4:* Arroio Taquara, a jusante da mineração. Zona de alto impacto de mineração, com drenagem, aterros com rejeito e lagos com lavagem. Município de Minas do Leão;

*Estação 7:* Arroio dos Ratos, abaixo da zona de forte impacto. Zona de rejeito, município de Charqueadas;

*Estação 10:* Arroio da Porteira. Área não impactada.

## Análise estrutural do perifiton

Foram realizadas coletas mensais do perifiton entre janeiro e dezembro/1994 em seis estações amostrais, utilizando a macrófita *Leersia hexandra* Schw. (Gramineae) como substrato. Esta espécie é heliófita e seletiva higrófila; possui lâminas foliares de 5-14 cm comprimento até 7 mm de largura e sua área de dispersão abrange todo o Brasil, sul dos Estados Unidos até o norte da Argentina (REITZ, 1982).

## Análise qualitativa do perifiton

Foram coletadas amostras da haste, lâmina foliar e espremido da planta substrato. As amostras foram fixadas com solução Transeau na proporção de 1:1. Para a identificação do grupo Bacillariophyceae foram oxidadas alíquotas seguindo a técnica apresentada por MÜLLER MELCHERS & FERRANDO (1956).

## Análise quantitativa do perifiton

Em cada estação foi coletada uma amostra até profundidade máxima de 10 cm, contendo um conjunto de 16 hastes e lâminas foliares da planta substrato, testado através de curva de suficiência amostral. Foi usada solução FAA (100%) para fixação das amostras e a remoção da camada perifítica foi feita por raspagem com pincel. Foram contadas 114 amostras, incluindo as do teste de suficiência amostral. As amostras encontram-se registradas e depositadas no Herbário Prof. Dr. Alarich Schultz (HAS) do Museu de Ciências Naturais da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul sob os números de HAS 26986 a 27000 e 34000 a 34008.

A contagem foi feita pelo método de UTERMÖHL (1958), por campos ale-

atórios ordenados. O número de campos contados seguiu o método gráfico da área mínima (CAIN e CASTRO, 1959). Foram considerados indivíduos as células isoladas, colônias, filamentos e cenóbios, desde que apresentassem protoplasma. As espécies *Synedra acus* e *Synedra ulna* foram contadas conjuntamente, por não ter sido possível identificá-las como *taxa* distintos, assim como os gêneros *Zygnema* e *Zygnemopsis*. O diâmetro celular foi o critério utilizado para a separação das espécies do gênero *Spirogyra*. Os resultados foram expressos como indivíduos por cm<sup>2</sup> (ind./cm<sup>2</sup>) e determinados através da fórmula de WETZEL e LIKENS (1979) modificada por SCHWARZBOLD (1992). A área colonizada foi mensurada com medidor portátil de superfície plana Licor mod. Li 3000. As espécies abundantes e dominantes foram estimadas segundo critério elaborado por LOBO e LEIGHTON (1986). Foi estimada a riqueza específica através do número de espécies encontrados em cada amostra e do somatório total para cada estação de amostragem.

Foram utilizados os resultados das análises físicas e químicas do grupo de águas do projeto que compreendem 41 variáveis em águas superficiais, sedimentos totais e extráveis e metais na planta substrato (RAYA-RODRIGUES, 1996); (MACHADO, 1996).

## ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os resultados de densidade do perifiton (ind./cm<sup>2</sup>) foram comparados entre as estações amostrais através de uma análise multivariada, utilizando o programa MULTIV (PILLAR, 1998). Dois testes foram aplicados: Análise de Coordenadas Principais (método de Ordenação), na tentativa de revelar padrões de distribuição das unidades amostrais e possíveis relações destas com fatores externos e Teste de Aleatorização, empregado para perceber se o grau de associação entre as unidades amostrais é real (significativo) ou é mero acaso. Neste último, foi empregado delineamento em blocos, sendo mantido fixo o fator sazonalidade. O critério do teste foi da soma dos quadrados das distâncias entre grupos. Probabilidades foram geradas a partir de 1000 iterações. O nível de significância adotado foi de  $\alpha=0,05$  (PILLAR e ORLOCI, 1996). Para ambos os testes a matriz de semelhança foi gerada pela distância euclidiana entre as unidades amostrais, com transformação escalar das variáveis por  $\log(x+1)$ .

Estes dois testes também foram aplicados para uma comparação dos parâmetros físicos e químicos entre as seis estações amostrais. A matriz de semelhança foi gerada pela distância euclidiana entre as unidades amostrais, sendo aplicada transformação vetorial das variáveis por normalização.

Para ambas as matrizes (densidade do perifiton e parâmetros físicos e químicos) foram utilizados os dados das coletas sazonais.

# RESULTADOS / DISCUSSÃO

## Análise quali-quantitativa

No conjunto das seis estações de amostragem foram encontrados 75 espécies com a seguinte distribuição por classes: Bacillariophyceae, 44 espécies; Zygnemaphyceae, 17 espécies; Chlorophyceae, 5 espécies; Cyanophyceae, 5 espécies; Oedogoniophyceae, 2 espécies; Xanthophyceae, 1 espécie e Euglenophyceae, 1 espécie. A espécie *Roya obtusa* (BRÉB.) WEST & WEST (Zygnemaphyceae) foi de nova ocorrência para o Estado do Rio Grande do Sul. De forma similar ao encontrado em uma recente revisão sobre algas em rios de regiões temperadas e tropicais (ROJO e outros, 1994; BROWN e AUSTIN, 1973), a maior riqueza específica foi verificada para a classe Bacillariophyceae, exceto para a estação 4. A classe Zygnemaphyceae foi a segunda mais representada (estações 1, 2 e 3).

A figura 1 mostra a variação espaço-temporal dos valores da riqueza específica nas estações amostrais, onde nota-se redução acentuada da riqueza para a estação 4, zona de alto impacto de mineração.

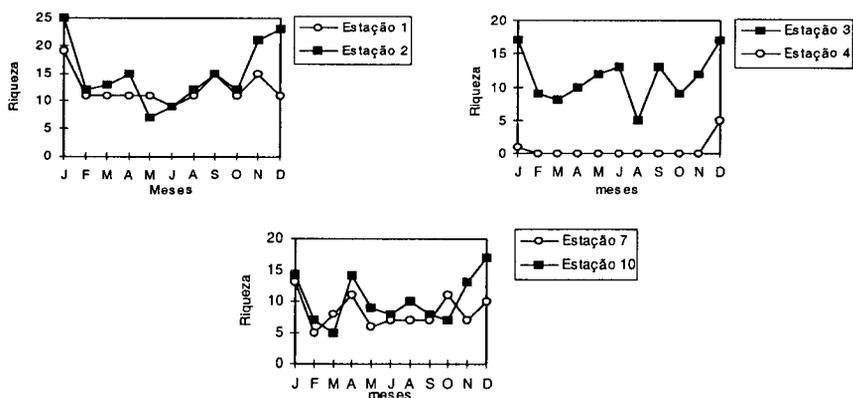


Figura 1. Variação espaço-temporal da riqueza específica nas seis estações amostrais.

No somatório anual, a estação 1 (arroyo Martins), localizada a montante da mineração apresentou a maior riqueza específica, 70% do total de espécies encontradas nas seis estações amostrais (Tabela 1). Na estação a jusante da mineração (estação 2), ocorreu uma sensível redução na riqueza, mas não houve redução na densidade total (Figura 2), podendo este fato estar relacionado ao tamponamento da forte acidez da água superficial pelo processo de calagem, que aumenta a disponibilidade de nutrientes. A espécie *Frustulia rhomboides* foi abundante na maioria dos meses, nestas duas estações, mas ocorreu uma mudança na composição das espécies abundantes na estação a jusante.

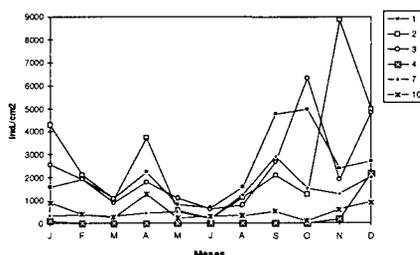


Figura 2. Variação sazonal da densidade total do perífiton (ind./cm<sup>2</sup>) nas seis estações amostrais.

Nas estações 3 e 4 (arroyo Taquara), respectivamente a montante e a jusante da mineração, houve um acentuado decréscimo na riqueza específica e drástica mudança na composição, abundância e densidade total ao longo do gradiente de poluição, demonstrando o forte impacto da atividade carbonífera sobre a comunidade algal. A estação 3 apresentou 33 espécies e uma densidade total elevada, apesar de apresentar baixa biomassa de *Leersia hexandra*, possivelmente devido ao sombreamento ocasionado pela vegetação marginal arbóreo-arbustiva. A estação 4 apresentou apenas 5 espécies ao longo do período estudado, com densidade nula em quase todo o período, demonstrando forte impacto da atividade carbonífera sobre a comunidade. Contudo, a densidade no mês de dezembro foi relativamente alta, comparáveis aos valores das estações não impactadas. A espécie dominante foi *Stigeoclonium tenue*, indicadora de ambientes fortemente poluídos (LINDSTROM, 1991). De acordo com sistema de pH elaborado por SCHOEMAN (1973), esta espécie é tipicamente acidobiônica, ou seja, com distribuição em águas com pH igual ou inferior a 5, assim como *Hyaloteca mucosa*. *Microspora pachyderma*, a mais abundante nesta estação amostral, foi indiferente aos valores de pH. É encontrada em águas com depósito de ferro em pântanos ácidos (RAMANATHAN, 1964).

Na estação 7, arroyo dos Ratos, ocorreram 19 espécies e baixa densidade, apesar da grande biomassa de *Leersia hexandra*. As espécies mais abundantes foram da classe Bacillariophyceae, família Eunotiaceae: *Eunotia exigua*, *Eunotia flexuosa*, *Eunotia monodon* var. *monodon* e *Eunotia rabenhorstii*, sendo consideradas neste trabalho como espécies tipicamente acidobiônicas. Estas espécies são citadas para ambientes ácidos (SCHOEMAN, 1973; ROSA e outros, 1987; ELORANTA, 1988).

Apesar de não estar inserida na área de influência de mineração de carvão, a estação 10, arroyo da Porteira, apresentou apenas 23 espécies, baixa densidade e uma acentuada substituição temporal das espécies abundantes. Este fato pode estar relacionado à retirada periódica de areia observada nesta estação, que pode ter impedido o estabelecimento da comunidade, e também o efeito de pastejo, pois foi constatada a presença de peixes raspadores como *Microlepidogaster* sp., *Ancistrus brevipinis* e *Hypostomus aspilogaster* (BRUSCHI Jr. e outros, 1996).

As estações 1, 2 e 3, pertencentes à mesma sub-bacia, apresentaram os maiores valores de densidade comparadas às demais estações, assim como a riqueza específica, tendo em comum *Frustulia rhomboides* como abundante na maioria dos meses.

Na Análise de Coordenadas Principais realizada com a matriz de dados quan-

titativos do perífiton (Figura 3), os dois primeiros eixos explicam 30% da variabilidade dos dados. As espécies com coeficientes de correlação mais altos no eixo I com valores positivos são: *Synedra acus/ulna* (0,73); *Anomoeoneis vitrea* (0,45), sendo estas espécies, de acordo com a amplitude de suas distribuições em relação ao pH, consideradas circumneutras; e com valores negativos: *Eunotia monodon* (-0,89); *Eunotia exigua* (-0,77); *Microspora pachyderma* (-0,62); *Eunotia rabenhorstii* (-0,59), no diagrama de dispersão, aumentando da esquerda para direita. Estas são consideradas como espécies acidófilas e indiferentes, sendo *Eunotia exigua* a única neste eixo considerada acidobiônica (pH<5,5). Estas espécies provavelmente separam as estações de amostragem 4 e 7, mais ácidas, das demais.

As espécies com coeficientes de correlação mais altos no eixo II foram, com valores positivos: *Stigeoclonium tenue* (0,53) (acidobiônica), e negativos: *Frustulia rhomboides* (-0,78); *Eunotia faba* (-0,66); *Stenopterobia anceps* (-0,59); *Roya obtusa* (-0,55); *Eunotia rabenhorstii* (-0,51); com espécies circumneutras a indiferentes. No diagrama de dispersão, os valores decrescem de baixo para cima.

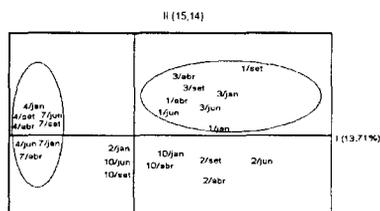


Figura 3. Diagrama mostrando as posições das 24 unidades amostrais no espaço definidos pelos eixos I e II referente à matriz de valores de densidade do perífiton.

O Teste de Aleatorização (Tabela 3) mostrou que, a um nível de significância  $\alpha=0,05$ , não existe diferença significativa entre as estações de amostragem 1 e 3, estações 4 e 7, e nas estações 4 e 10. Todas as outras estações de amostragem possuem diferenças significativas.

## PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

O resultado da análise de Coordenadas Principais realizado para a matriz de dados físicos e químicos do ambiente encontra-se na Figura 4.

Os dois primeiros eixos da análise explicam 53,32% da variabilidade dos dados. Os descritores originais com coeficientes de correlação mais altos positivos no eixo I foram: Água superficial: Mg (0,88); Sulfato (0,65); Dureza (0,65); Ni (0,64); Condutividade (0,64); e negativos: pH (-0,83);  $\text{NH}_3$  (0,69); Alcalinidade (-0,54). Nos sedimentos totais: Ni (0,90); Fe (0,78); K (-0,78); Sedimentos extraíveis: Na (0,85); Ni (0,77); Cu (0,76); Al (0,76); Zn (0,75); Metais em *Leersia*: Cr (0,85); Cu (0,83), sendo que os valores no diagrama aumentam da esquerda para direita.



**Tabela 2**  
**VALORES MÍNIMOS, MÉDIOS E MÁXIMOS DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS**  
**MAIS CORRELACIONADAS COM A ANÁLISE DE COORDENADAS PRINCIPAIS**

Estações	Valores	pH	Condutividade	Mg	Sulfato	Ni	Dureza	NH <sub>4</sub>	N total	Transparência	Cr	Ca	K	Alcalinidade	Na (s.e.)	Ni (s.e.)	Ca (s.e.)	Zn (s.e.)	Al (s.e.)	K (s.e.)	K (s.tot.)	Pb (s.tot.)	Ni (s.tot.)	Hg (s.tot.)	Cd (s.tot.)	Cu (s.tot.)	Ce (s.tot.)	Ce (Lev)	Cu (Lev)	Pb (Lev)
	média	6.465	25	1.025	1.1	18.3	11.05	6.75	3.445	0.25	6.4	1.32	1.45	0.155	15.95	0.34	0.445	0.83	43.5	12.65	8575	1102	2.95	0.4	0.0145	0.93	1.35	1.55	24.2	1.4
1	Máx	7.28	39	1.3	2	21.5	15.2	11.3	6	0.4	7.1	1.7	1.7	0.09	18.3	0.4	0.5	0.93	50.3	14.5	8710	1566	3.1	0.42	0.016	0.93	1.5	1.6	26.4	1.6
	Mín	5.65	20	0.75	0.2	15.3	6.9	2.2	0.89	0.1	5.7	0.94	1.2	0.22	13.4	0.28	0.39	0.73	36.7	10.8	8440	838	2.8	0.38	0.013	0.91	1.2	1.5	22	1.2
	média	6.355	300	3	133.8	18.2	100.55	54.1	3.11	0.31	5.4	46.25	2.35	0.2175	40.35	1.45	1.8	2.1	176	75.6	3955	3465	7.2	0.275	0.0155	3.45	3.05	1.25	21.65	1.1
2	Máx	6.59	480	3.1	251	18.4	183	98.7	5.4	0.45	5.7	48.3	2.5	0.075	43.9	1.7	2.2	2.3	187	81.2	4240	4480	7.6	0.28	0.017	4	3.3	1.3	22.1	1.2
	Mín	6.12	120	2.9	16.6	18	18.1	9.5	0.82	0.17	5.1	44.2	2.2	0.36	36.8	1.2	1.4	1.9	165	70	3670	2450	6.8	0.27	0.014	2.9	2.8	1.2	21	1
	média	6.65	20	0.575	0.35	15.1	13.55	14.25	2.62	0.21	6.55	1.45	1.65	0.16	21.4	0.12	0.445	0.865	47.25	9.6	4090.5	462.5	1.95	0.43	0.0195	0.845	0.88	1.03	22.25	1.65
3	Máx	7.3	30	0.61	0.6	17.5	21.7	28.5	4.8	0.22	6.7	1.6	2	0.15	22.4	0.13	0.53	0.93	53.1	10.3	4310	600	2.1	0.45	0.021	0.86	0.9	1.2	23	1.7
	Mín	6	10	0.54	0.1	12.7	5.4	0	0.44	0.2	6.4	1.3	1.3	0.17	20.4	0.11	0.36	0.8	41.4	8.9	3871	325	1.8	0.41	0.018	0.83	0.86	0.86	21.5	1.6
	média	3.76	455	2.65	média	30.5	153.9	241.85	3.9	0.15	6.65	36.35	2.8	0	33.4	1.25	1.4	2.05	124	38.1	2748.5	4016	16.55	0.29	0.028	3.5	4	3	41.8	1.65
4	Máx	4.9	750	3.2	455	34.6	250	385	6.6	0.2	7.1	41	3.2	0	36.1	1.5	1.6	2.2	130	40	2870	5087	42.5	0.3	0.03	3.8	4.1	3.3	43.2	2.1
	Mín	2.62	160	2.1	56.3	26.4	47.8	98.7	1.2	0.1	6.2	31.7	2.4	0	30.7	1	1.2	1.9	118	36.2	2627	2945	30.6	0.28	0.026	3.2	3.9	2.7	40.4	1.2
	média	3.605	220	3.4	84.25	18.25	66.5	523.65	3.05	0.65	2.75	9.3	1.5	0.01	48.9	4.85	1.35	2.2	119.15	10.1	826.5	7873	43.25	0.48	0.0555	11.65	16.05	3.55	42.95	3.9
7	Máx	4.5	390	3.8	153	20.2	104	976	3.9	0.9	3.1	103.3	1.9	0	53.8	5.4	1.6	3.4	143	10.3	866	11520	48.2	0.5	0.04	12.7	18	3.8	44	4
	Mín	2.71	50	3	15.5	16.3	29	71.3	2.2	0.4	2.4	8.3	1.1	0.02	44	4.3	1.1	1	95.3	9.9	787	4226	38.3	0.46	0.051	10.6	14.1	3.3	41.9	3.8
	média	6.49	125	0.98	0.65	11.25	14.95	28.8	2.025	0.135	4.2	2.45	1.6	0.0985	8.6	0.93	0.615	0.92	35.85	10.35	10950.5	1575	7.9	0.34	0.0585	3.65	2.1	1.45	24.55	1.3
10	Máx	7.12	230	1.1	1.2	12.5	19.8	57.6	3.6	0.17	4.4	2.5	1.7	0.027	10.8	0.63	0.8	1	40.1	10.6	11271	2164	9.4	0.39	0.06	4.1	2.2	1.5	25.5	1.4
	Mín	5.86	20	0.86	0.1	10	10.1	0	0.45	0.1	4	2.4	1.5	0.17	6.4	0.43	0.43	0.84	31.6	10.1	10630	986	6.4	0.29	0.057	3.2	2	1.4	23.6	1.2

Legenda:  
(s.e.) sedimentos rasos/valais  
(s.tot.) sedimentos totais  
(Lev) *Levins hexaxilis*

veis: K (-0,74); Metais em *Leersia*: Pb (0,73); sendo que os valores no diagrama decrescem de baixo para cima. Este eixo separa espacialmente a estação 2. Nesta, os valores de cálcio tem um aumento de até 60 vezes em relação às demais. Desta forma, o eixo II pode ser designado como “poluição + neutralização”.

A tabela 2 mostra os valores mínimos, médios e máximos dos parâmetros físicos e químicos mais correlacionados com os dois primeiros eixos da Análise de Coordenadas Principais.

O Teste de Aleatorização (Tabela 4) mostrou que, a um nível de significância  $\alpha=0,05$ , que não existe diferença significativa entre as estações amostrais 1, 3 e 10. Todas as outras estações de amostragem possuem diferenças significativas.

**Tabela 4**

Teste de aleatorização da independência dos parâmetros físicos e químicos nas seis estações amostrais. Os dados contêm 24 unidades amostrais. Probabilidades geradas a partir de 1000 interações.

Estações						Nível de significância $\alpha = 0,05$
1	2	3	4	7	10	
1	-1	0	0	0	0	0,012
	0	-1	0	0	0	0,414
1	0	0	-1	0	0	0,001
	0	0	0	-1	0	0,001
1	0	0	0	0	-1	0,11
0	1	-1	0	0	0	0,01
0	1	0	-1	0	0	0,027
0	1	0	0	-1	0	0,001
	0	1	-1	0	0	0,002
	0	1	0	-1	0	0,001
	0	1	0	0	-1	0,082
0	0	0	1	-1	0	0,001
	0	0	1	0	-1	0,001
0	0	0	0	1	-1	0,001

## CONCLUSÕES

Nas estações de amostragem que obedecem a um aumento no gradiente de poluição, foram observadas mudanças nas características estruturais da comunidade perifítica, como redução na riqueza e composição específicas, e presença de espécies acidófilas e acidobiônicas.

Através dos resultados obtidos pode-se afirmar que a composição, riqueza específica e densidade da comunidade de algas perifíticas, conjuntamente com os parâmetros físicos e químicos e análises multivariadas, distinguiram as seis estações de amostragem em um gradiente de baixo impacto (estações 1 e 3), intermediário (2 e 10) e de alto impacto de poluição (estações 4 e 7).

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida; ao Centro de Ecologia da UFRGS pelas análises físicas e químicas e infra-estrutura oferecida; às técnicas do Núcleo de Vegetais Inferiores da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul pelo auxílio na confirmação de alguns táxons.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN, S. D.; AUSTIN, A. P. Diatom succession and interaction in littoral periphyton and plankton. *Hydrobiologia*, v.43, n.3/4, p.333-356, 1973.
- BRUSCHI JR, W.; MALABARBA, L. R.; PEZZI da SILVA, J. F. Avaliação da qualidade ambiental dos riachos da região carbonífera do baixo Jacuí através das taxocenoses de peixes. Porto Alegre, 1996. Relatório preliminar.
- CAIN, S. A.; CASTRO, G. M. *Manual of vegetation analysis*. New York: Harper, 1959. 325p.
- COLLINS, G. B.; WEBER, C. I. Phycoperiphyton (algae) as indicator of water quality. *Trans. Amer. Soc.*, v.97, n.1, p.36-43, 1978.
- KWANDRANS, J. Diatom communities of acidic mountain streams in Poland. *Hydrobiologia*, n.269/270, p.335-342, 1993.
- ELORANTA, P. Periphyton diatoms as indicators of lake acidity. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, n.2, p.470-473, 1988.
- FAIRCHILD, G. W.; SHERMAN, J. W. Algal periphyton response to acidity and nutrients in softwater lakes: lake comparison vs. nutrient enrichment approaches. *J. N. Benthol. Soc.*, v.12, n.2, p.157-167, 1993.
- LAMPKIN III, A. J.; SOMMERFELD, M. R. Algal distribution in a small, intermittent stream receiving acid mine-drainage. *J. Phycology*, n.18, p.196-199, 1982.
- LINDSTROM, E. A. Use of periphyton for monitoring rivers in Norway: application of previously obtained data to evaluate impacts of acid precipitation. In WHITTON, B. A.; ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (Eds.) *Use of algae for monitoring rivers in France*. Austria: Institut fur Botanik, Universitat Innsbruck, 1991. p.75-86.
- LOBO, E. A.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitarias de las fitocenoses planctonicas de los sistemas de desembocaduras de ríseo y esteros de la zona central de Chile. *Rev. Biol. Mar.*, Valparaiso, v.22, n.1, p.1-29, 1986.
- MACHADO, N. *Área de estudo do Projeto PADCT/CLAMB*. Mapa básico preliminar, 1993.
- \_\_\_\_\_. Análise do sedimento. *Projeto PADCT/CLAMB*, 1996. Relatório.
- MÜLLER MELCHERS, H. F. C.; FERRANDO, H. J. Técnica para el estudio de las diatomeas. *Bolm. Inst. Ocean.*, São Paulo, v.7, n.1-2, p.151-60, 1956.

- PILLAR, V. de P.; ORLÓCI, L. On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science*, n.7, p.585-592, 1996.
- PILLAR, V. de P. 1998. *MULTIV (Versão 1.2)*. Porto Alegre: Departamento de Ecologia/UFRGS, 1998.
- PLANAS, D.; LAPIERRE, L.; MOREAU, G.; ALLARD, M. Structural organization and species composition of lotic periphyton community in response to experimental acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, v.46, 1989.
- PLANAS, D. Acidification effects. In: STEVENSON, R. J.; BOTHWELL, M. L.; LOWE, R. L. (Eds). *Algal ecology. Freshwater benthic ecosystems*. San Diego: Academic Press, 1996. p.497-522.
- RAMANATHAN, K. R. *Ulotricales. Monographs on algae*. New Delhi: ICAR, 1964. 197p.
- RAYA-RODRIGUEZ, M. T. et al. 1996. *Parâmetros físicos e químicos das águas superficiais*. Porto Alegre, 1996. 107p. Relatório.
- REITZ, R. 1982. *Flora ilustrada catarinense: as plantas gramíneas*. Itajaí, SC: CNPq-IBDF-SAA-HBR, 1982. 472p., 90 est., 95 mapas.
- ROJO, C.; COBELAS, M. A.; ARAUZO, M. An elementary, structural analysis of river phytoplankton. *Hydrobiologia*, n.289, p.43-55, 1994.
- ROSA, Z. M.; UNGARETTI, I.; KREMER, L. M.; SILVA, S. M. A.; CALLEGARO, V. L. M.; WERNER, V. R. Ficoflora de ambientes lênticos - estudo preliminar da região de Charqueadas, Rio Grande do Sul, Brasil, com vistas à avaliação ambiental. *Acta bot. bras.*, Rio de Janeiro, v.1, n.2, p.165-88, 1987.
- ROTT, E. Methodologica aspects and perspectives in the use of periphyton for monitoring and protecting rivers. In: WHITTON, B. A.; ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (Eds). *Use of algae for monitoring rivers*. Austria: Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 1991. P.9-16. (Developments in Hydrobiology, 17).
- ROUND, E. E. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, n.3, p.129-145, 1991.
- SABATER, S.; ARMENGOL, J.; MARTI, E. et al. Benthic diatom communities in the river Ter, Spain. In: WHITTON, B. A.; ROTT, E.; FRIEDRICH, G. (Eds). *Use of algae for monitoring rivers*. Austria: Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 1991. p.157-163. (Developments in Hydrobiology, 17).
- SCHWARZBOLD, A. *Efeitos do regime de inundação do rio Mogi-Guaçu (SP) sobre a estrutura, diversidade, produção e estoques do perifiton de Eichornia azurea (Sw)Kunth da lagoa do Infernã*. São Carlos, 1992. Tese de Doutorado. 237p.
- SCHOEMAN, F. R. *A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotho with special reference to the water quality*. Pretoria: C.S.I.R. 1973. 355p. II.
- TURNER, M. A.; HOWELL, E. T.; SUMMERBY, M.; HESSLEIN, R.; FINDLAY, D. L.; JACKSON, M. B. Changes in epilithon and epiphyton associated with experimental acidification of lake to pH 5. *Limnol. Oceanogr.*, v.36, n.7, p.1390-1405, 1991.
- UTERMÖHL, H. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. *Mittl. Internat. Vereinig. J. Limnologie*, v.9, p.1-39, 1958.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G. E. *Limnological analysis*. New York: Springer-Verlag, 1979. 391p.

# **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS RIACHOS ATRAVÉS DAS TAXOCENOSES DE PEIXES**

Willi Bruschi Júnior  
Luiz Roberto Malabarba  
José Francisco P. da Silva

## **INTRODUÇÃO**

A deterioração do ambiente em função das atividades antrópicas relacionadas ao desenvolvimento, tem gerado necessidades de surgimento e adequação de métodos de avaliação de qualidade ambiental. O diagnóstico da integridade dos ecossistemas e a quantificação do grau de deterioração, juntamente com suas conseqüências sobre o ecossistema, tem sido um desafio permanente para os estudiosos da área ambiental.

Índices de qualidade tem sido desenvolvidos e usados recentemente como ferramentas de avaliação ambiental principalmente diante de situações de maior complexidade. Qualidade da Água, Integridade Biótica, Riqueza e Diversidade Específica são alguns exemplos.

A quantidade de variáveis determinantes da qualidade ambiental do ambiente torna a interpretação dos resultados das análises individuais desses parâmetros uma atividade bastante difícil e às vezes infrutífera. Nas avaliações desse tipo se faz necessária a utilização de ferramentas integradoras de diversos aspectos que possam revelar a degradação dos recursos naturais. A quantidade de espécies, a abundância de exemplares ou a dominância de alguns grupos de organismos são atributos que podem refletir as condições de qualidade dos ambientes em estudo.

Os diversos níveis organizacionais de um ecossistema podem responder diante de determinadas situações ambientais estabelecidas. Organismos são utilizados como biondicadores; variáveis bionômicas são mensuradas em populações comparativas. Diversas características de uma comunidade podem se alterar em função de alterações

ambientais. O número de espécies muda, se algumas destas forem sensíveis e desaparecerem; as abundâncias relativas alteram-se durante o processo de desaparecimento ou apenas em função da modificação de determinado recurso explorado por esta ou aquela espécie. Desta forma, a riqueza de espécies, a abundância de peixes por amostra e os índices de diversidade representam metodologias que podem avaliar situações diferenciadas quanto à qualidade do ambiente.

A fauna de peixes encaixa-se no conceito de taxocenose (CNPq, 1987), uma vez que constitui-se em um grupo representativo da comunidade biótica dos ambientes aquáticos. A avaliação da qualidade ambiental dos riachos da região carbonífera do baixo Jacuí, através de atributos da taxocenose dos peixes define o escopo de trabalho do subprojeto "Estudo das Comunidades de Peixes".

Os objetivos deste estudo foram: 1. Identificar as espécies de peixes ocorrentes nos principais riachos na região carbonífera do baixo Jacuí; 2. Avaliar as respostas a nível da taxocenose dos peixes como elementos de avaliação da qualidade das águas da região de estudo; 3. Estabelecer um índice biológico que permita a indicação do grau de deterioração ambiental na região; 4. Classificar as estações de amostragem de acordo com o índice proposto.

## MATERIAL E MÉTODOS

Selecionaram-se oito locais entre aqueles estudados para a avaliação da qualidade dos recursos hídricos, em função da exequibilidade de amostragens padronizadas na ictiofauna.

Os exemplares foram coletados utilizando-se um método de amostra todos os exemplares de uma parte do curso do arroio, através da utilização de uma substância inibidora da atividade da hemoglobina, a Rotenona. Desta forma, pode-se ter certeza que a amostra representa a taxocenose completa dos peixes e não são necessárias repetições das amostragens. A padronização da amostragem consistiu em capturar todos os indivíduos ocorrentes em trechos de mesmo compartimento nas estações amostrais. O comprimento dos trechos amostrados nos arroio foi estipulado em cem metros, distância esta que, para o tipo de ambiente estudado, compreende a variações de *habitats* onde poderiam ocorrer espécies diferentes.

O índice de qualidade proposto nesse estudo baseia-se na metodologia proposta por KARR (1981) e discutido por FAUSCH e outros (1990), que sugere diversos atributos da estrutura da fauna de peixes como indicadores de sua integridade biótica. Esses atributos podem ser escolhidos ou adaptados conforme a região ou o grau de conhecimento que se tem sobre a taxocenose em estudo.

O índice de qualidade aqui adotado foi construído através da análise de três atributos da ictiofauna: a) número de espécies por amostra; b) número total de indivíduos da amostra, e c) diversidade específica de SHANNON-WIENER, que foi calculada pela expressão:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

em que:

H' = grau de diversidade

p<sub>i</sub> = proporção de ocorrência da espécie *i* na amostra

s = número total de espécies na amostra

Essas três medidas foram transformadas em proporções de zero a um através da divisão de seus valores pelo maior valor obtido entre as amostras.

Para o cálculo do índice de qualidade que integrou esses três atributos da fauna de peixes, usou-se o agrupamento do tipo somatório em função de que a diminuição nos valores de qualquer dos três atributos avaliados estaria associada a respostas da taxocenose vinculadas à perda da qualidade ambiental no local amostrado. Esse pressuposto baseia-se no tipo de impacto esperado nos corpos d'água, já que a principal influência da atividade carbonífera sobre os recursos hídricos caracteriza-se pela acidificação da água. Essa alteração afeta todas as espécies podendo levar a extremos com ausência de peixes.

## RESULTADOS

Os locais amostrados foram: estação P1 (cabeceras do arroio Martins); P2 (arroio Martins, a jusante da Mina do Recreio); P3 (cabeceras do arroio Taquara); P4 (arroio Taquara, próximo a ponte das BR 290, em Minas do Leão); P5 (arroio do Conde); P7 (valo sob estrada vicinal, próximo à penitenciária de Charqueadas e a antigos depósitos de rejeito de carvão); P9 (arroio da Porteira a jusante de depósitos antigos de rejeitos) e P10 (arroio da Porteira a montante de depósitos antigos de rejeitos).

As amostragens foram realizadas nos dias 24 e 25 de novembro de 1993. Foram capturadas 35 espécies de peixes, listadas no anexo 1 com as abundâncias em cada estação de amostragem.

As ocorrências de espécies sabidamente generalistas vêm corroborar com a classificação de locais de baixa ou média qualidade. *Astyanax fasciatus*, *A. bimaculatus*, *Cheirodon ibicuiensis* e *Hyphessobrycon luetkenii*, todos lambaris, são espécies comuns em muitos tipos de ambientes, além disso possuem hábitos alimentares diversificados, o que os caracteriza como generalistas. Suas frequências são expressivas nas estações P2, P5 e P9. *Phallocerus caudimaculatus*, o barrigudinho, extremamente adaptado a qualquer condição, ocorreu nos pontos P5, P9 e P10.

Nas estações classificadas como de boa qualidade ambiental (tabela 2) salienta-se a ocorrência de especialistas. *Bryconamericus* sp. é um lambari que explora o fundo e tem seu aparelho bucal modificado para isso. Ocorreu somente nas estações P1 e P3. *Heptapterus mustelinus*, *Ancystrus brevipinis*, *Hypostomus aspilogaster* e *Microlepidogaster* sp., todos característicos de riachos com alguma correnteza, sendo que os três últimos são

casquados raspadores, ocorreram somente nos locais P1, P3 e P10, com frequências maiores em P1 e P3.

A riqueza, o mais antigo e simples conceito de diversidade específica (Krebs, 1989), é dada pelo número de espécies da comunidade biótica. As estações P3, P1 e P10 foram as que apresentaram maiores valores para esse atributo, nessa ordem com 16 espécies em P3 e 13 em P1 e P10. Os valores mais baixos ficaram para P4 onde não ocorreu nenhum peixe, seguido de P7 (6 espécies) e P5 (7 espécies).

Com base no cálculo do índice de qualidade (IQ) através dos atributos riqueza, abundância e diversidade, da taxocenose dos peixes, foi possível classificar as estações amostradas. A tabela 1 apresenta os valores obtidos para os atributos, sua transformação em escala de 0 a 1 e o valor final do índice de qualidade (IQ) para as diversas estações.

**Tabela 1**

Valores obtidos e transformados para número de indivíduos (n), nº de espécies (s), Índice de Shannon-Wiener (H) e Índice de qualidade (H) e Índice de Qualidade Integrado (IQ) para cada estação de amostragem (p).

Estações	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 7	P 9	P 10
n	289	123	468	0	138	15	43	53
s	13	10	16	0	7	6	9	13
H	1,934	1,802	1,152	-	1,558	1,617	1,786	2,044
n/468	0,618	0,263	1	0	0,295	0,032	0,092	0,113
s/16	0,813	0,625	1	0	0,438	0,375	0,563	0,813
H/2,044	0,946	0,882	0,564	-	0,762	0,791	0,874	1
$\Sigma = IQ$	2,377	1,77	2,564	-	1,495	1,198	1,528	1,926

Estabelecendo-se intervalos de classe dentro da escala de valores do índice de qualidade calculado, pôde-se sugerir três intervalos de qualidade ambiental: baixa, média e alta qualidade. A tabela 2 apresenta os intervalos para cada classe de qualidade ambiental e as estações classificadas dentro de cada uma delas.

**Tabela 2**

CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM ATRAVÉS DOS VALORES DO ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ)

Int. classe (IQ)	Estações	Qualidade
1,198-1,653	4*, 5, 7, 9	baixa
1,654-2,109	2, 10	média
2,110-2,565	1, 3	alta

\*a ausência de peixes nesse local classifica a estação 4 nessa classe, já que o IQ não pôde ser calculado.

## DISCUSSÃO

A utilização dos peixes como taxocenose representativa da comunidade biótica de ecossistemas aquáticos e ferramenta de avaliação da qualidade ambiental é embasada em algumas características desse grupo. Os peixes ocupam diversos níveis tróficos, trazendo informações de alterações que possam estar ocorrendo em qualquer ponto da cadeia alimentar. Possuem longevidade relativamente grande, armazenando informações ao longo de vários anos. As espécies são fáceis de identificar, o que possibilita a rápida aplicação dos índices de diversidade. Funcionam como agentes integradores de efeitos que possam ser causadores de modificações em outros compartimentos do ecossistema uma vez que utilizam diversos locais para alimentação, refúgio e reprodução (Fausch e outros, 1990).

A observação de características específicas como estratégia de vida, hábitos alimentares ou de atributos da taxocenose como o número de indivíduos por amostra, número de espécies ocorrentes, podem ser utilizadas como informações reveladoras da organização do grupo nos locais estudados. Essa organização ou estrutura da taxocenose é normalmente determinada pela integridade biótica. A integridade biótica é a capacidade do ambiente de suportar e manter uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptada, tendo uma composição de espécies, diversidade e organização funcional comparável ao habitat natural para a região (Karr, 1981).

A associação da ocorrência de espécies generalistas ou especialistas com ambientes degradados ou conservados respectivamente deriva da teoria dos ambientes *r* e *K* selecionadores, proposta por Pianka (1970). Com base nessa teoria e na idéia de amadurecimento dos ecossistemas com o surgimento de novos nichos e espécies cada vez mais especializadas, associa-se a ocorrência de generalistas a ambientes instáveis e de especialistas a locais com maior estabilidade. Desta forma, torna-se bastante consistente a associação da ocorrência de espécies com essas características à qualidade ambiental. Neste estudo foi constatada uma predominância numérica de exemplares pertencentes a espécies especialistas em algum recurso naqueles locais de melhor qualidade ambiental. Já nos locais mais degradados, os generalistas foram os mais abundantes.

A riqueza, o mais antigo e simples conceito de diversidade específica (Krebs, 1989), é dado pelo número de espécies da comunidade biótica. O número total de espécies ocorrentes num ecossistema é um valor muito difícil de ser obtido. Porém a riqueza de uma taxocenose pode nos indicar também a qualidade desse ambiente. As estações que apresentaram os maiores valores de riqueza são todas situações a montante de zonas potencialmente impactantes.

Quando Karr (1981) propôs a utilização do IBI (Índice de Integridade Biótica), sugeriu diversos atributos a serem avaliados junto a fauna. Alguns, como espécies tolerantes ou intolerantes, proporção entre grupos tróficos ou frequências anormais de anomalias necessitam de grande conhecimento básico, situação ainda não atingida para a ictiofauna brasileira. Já outros atributos, como a riqueza de espécies e número de indivíduos, podem ser utilizados dentro de modelos aritméticos simples e podem colaborar na compreensão da integridade biótica. Nesse estudo os atributos acima foram utilizados juntamente com os valores da diversidade de Shannon-Wiener e o índice de qualidade resultante demonstrou ser uma boa ferramenta de avaliação de qualidade ambiental.

As estações amostrais que obtiveram a melhor classificação de qualidade ambiental (P1 e P3) são as cabeceiras de dois riachos estudados. Nesses locais não havia indícios de ação antropogênica.

Os locais classificados como apresentando qualidade intermediária (P2 e P10) representam situações diferentes entre si. P2 é um local situado a jusante de uma grande mineração de carvão, acredita-se que no momento das amostragens ainda houvesse uma fauna de peixes com alguma estruturação. As análises de água em períodos subsequentes demonstraram ser uma local de baixa qualidade por influência da mineração. P10 não é cabeceira, mas fica a montante de depósitos de rejeito de carvão, porém já deve sofrer impactos de outra natureza que se refletem nos valores que o definiram seu índice de qualidade.

Todas as estações classificadas na faixa de baixa qualidade ambiental (P5, P7 e P9) situam-se em locais a jusante de zonas com depósitos de rejeitos de carvão e provavelmente expressem sua influência sobre a biota aquática. A influência da atividade de exploração do carvão causa modificações na qualidade da água, principalmente redução de pH e aumento dos teores de sulfato, a alteração do pH é um fator de estresse sobre as populações de peixes, podendo ser indicado como responsável pela diminuição na abundância e ocorrência de espécies nos locais afetados.

Os índices bióticos de qualidade ambiental são ferramentas úteis para classificações numéricas, mas devem ser acompanhados de estudos tanto ao nível dos descritores ambientais quanto de características biológicas das espécies, pois somente assim se fará luz sobre a compreensão das interferências humanas na natureza.

## CONCLUSÕES

- A taxocenose dos peixes mostrou-se um bom indicador da qualidade ambiental dos riachos na região carbonífera;
- A riqueza de espécies, a abundância de indivíduos e a diversidade específica foram os atributos da fauna de peixes utilizados para confeccionar o Índice de Qualidade para os locais estudados.
- As estações de amostragem P1 e P3 foram classificadas como de melhor qualidade ambiental; P2 e P10 apresentaram qualidade intermediária; e P4, P5, P7 e P9 foram enquadradas na classe de baixa qualidade ambiental.
- A estimativa da qualidade ambiental nos locais estudados permite afirmar que a atividade mineradora causa fortes danos sobre a biota aquática através da redução das abundâncias e supressão de espécies.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CNPq. *Glossário de ecologia*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. 271p.
- KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, v.6, n.6, p.21-27, 1981.

FAUSCH K. D.; LYONS, J.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium*, v.8, p.123-144, 1990.

PIANKA, E. R. On r- and K- selection. *Am. Nat.*, v.104, p.592-597, 1970.

PIELOU, E. C. *Ecological diversity*. New York: Wiley. 1975

Parte V  
O homem  
na região carbonífera

# **ESTUDO DO PROCESSO URBANO-INDUSTRIAL DE CHARQUEADAS/RS: ANÁLISE DOS PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL DAS INDÚSTRIAS E PROPOSIÇÃO DE SUBSÍDIOS PARA UM PROGRAMA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Carla Alves Simões Pires  
Cornélia Eckert

## **INTRODUÇÃO**

O espaço urbano de Charqueadas concentra testemunhos do fazer cultural da cidade em suas diversas manifestações e deve ser entendido, em seu aspecto ambiental, como área crítica no Estado do Rio Grande do Sul. Além do comprometimento da rede hidrográfica, a deposição de rejeitos de carvão depositados em locais inadequados e gases sulfurosos liberados no meio urbano ocasionam problemas ambientais.

São numerosos os fatores de risco que o homem introduz no espaço através de suas atividades mineradoras e industriais, particularmente quando prepara e utiliza substâncias e produtos que contribuem para a poluição e contaminação, gerando agravos para a saúde humana. Como se pode perceber, o caráter múltiplo das causas da degradação, o modo de produção, as relações sociais de trabalho, do capital e do lucro exigem mudanças para minimizar os impactos. Daí a importância da educação ambiental, cujos fundamentos constituem-se em recursos para serem utilizados no processo de

conscientização individual e coletiva. A educação ambiental é uma ferramenta capaz de garantir, a longo prazo, que os bens públicos sejam preservados, tanto pela comunidade como pelos interesses privados?

É necessário, portanto, a adoção de medidas para prevenir o impacto ambiental e preservar o ambiente nesta área, evitando projetos, obras ou atividades, justificáveis sob o prisma econômico em relação aos interesses imediatos de seu proponente, os quais se revelem, posteriormente, nefastos ou catastróficos para as populações sob sua área de influência.

As empresas Companhia de Pesquisas e Lavras Minerais (COPELMI), Aços Finos Piratini (Grupo Gerdau), Albarus Transmissões Homocinéticas (ATH) e a Usina Termoeletrica de Charqueadas (ELETROSUL), entre outras, são parte integrante da paisagem construída, num espaço de valores produzidos no passado e no presente. Pôde-se constatar que este complexo industrial não dispunha de um adequado gerenciamento ambiental, nem de eficiente sistema de tratamento e disposição de resíduos.

Neste município, o espaço edificado resulta da produção econômica e os critérios para avaliar o processo urbano-industrial devem levar em conta a questão socioambiental.

Para a educação ambiental em Charqueadas, é fundamental a ação integrada de órgãos estaduais e municipais, bem como a participação da comunidade interessada nas decisões de planejamento, como uma das formas de exercício da cidadania. Para isto, é importante conhecer o nível de destruição e poluição por parte das indústrias e avaliar os programas de gerenciamento ambiental, se existentes.

Assim, é imprescindível a viabilização e o estímulo dos mecanismos institucionais e empresariais que assegurem uma adequada gestão ambiental para a cidade. Desta forma, especial atenção deve ser dada à educação ambiental e à permanência das populações residentes e suas atividades, desde que compatíveis com as medidas de controle da poluição, que deverão ser pressupostos do planejamento urbano-industrial. O programa de educação ambiental é a base para a aquisição de referenciais necessários para o controle da poluição, podendo incluir os universos do trabalho e do cotidiano, onde se manifestam as condições insalubres sob as quais os homens têm que trabalhar e viver.

Para AB'SABER (1994), "a educação ambiental pode ser melhor conhecida se nós tivermos a inteligência de incorporá-la à etnociência, aos campos científicos de ponta e ao conhecimento primário a serviço do meio ambiente".

Na reflexão de SANTOS (1992) sobre a manifestação da consciência comunitária, a divisão social do trabalho impõe condições exógenas pré-determinadas na forma e conteúdo entre a sociedade e a organização do espaço.

A educação ambiental tem papel fundamental na vida coletiva e na condução da vida individual podendo criar um novo patamar da consciência ecológica: uma estrutura de controle ou um convite à ação.

O presente trabalho teve por objetivo apresentar subsídios para um programa de educação ambiental que possa ser aproveitado pelas empresas e escolas.

## OBJETIVOS GERAIS

Analisar o processo urbano-industrial em relação à questão ambiental do município de Charqueadas/RS.

Analisar e avaliar os programas de gerenciamento ambiental das indústrias em Charqueadas/RS.

Propor subsídios para um programa de educação ambiental voltado para a comunidade trabalhadora e professorado.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conhecer a cidade e sua situação ambiental, a partir de sua história e situação presente, devido a mineração e a industrialização.

Estudar as teorias e técnicas do Programa Nacional de Controle da Poluição Industrial-PRONACOP e Normas ISO 14000.

Transmitir subsídios para ações de gerenciamento e educação ambiental aos representantes de indústrias, dirigentes de funções interativas (produção, manutenção, segurança, higiene, pesquisa, recursos humanos, marketing e administração), sindicalistas e professores.

Planificar ações integradas para conscientizar sobre o uso sustentável do espaço urbano, identificando bases legais para o controle da poluição industrial.

Inserir o programa de gerenciamento ambiental nas indústrias e educação ambiental na comunidade, objetivando gerar uma conduta participativa.

## METODOLOGIA

Caracterização da paisagem urbana através de pesquisa bibliográfica, saídas de campo, utilização de fotografias e análise de aerofotografias.

Análise de ocupação do solo relacionada ao processo de expansão industrial e impacto ambiental, utilizando bibliografia e documentos, fontes secundárias do PAD-CT / CIAMB / UFRGS, plantas urbanas e industriais além de legislação ambiental.

Levantamento socioeconômico utilizando técnicas de pesquisa social (observação participante, entrevistas e questionários), dados estatísticos e demográficos.

Elaboração do programa de educação ambiental, com emprego de material pedagógico e audiovisual (transparências, *slides* e painel) e material de divulgação (*folders*).

## RESULTADOS PARCIAIS

Os processos dominantes da produção econômica do espaço urbano do mu-

nício de Charqueadas, associados à apropriação dos recursos naturais configuram uma complexa articulação do capital e do risco ecológico.

Após analisar os pressupostos teóricos da educação ambiental, aplicamos um questionário para os professores das seguintes escolas: Escola Municipal de 1º Grau Pio XII, Escola Municipal de 1º Grau Artur Dornelles, Escola Estadual de 1º Grau Piratini, Escola Estadual de 1º Grau Prof. Henri Duplan e Escola Estadual de 1º e 2º Graus Assis Chateaubriand. O objetivo deste questionário era fazer uma relação das atividades de educação ambiental que foram desenvolvidas nas escolas, identificar os resultados alcançados, que segmentos da comunidade foram atingidos e, principalmente, que outras informações (metodológicas, bibliográficas, científicas, institucionais, econômicas, legislativas e políticas) os professores teriam interesse de receber. Num segundo momento, foram marcadas reuniões com estes professores para apresentar o projeto de dissertação de mestrado e, sobretudo intercambiar sugestões para a formulação de subsídios para o programa de educação ambiental.

A análise dos programas de gerenciamento ambiental nas empresas está em andamento com resistências na obtenção de documentos e acessibilidade no ambiente interno, sobretudo nas empresas ATH, AFP, ELETROSUL e COPELMI. Nesta fase estão sendo aplicados questionários para investigar a gestão e o monitoramento ambiental, além de levantamento de dados sobre saúde, visão empresarial, qualidade da gestão ambiental da água, do ar, dos resíduos sólidos, ações cooperativas, relações da empresa com a comunidade e percepção ambiental.

## CONCLUSÕES

O processo de construção do conhecimento objetivou a conscientização sobre a transfiguração progressiva da paisagem urbana devido a aceleração dos espaços degradados pelas indústrias.

A questão ecológica envolve áreas multidisciplinares e a educação ambiental gera o intercâmbio de experiências, estimulando o diálogo visando a participação da comunidade na problemática ambiental. O programa de educação ambiental poderá ser introduzido progressivamente, na rede escolar, dando coerência a um compromisso permanente. A introdução de critérios ambientais na gestão empresarial é uma necessidade cada vez mais reconhecida. As empresas não podem considerar-se alheias, elas têm não somente uma grande responsabilidade em matéria ambiental como também possibilidade de institucionalizar a prática de ações voltadas à gestão do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. O conhecimento da ciência. *Ecologia e Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, v.3, n.39, p.13-16, maio 1994.
- ANTUNIASSI, Maria H. Rocha. Educação ambiental e planejamento micro regional: ponto de

- vista e proposta de trabalho. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.40, n.5, p.448-451, maio 1988.
- DIAS, Genebaldo F. *Populações marginais em ecossistemas urbanos*. Brasília: IBAMA, 1989. 109p.
- DOCUMENTACIÓN E INFORMACIÓN PEDAGÓGICAS. *Educación Ambiental*, Paris, v.54, n.217, out./dez. 1980.
- ECKERT, Cornélia. *Os homens da mina: um estudo das condições de vida e representações dos mineiros de carvão de Charqueadas*, RJ. Porto Alegre, 1985. Dissertação (Mestrado em Antropologia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas UFRGS, 563f.
- EVANS, J. *Education and environmental crisis*. Camberra: Academy of Science, 1970.
- FELLENBERG, G. *Introdução aos problemas da poluição ambiental*. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980. 186p.
- FERREIRA, Lúcio da Costa. *Os fantasmas do vale: qualidade ambiental e cidadania*. Campinas: Ed. UNICAMP, 1993. 187p.
- FRANCO, Tânia. Riscos industriais: de desafio a instrumento de opressão. *Caderno CRH*, Salvador, n.1, p.127-143, 1987.
- GUIDUGLI, Marta M. Barreto. A problemática ambiental das atividades de mineração a céu aberto. *Revista de Geografia*, São Paulo, n.4, p.69-73, 1985.
- HALPERN, León. Desarrollo, educación y ecología. *Revista del Instituto de Investigación Educativa*, Buenos Aires, n.1, p.69-82, maio 1975.
- INDUSTRY AND ENVIRONMENT. Paris: UNEP IE/PAC, v.16, n.4, oct./dec., 1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Comissão Técnica de Meio Ambiente. *Mineração e meio ambiente: impactos previsíveis e formas de controle*. 2.ed. Belo Horizonte: IBM, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. *Legislação ambiental brasileira de interesse para a siderurgia*. Rio de Janeiro: IBS, 1988. 122p.
- CHARQUEADAS. Câmara Municipal. *Lei orgânica do município de Charqueadas*. Porto Alegre: Fotorletras, 1990. 66p.
- LUND, Herbert F. Lund. *Manual para el control de la contaminación industrial*. Madrid: Malvar, 1974. 1043p.
- MATSUSHIMA, Kazue et al. *Educação ambiental: guia do professor de 1 e 2 graus*. São Paulo: CETESB, 1987. 292p.
- MILARÉ, Édís; BENJAMIN, Antonio Herman. *Estudo prévio de impacto ambiental: teoria, prática e legislação*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1993. 245p.
- MOSQUERA, Juan José M. Educação ambiental enquanto educação permanente. *Veritas*, Porto Alegre, v.29, n.16, p.523-533, dez. 1984.
- MÜLLER, Alberto Antônio et al. *Perfil analítico do carvão*. Porto Alegre: DNPM, 1987. 140p.
- NOER, Renato. Mina, uma questão de economia. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1984. 61p.
- PFADENHAUER, J. Winkler, S. *Estudos sobre a problemática eco-paisagística das áreas de deposição de rejeitos de mineração*. Porto Alegre: UFRGS/GRAFISA, 1978. p.261-269.
- PIRES, Saldino Antônio. *Conhecendo minha cidade*. Charqueadas: Folha Mineira, 1994. 22p.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. *Relatório da reunião de instalação do Comitê Consultivo do Meio Ambiente para a Indústria Siderúrgica do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: PNUMA, 1985.
- RÊGO, E. C. L.; HOEFEL, J. L. O empresariado e o desenvolvimento sustentável: as propostas do Conselho Empresarial para o desenvolvimento sustentável. In: RODRIGUES, A. M. (Org.). *Meio ambiente: eco da eco*. Campinas, 1993.
- REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS. São Paulo: EAESP/FGV, v.32, n.2, p.6-13, abr./jun. 1992.
- REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS. A interação homem-natureza no futuro da cidade. Florianópolis: Ed. UFSC, n.14, 1992.

- RIBEIRO, Carmem. Disposição de rejeito industrial siderúrgico através de reciclagem. *Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente*, v.4, n.1, p.40-44.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Desenvolvimento Econômico Social. *Aspectos sócio-econômicos dos municípios do Rio Grande do Sul 1991/1992*. Porto Alegre: Gráfica e Editora Pallotti, 1992.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente. *Recuperação das áreas mineradas a céu aberto: uma necessidade*. Porto Alegre, 1983. p.1-17.
- RODRIGUES, Leoncio Martins. *Industrialização e atitudes operárias*. São Paulo: Brasiliense, 1970. p.
- SANTOS, Milton. Objetos e ações: dinâmica espacial e dinâmica social. *Geosul*, Florianópolis, v.7, n.14, p. 49-59, 1992.
- SEMINÁRIO SAÚDE AMBIENTAL, 1990. Porto Alegre. *Anais...*, Porto Alegre: Dubos, 1990. 180p.
- SPOSITO, Maria E. Beltrão. Espacialidade, cotidiano e poder. *Geosul*, Florianópolis, n.14, p.60, 1992.
- SULZBACH, Ervino L. *Perfil de um minerador*. Arroio dos Ratos: PBS, 1989. 128p.
- TORRES, H. G. Indústrias sujas e intensivas em recursos naturais: importância crescente no cenário industrial brasileiro. In: MARTINE (Org). *População, meio ambiente e desenvolvimento: verdades e contradições*. Campinas: UNICAMP, 1993. p.43-67.
- VILLAR, Roberto; TOSI, Juarez. Uma usina de carvão ameaça poluir com mais de 15% o ar de Porto Alegre. *Núcleo de Ecojornalistas*, Porto Alegre, v.1, n.2, p.1, dez. 1993. Suplemento Versão Ecológica.

# **PERSPECTIVAS DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: O EXEMPLO DA REGIÃO CARBONÍFERA DO BAIXO JACUÍ - RS**

Edson Luiz Lindner  
Hans Georg Flickinger  
Cornélia Eckert

## **INTRODUÇÃO**

O Ambiente, neste trabalho, é pensado como sendo o sistema que envolve uma comunidade de pessoas, com sua parte física, onde está o ambiente natural e onde os seres humanos interagem com os demais componentes vivos e não vivos; a parte socioeconômica, onde se observam todas as relações de produção e consumo de bens materiais e de capital; a parte cultural onde estão inseridas as tradições, os costumes, as normas de coexistência e a vivência de valores; por fim, a parte política, onde o exercício da cidadania orienta as ações e tomadas de decisões.

Nessa perspectiva, o componente educacional deve ter a preocupação de informar e formar pessoas, sem qualquer modo de discriminação, com o objetivo de torná-las cidadãs preparadas para viverem sob uma nova visão de sociedade. O sistema educacional deve buscar ações e estratégias para que as pessoas entendam as relações atuais de produção e consumo, bem como as futuras implicações, decorrentes da continuidade da utilização dos recursos naturais até a exaustão, que causariam irreversíveis problemas na manutenção da vida em nosso planeta. A partir desses considerandos, a pesquisa foi desenvolvida e parte de seus resultados.

Acredita-se que uma educação ambiental, como uma nova filosofia de vida, deva permear o nosso fazer científico e acadêmico. Não como uma educação apenas ecológica que busca, no conhecimento das relações entre seres vivos e seu ambiente natural, explicações parciais para fatos observáveis. Não como atividades esporádicas que coloquem as pessoas em contato com a natureza por um tempo limitado de suas

vidas. Não como uma disciplina a ser inserida nos currículos escolares e que pode se perder em mais um dos compartimentos de nossa prática cartesiana.

Uma efetiva educação ambiental, deve ser: crítica e inovadora; individual e coletiva; formadora de cidadãos com consciência local e global; não neutra, mas ideológica, como um ato político baseado em valores coletivos que busquem uma transformação social; estimuladora da solidariedade, da igualdade e do respeito aos direitos da pessoa e seu ambiente; integradora de conhecimentos e teorias das mais diversas áreas, tornando-se uma poderosa ferramenta do desenvolvimento de uma ética sobre o compartilhar das mais diferentes formas de vida e recursos em nosso planeta.

Assim, um trabalho amplo, com auxílio mútuo de pesquisadores das ciências naturais e sociais, deve se tornar freqüente, permitindo um enriquecimento na pesquisa em Ciências Ambientais.

Feitas estas ponderações, verifica-se que a pesquisa contribuiu, ainda que de forma modesta e inicial, para o debate acerca das questões ambientais e sua inclusão na esfera educacional. Procurou-se, de forma participativa, a inserção das comunidades dos municípios de Arroio dos Ratos, Butiá e Minas do Leão. O contato com professores, educadores, alunos e comunidade em geral permitiu verificar que a preocupação com o ambiente está presente no cotidiano de cada pessoa, algumas vezes mais efetiva, outras vezes mais incipiente.

A compreensão da estrutura socioambiental, e dos aspectos históricos são importantes componentes que devem estar presentes no momento do planejamento de ações e atividades ambientais. Não é suficiente o estabelecimento de excelentes pesquisas e completos Relatórios de Impacto Ambiental, se grande parte da população, não os compreendem e não conseguem interpretá-los. A educação ambiental se faz necessária para que as pessoas sejam esclarecidas e possam, de maneira consciente e cidadã, opinarem sobre projetos que certamente influenciarão suas vidas e suas comunidades por muito tempo.

O trabalho mostra as características socioambientais das comunidades estudadas, a partir da observação da problemática ambiental da região, resultado de mais de um século de exploração de carvão, que deixou seqüelas de poluição e cinzas por toda parte. Constatam-se as atuais dificuldades de ordem econômica e social, provocadas pela redução da exploração deste recurso energético e pela falta de alternativas e de um planejamento estratégico, que possa suprir a demanda de mão obra e dar equilíbrio financeiro aos municípios. A partir da observação da realidade local, constatam-se, também, os problemas de ordem ambiental.

Depois de coletar dados, por meio de pesquisa empírica e de várias atividades de campo pelos três municípios escolhidos, elaborou-se a caracterização das condições ambientais e do sistema de ensino desses municípios. O suporte teórico é decorrente da leitura de várias obras, e também, por meio da identificação com as idéias de alguns pensadores, dentre os quais destacam-se Antônio Gramsci, Paulo Freire e Agnes Heller.

Ao final do trabalho, elaborou-se uma proposta que considera os pressupostos de uma educação ambiental, como foi descrita anteriormente, e que possa subsidiar a busca de ações concretas, no que se refere às questões ambientais, bem como na proposição de trabalhos aos organismos responsáveis pela educação nessas cidades, seja de maneira formal ou informal.

Ao término da pesquisa, vários pontos positivos e inúmeras tarefas são consideradas como fatores importantes e decisivos na mudança necessária da relação entre o ser humano e a natureza. Um trabalho como o do Centro Municipal de Ciências de Butiá, que procura auxiliar as escolas no desenvolvimento de atividades ambientais, deve ser ampliado para outros municípios. O ensino da história de cada município e da região, bem como as análises dos costumes e tradições, poderiam ser assimilados pelos currículos escolares. Executar atividades em conjunto com as associações de bairros, onde os problemas locais, como a infra-estrutura de cada bairro, sejam discutidos e soluções buscadas juntos aos órgãos responsáveis.

Um outro trabalho possível de ser efetivado seria a criação de um fórum onde as questões ambientais pudessem ser debatidas pelos vários atores sociais, tais como lideranças da área administrativa, da área política, da área econômica, entidades comunitárias ligadas à saúde, educação, assistência social e os líderes comunitários. Um diálogo franco e aberto na busca da cooperação e na comunhão das idéias. Promover atividades, inicialmente multidisciplinares, nos currículos de todas as escolas e em todas as séries, buscando, sempre que possível, um enfoque interdisciplinar, onde as questões ligadas ao ambiente sejam vivenciadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOTI, Pascal. *História da ecologia*. São Paulo: Campus, 1990. 213p.
- ANTUNIASSI, Maria Helena R. Educação ambiental e planejamento microrregional: ponto de vista e proposta de trabalho. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.40, n.5, maio 1988. 448p.
- BOSI, Ecléa. *Cultura de massas e cultura popular. Leituras de operárias*. Rio de Janeiro: Vozes, 1972.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. *Educação ambiental: projeto de divulgação de informações sobre educação ambiental*. Brasília: MEC/IBAMA, 1991. 19p.
- BUNSEN, Heinrich A. W. *A mineração do carvão no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria de Energia, Minas e Comunicação do RS. Conselho Estadual do Carvão do RS, 1984.
- CASTRO, Ronaldo Souza de; PEDROSA, Erivaldo. Educação ambiental: em busca de uma conceituação. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.44, n.7, jul. 1992. 336p. Resumos das reuniões anuais da SBPC.
- CEDES. Centro de Estudos Educação e Sociedade. *Educação Ambiental*, São Paulo, n.29, 1993. Cadernos do CEDES.
- CEDI. *Educação ambiental: uma abordagem pedagógica dos temas da atualidade*. CEDI-CRAB, 1992. 80p.
- CUNHA, Maria F.N. da. A pedagogia holística face às exigências de uma nova educação. *Tecnologia Educacional*, Rio de Janeiro, v.20, n.98/99, jan./abr. 1991.
- DIAS, Genebaldo F. Os quinze anos de educação ambiental no Brasil: um depoimento. *Aberto*, Brasília, v.10, n.49, jan./mar. 1991.
- DIAS, Genebaldo F. *Educação ambiental: princípios e práticas*. São Paulo: Ed. Gaia, 1992. 399p.
- \_\_\_\_\_. Educação ambiental: valores humanos e estilos de vidas sustentáveis. *Boletim Informativo da Universidade Livre do Meio Ambiente*, Curitiba, v.2, n.11, jul./ago. 1993.
- DISINGER, John. Environmental education for sustainable development. *The Journal of Environmental Education*, v.21, n.4, verão 1990.

- ECKERT, Cornélia. *Os homens da mina: um estudo das condições de vida e representações dos mineiros de carvão de Charqueadas*, RJ. Porto Alegre, 1985. Dissertação (Mestrado em Antropologia). Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UFRGS.
- ELY, Aloísio. *Economia do meio ambiente*. 4.ed. Porto Alegre: FEE, 1990. 180p.
- \_\_\_\_\_. *Desenvolvimento sustentado e meio ambiente: uma abordagem holística e integrada da política, da economia, da natureza e da sociedade*. v.1: Rumo à sociedade do futuro: que filosofia, moral e ética? Porto Alegre: FEPLAM. 1992. 257p.
- FAZENDA, Ivani. (Org.) *Metodologia da pesquisa educacional*. 3.ed. São Paulo: Cortez, 1989. 174p.
- FERREIRA, Lúcia da Costa. *Os fantasmas do vale*. Campinas: Ed. da Unicamp, 1993. 188p.
- FERRY, Luc. *A nova ordem ecológica. A árvore, o animal, o homem*. São Paulo: Ensaio, 1994. 193p.
- FLICKINGER, Hans G. O. Ambiente epistemológico da educação ambiental. *Educação e Realidade*, Porto Alegre, v.19, n.2, jul./dez. 1994.
- FREIRE, Paulo. *Extensão ou comunicação*. 7.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983. 93p.
- \_\_\_\_\_. *Pedagogia do oprimido*. 12.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- \_\_\_\_\_. *Educação e mudança*. 9.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985. 79p.
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1989.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Educação. Diretoria Pedagógica. Comissão de Educação Ambiental. CEA/SE. *Subsídios de educação ambiental*. 2.ed. Porto Alegre, 1993. 2v.
- \_\_\_\_\_. *Projeto Pró-Guaíba*. Secretaria de Educação. Subprograma n.6. Educação Ambiental. Gestão 1991-94.
- GRÜN, Mauro. *Questionando os pressupostos epistemológicos da educação ambiental: a caminho de uma ética*. Porto Alegre, maio 1995. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Educação, FAGED/ UFRGS.
- GUATTARI, Félix. *As três ecologias*. 5.ed. Campinas: Papyrus, 1995. 56p.
- HELLER, Agnes; FEHÉR, Ferenc. *Políticas de la postmodernidad*. Barcelona: Península, 1989. Ensaio de crítica cultural.
- \_\_\_\_\_. *Historia y futuro. Sobrevivirá la modernidad?* Barcelona: Península, 1991.
- \_\_\_\_\_. *O cotidiano e a história*. São Paulo: Paz e Terra, 1992. 121p.
- HOFF, Geltrudes N. *Butiá em busca de sua história*. Butiá: Gráf. Ed. PBS, 1992. 281p.
- INEP. *Desenvolvimento e educação ambiental*. Brasília, 1992. 183p. Série Encontro e Debates, 6.
- LADRIERE, Jean. Ecofilosofia: um terceiro mundo. *Revista de Educação AEC*, Brasília, v.17, n.68, abr./jun. 1988.
- LEITE LOPES, José Sérgio. *O vapor do diabo: o trabalho dos operários do açúcar*. 2.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.
- \_\_\_\_\_. *A tecelagem dos conflitos de classe na cidade das chaminés*. Brasília: EdUnB; São Paulo: Marco Zero/MCT/CNPq, 1988.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986. 99p. Temas Básicos de Educação e Ensino.
- LUTZENBERGER, José et al. *Política e meio ambiente*. Porto Alegre: Mercado Aberto, 1986. 116p.
- \_\_\_\_\_. *Manifesto ecológico brasileiro. Fim do futuro?* Porto Alegre: Movimento, 1980. 98p.
- MACIEL, Maria Delourdes; LINDNER, Edson L.; PALADINO, Frutuoso R. Uma atividade integradora: trabalho de campo na Reserva Ecológica de Itapuá. *Cadernos do Aplicação*, Porto Alegre, v.4, n.1/2, jan./dez. 1989.
- MACIEL, Maria D.; LINDNER, Edson L. Educação ambiental: por quê? *Cadernos do Aplicação*, Porto Alegre, v.5, n.1, jan./jun. 1990.
- MARQUES, Mário O. O mundo da vida cotidiana e a educação. *Contexto e Educação*, Ijuí-RS, Livraria UNIJUÍ Editora, abr./jun. 1991.

- McKIBBEN, Bill. *O fim da natureza*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990. 219p.
- MOSER, Antônio. *O problema ecológico e suas implicações éticas*. 2.ed. São Paulo: Vozes, 1984. 78p.
- NOSELLA, Paolo. *A Escola de Gramsci*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1992. 149p.
- OLIVEIRA, Betty; DUARTE, Newton. *A socialização do saber escolar*. 2ed. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1986. (Coleção Polêmicas do Nosso Tempo, 18.)
- PENTEADO, Heloísa Dupas. *Meio ambiente e formação de professores*. São Paulo: Cortez, 1994. 120p. (Coleção Questões de Nossa Época, v.38.)
- PEREIRA, Antonio B. *Aprendendo ecologia através da educação ambiental*. Porto Alegre: Sagra/DC Luzzatto, 1983. 94p.
- PETER, Laurence J. *Competência planejada. Uma proposta para sobrevivência*. 2.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994. 178p.
- PIRES, Saldino A. *Charqueadas: sua origem, sua história, sua gente*. 1.ed. Charqueadas, RS: Folha Mineira, Jornal e Gráfica, 1986. 156p.
- \_\_\_\_\_. *Conhecendo minha cidade*. Estudos Sociais. 3.série do primeiro grau. Charqueadas, RS: Folha Mineira, Jornal e Gráfica, 1994. 21p.
- PLATONOW, Vladimir. Criciúma: grande salto industrial e política ambiental. *Ecologia e Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, Ed. Terceiro Mundo, v.5 n.54, ago. 1995.
- REVISTA DO SEITE. Porto Alegre: Fundação de Economia e Estatística. FEE, RS, v.1, n.2, 1980.
- SÃO PAULO. Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Diretoria de Educação Ambiental. *Educação ambiental: guia do professor de 1º e 2º graus*. São Paulo: CETESB, 1987. 297p. Edição Piloto.
- SCHERER-WARREN, Ilse; KRISCHKE, Paulo J. *Uma revolução do cotidiano? Os novos movimentos sociais na América Latina*. São Paulo: Brasiliense, 1987.
- SCHMIED-KOWARZIK, Wolfdietch. *Pedagogia dialética. De Aristóteles a Paulo Freire*. São Paulo: Brasiliense, 1983. 142p.
- SIMCH, Carlos A. *Monografia de São Jerônimo*. São Jerônimo, 1961. 463p. (Edição Comemorativa do Centenário.)
- STALLONE, Giuseppe. O homem e o meio ambiente na reflexão de Gramsci. *Veritas*, Porto Alegre: EDIPUCRS, v.38, n.149, mar. 1993.
- SULZBACH, Ervino L. *Arroio dos Ratos: berço da indústria carbonífera nacional*. 2.ed. Arroio dos Ratos, RS: 1989a. 175p.
- SULZBACH, Ervino L. *Perfil de um minerador*. 1.ed. Arroio dos Ratos, RS: Ed. Gráfica PBS. 1989b. 128p.
- TANNER, R. Thomas. *Educação ambiental*. São Paulo: SUMMUS/EDUSP, 1978. 158p.
- TEITELBAUM, Alejandro. *El papel de la educación ambiental em América Latina*. Paris: UNESCO. 1978. 120p.
- TEIXEIRA, Sérgio; ORO, Ari P. (Org.). *Brasil e França: ensaios de antropologia social*. Porto Alegre: Ed. da Universidade - UFRGS. 1992. 167 p.
- THOMAS, Keith. *O homem e o mundo natural*. 2.impr. São Paulo: Cia das Letras. 1989. 454p.
- THIOLLENT, Michel. *Metodologia da pesquisa. Ação*. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1986. 108p.
- UNESCO. *Conferencia intergubernamental sobre educación ambiental-Tbilisi (URSS)-1977*. Paris, 1978. 103p. Informe final.
- \_\_\_\_\_. *Connect*, v.15, n.4, dez. 1989.
- \_\_\_\_\_. *Tendencias de la educación ambiental*. Paris: UNESCO, 1979. 275p.
- \_\_\_\_\_. *A guide on environmental values education*. Paris: Division of Science, Technical and Environmental Education, 1985. 106p. (Environmental Education Series 13.)

- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Educação ambiental. *Revista Ciência e Ambiente*, Santa Maria, Ed. da UFSM/Ed. da UNIJUÍ. jan./jun. 1994.
- VIEITEZ, Candido G. *Os professores e a organização da escola*. São Paulo: Autores Associados/Cortez, 1982. 164p. (Coleção Educação Contemporânea.)
- VERDUM, R.; MEDEIROS, Rosa M. V.(Orgs.). *RIMA. Relatório de impacto ambiental: legislação, elaboração e resultados*. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS. 1992. 125p.
- WWF-ECOPRESS. Tratado de educação ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global. *Educador Ambiental*, São Paulo, v.1, n.1, nov. 1993.

# **O ENSINO DE ECOLOGIA NAS ESCOLAS DE PRIMEIRO GRAU DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RS – PERCEPÇÕES DOS PROFESSORES DE CIÊNCIAS**

Maria das Graças Arêde  
Karen Beltrame Becker

## **INTRODUÇÃO**

A aparição do homem na Terra teria se dado há aproximadamente dois milhões de anos. Contudo, o cultivo de plantas teria iniciado apenas há nove mil anos, enquanto que a domesticação de animais teria ocorrido há oito mil anos (CURRY e LINDAHL, 1975). Pode-se ver que a interação do homem no seu meio ambiente é mais ou menos recente, tendo sido igualmente lenta no passado.

A evolução cultural do homem tal como se conhece hoje teria iniciado nos últimos dois mil anos, sendo que apenas nos últimos cem anos começou uma evolução tecnológica muito acentuada, cujo limite parece não existir. É precisamente essa última evolução que compromete o hábitat do homem pelo consumo excessivo dos recursos naturais (CURRY e LINDAHL, 1975).

Na medida em que esse desenvolvimento crescia, também a população aumentava. Após dois milhões de anos, em torno de 1850, a população do globo atingia um bilhão.

Em 1930 esse número havia dobrado (CURRY e LINDAHL, 1975). Em 1970 a população mundial cresceu para 3,6 bilhões.

Crescendo em torno de 11,9% ao ano, a população deveria atingir mais de 7 bilhões até o ano 2000. Não obstante, ecologistas acreditam que a população ótima seria a de meio bilhão, reduzindo os problemas ambientais atuais.

As taxas de natalidade e de mortalidade eram os fatores que até então regula-

vam as populações. Controladas por meios naturais, a população aumentava lentamente (CURRY e LINDAHL, 1975). A redução dos controles naturais deve-se ao avanço das ciências médica e agrícola.

Outro aspecto a considerar em relação ao aumento populacional é de que a medicina manterá vivos indivíduos que teriam sido eliminados por fatores ambientais em populações naturais. Assim, a espécie evoluiu mantendo a sua qualidade. No momento atual, as sociedades humanas se reproduzem sem qualquer controle: sejam eles saudáveis ou defeituosos (CURRY e LINDAHL, 1975).

O tempo de vida humana foi consideravelmente prolongado, podendo esta reproduzir-se por mais tempo. Não obstante, um aumento populacional conduz a diminuição da qualidade dos padrões de vida e ambientais para muitas pessoas. Dessa forma, o controle da natalidade e o aumento da produção de alimentos têm sido apontados como meios para reduzir o problema.

Em relação a essa questão da superpopulação e da escassez de alimentos, em 1974 um grupo de cientistas do Massachusetts Institute of Technology previra que os limites de crescimento do planeta estavam chegando ao fim, ocorrendo um declínio da capacidade industrial, assim como uma escassez de alimentos, devido ao aumento incontrolável da demanda.

Previsões semelhantes foram feitas pelo Relatório Global 2000, encomendado pelo então presidente dos EUA, Jimmy Carter, no qual previa-se igualmente a exaustão dos recursos naturais (ANDERSON e LEAL, 1992).

Tais conclusões levaram agricultores americanos a endividar-se, comprando terras. Governos de países desenvolvidos passaram cada vez mais a subsidiar suas agriculturas, aumentando substancialmente a oferta de alimentos. Enquanto a demanda potencial por alimentos cresce vertiginosamente, a demanda efetiva anda a passos curtos. Com uma concentração mundial de renda como a que existe atualmente, o resultado acaba por mostrar excesso de oferta de alimentos de um lado e restrições quanto a demanda efetiva de alimentos de outro. Evidentemente a questão ecológica quando analisada por diferentes ângulos, inclusive por este, não vê outra saída senão a distribuição da renda.

Outro aspecto a salientar é que quase sempre os ganhos com o crescimento econômico às custas da desorganização ambiental ficam com as classes altas, enquanto que as áreas deterioradas por problemas de poluição ficarão entre aquelas ocupadas pela massa de trabalhadores pobres (ANDRADE, 1975).

A estrutura atual da distribuição de renda exerce dupla pressão sobre os recursos: a pressão dos ricos e a dos pobres.

“De um lado, é necessário dar-se conta que há duas espécies de poluição bem distintas: a poluição da riqueza ostentatória e a da indigência. A primeira caracteriza-se por certa dissipação de recursos e por poluições que o uso desses recursos acarreta, quer em nível de produção, quer em nível de consumo; a segunda provém da falta do mínimo de recursos necessários para solucionar problemas elementares de abastecimento de água potável, higiene pública etc... Paradoxalmente, tanto a cultura da riqueza como a da pobreza adotam freqüentemente uma atitude predatória quanto ao acervo de recursos

naturais: a primeira, na ânsia de ver crescer o seu consumo material; a segunda, pela obrigação, em que se encontra, de explorar abusivamente as terras marginais e os poucos recursos de que dispõe para tirar sustento.” (ANDRADE, 1975, pg. 54)

Para ELY (1990) a questão ambiental necessita da integração institucional do setor público com o setor privado na medida em que há necessidade de melhor avaliar as políticas de desenvolvimento econômico, dimensionamento e alocação dos fluxos populacionais. Para esse autor (ELY, 1990) as causas do problema ambiental, poluição e degradação das economias advêm da produção excessiva de resíduos agropecuários, industriais e urbanos.

A história mostra que a degradação ambiental não é algo novo. Países atualmente desérticos do Oriente Médio estavam outrora cobertos de vegetação, a qual desapareceu devido ao mau uso da terra por longos períodos.

A radioatividade em países desenvolvidos, como os EUA, está envolvendo um programa que levará de 75 a 100 anos e que poderá superar os custos de todo o programa nuclear militar, custando mais de US\$ 500 bilhões (Gazeta Mercantil, 2ª feira, 19-08-96, página A-14). Não obstante, esse programa dificilmente restaurará a produção do rio Columbia, uma das maiores reservas de salmões do mundo que o programa nuclear extinguiu.

A mudança também se deu em nível de relação natureza-homem. Hoje reconhece-se que a variedade da paisagem, de animais e de plantas é essencial para o espírito humano. Nesse sentido a recreação é importante para a saúde física e mental do homem. A danificação da paisagem restringe o espaço de lazer das pessoas.

A questão ambiental envolveria aspectos físicos, biológicos, sociais e psicológicos. Qualquer um desses elementos pode afetar o ser humano, criando problemas ambientais.

“Uma regra básica de ecologia diz que nada existe por si, tudo integra-se interdependente de uma forma ou de outra.” (ELY, 1990, pg. 133)

Dessa forma, é impossível alterar qualquer coisa no meio ambiente sem que isso deixe de exercer um efeito em cadeia em outros aspectos da vida humana. Configura-se assim o aspecto holístico da vida humana.

Não obstante, a questão ambiental, há bem pouco tempo, era uma questão pouco percebida pelas sociedades, porque só os países até então industrializados perceberam as consequências da degradação ambiental, levando-os a questionar determinadas atividades econômicas.

O modelo imperialista desenvolvido pelas grandes potências após a 2ª Guerra Mundial levava nações desenvolvidas a intensificar a exploração de minerais em países pouco desenvolvidos, a buscar o poderio militar e a supremacia tecnológica apoiados em recursos naturais baratos, extraídos dos países subdesenvolvidos. É então que pouco a pouco uma consciência ecológica vai se formando à partir da década de 60. Lado a lado, grupos conservacionistas, preocupados com a proteção da flora e da fauna, unem-se a grupos ativistas que questionam o modelo de desenvolvimento calcado em empreendimentos econômicos e militares (RIBEIRO, 1992).

Não obstante, no terceiro mundo, amargando a fome e o subdesenvolvimento, a questão ambiental só tomava corpo a partir da década de 80. Na medida em que o desenvolvimento vai penetrando nos países periféricos, ele o faz desalojando o produtor tradicional de seu local de trabalho e meio de vida e introduzindo combinações de insumos que beneficia economicamente apenas uma minoria, deixando em seu rastro bolsões de miséria, que custarão a ser reintegrados ao meio econômico, bem como cita ELY (1990):

A organização da vida econômica baseada no princípio de livre mercado, da livre iniciativa nas economias ocidentais, joga um papel preponderante sobre a questão ambiental. Esse sistema econômico não tem nenhum compromisso e respeito com a natureza e com o ônus social decorrentes de suas externalidades. (ELY, 1990, Pg.136)

A partir desse ponto, as populações pobres passaram a resistir a destruição de seu modo de vida no meio rural. Nas periferias das cidades organizam-se, a partir de 1970, movimentos que lutam pelo direito de obter saneamento básico, rede de água e esgoto, atendimento à saúde e serviço de coleta de lixo. A estes, unem-se ambientalistas que lutam pela melhoria do ambiente urbano (RIBEIRO, 1992).

Na medida em que esses grupos surgem, suas reivindicações vão sendo incorporadas às discussões políticas e assim surge, em 1972, em Estocolmo, a conferência internacional para discussão da sobrevivência do planeta. Nessa conferência colocava-se que o crescimento econômico contrapunha-se à preservação do meio ambiente.

Somente em 1983, a ONU criou a comissão mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. A partir daí, cria-se o conceito de desenvolvimento sustentável definido como: “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das populações futuras atenderem as suas próprias” (RIBEIRO, 1992).

O modelo de desenvolvimento até então utilizado aumentava a pobreza e degradação ambiental. Esta última devido ao uso de tecnologias poluidoras. Já a pobreza, advinda pelo aumento populacional desenfreado, principalmente do Terceiro Mundo.

Uma nova conferência é feita pela ONU em junho de 1992, no Rio de Janeiro, que se chamou a ECO 92. As resoluções foram as seguintes:

- Declaração do Rio, que estabelece os princípios e compromissos para preservação do planeta.
  - Agenda 21- Programa de ação para implementar o desenvolvimento sustentável.
  - Conservação da Biodiversidade- assinada por todos os países presentes, exceto os EUA.
  - Alterações climáticas.
  - Acordo sobre florestas tropicais.
  - Acordo sobre transferência de tecnologias e recursos financeiros.
- (RIBEIRO, 1992)

A economia da utilidade seria orientada para o lucro imediato no negócio mercantilista, produzindo, consumindo e poluindo em um ciclo interligado (ELY, 1990). Contudo, a conferência do Rio concluía que era preciso incorporar a esses objetivos tradicionais o de meio ambiente e natureza.

Mas a geração e o consumo de energia seria a mola principal do atual desenvolvimento econômico. Não haveria, nem industrialização, nem urbanização sem aumento do consumo de energia. Contudo, 88% da energia produzida no mundo atualmente vem da queima de combustíveis fósseis, quais sejam: petróleo, carvão mineral e gás natural, os quais são recursos não renováveis.

Além da questão do esgotamento desses recursos, a sua queima está provocando o efeito estufa e a acidificação do solo e das águas, comprometendo a pesca e a agricultura, ameaçando a saúde e contaminando alimentos. Assim surge a proposta de buscar o desenvolvimento sustentável, onde os recursos utilizados seriam cuidadosamente estudados, de forma a causar o mínimo possível de efeitos danosos ao meio ambiente e a sociedade humana.

Até as últimas décadas, o carvão fora a fonte mais solicitada para o fornecimento de energia e calor. Mas no final do século XIX essa posição passa a ser gradativamente tomada pelo petróleo. Não obstante, oportunidades novas de utilização do carvão na indústria química vão surgindo (PEYRET, 1961). Países como EUA, a CEI, a Alemanha, a Holanda, a Bélgica, a França, a Inglaterra possuem e utilizam carvão para o seu desenvolvimento (PEYRET, 1961).

No Brasil, os recursos carboníferos são, na sua maioria, de baixa qualidade, servindo mais a geração de energia do que à siderurgia. Sua extração contudo, data do século passado.

Semelhantemente às formas de desenvolvimento adotadas pelos países desenvolvidos, a Região Carbonífera do RS nasceu sem que houvesse uma política de desenvolvimento estratégica para a sustentabilidade da Região.

O carvão era extraído muitas vezes às margens dos inúmeros córregos que descem para o rio Jacuí, o mesmo rio que banha, dá a água e o peixe, irriga as culturas de arroz da Região e o que é pior: absorve os dejetos urbanos das cidades estudadas.

Da idéia de desenvolvimento sustentável esboça-se uma tímida política de meio ambiente, onde a educação não poderia ficar de fora. Em que pese a pressão vinda do Exterior para que se adote um modelo educacional ambiental, o executivo brasileiro limitou-se a protocolos de intenções, enquanto que nos Estados Unidos a questão ecológica já é assunto de *workshops* para professores.

Só há pouco tempo representantes do IBAMA e do MEC elaboraram um encarte na revista Nova Escola, contendo orientações básicas sobre Educação Ambiental, o qual seria considerado o primeiro documento oficial brasileiro sobre Educação Ambiental (PAGNOCCHESCHI, 1993).

Segundo PAGNOCCHESCHI (1993) as propostas educacionais voltadas à questão ecológica são muitas, sendo que algumas voltam-se para a formação de professores e outras são mais abrangentes, não envolvendo diretamente o conhecimento da natureza, mas que discutem a melhoria da qualidade de vida e geram a construção de valores, principalmente relacionados ao comprometimento pessoal com o meio que lhe cerca.

Dentro dessa visão ampla, o projeto PADCT-CIAMB foi concebido, tendo como um dos estudos multidisciplinares o projeto “Energia e Meio Ambiente: A Questão do Carvão no Rio Grande do Sul”. Dentro de uma visão holística, vários subprojetos foram desenvolvidos, incluindo a educação ambiental na região do carvão. Por conse-

guinte, o presente estudo teve como objetivo: 1. Analisar as experiências educacionais ambientais dos professores das regiões estudadas; 2. Entender as percepções desses mesmos professores em relação a questão ecológica e seu vínculo com a questão da pobreza; 3. Verificar as relações que os professores fazem com a realidade local e a situação ambiental mundial; 4. Analisar a forma como as percepções dos professores, na questão ambiental, modelaram a sua estratégia educacional.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitos são os estudiosos que têm abordado a questão ecológica sob diferentes pontos de vista. Andrade (1975) aborda a questão ecológica sob o ângulo do desenvolvimento econômico. Teria sido o crescimento exponencial das atividades humanas que estaria levando à exploração predatória do meio-ambiente.

Grupos mais conservadores estariam defendendo frear todo o progresso econômico e técnico, para evitar que a intervenção humana tenha efeitos destrutivos ao meio ambiente. Essa porém não é a posição de Andrade (1975), embora concorde que existam limites ao crescimento econômico. O autor admite que a taxa zero de crescimento e a desindustrialização com o objetivo de preservar o meio ambiente é inaceitável, pois reduziria ainda mais o emprego, gerando mais miséria.

Curry e Lindahl (1975) apontam que, a população, nos últimos cem anos, aumentou quase que sem ser reprimida por fatores ambientais. Porém essa situação dificilmente perdurará para sempre. Curry e Lindahl argumentam que todos os importantes problemas ambientais, que ameaçam a humanidade, são causados basicamente por um fator: população em excesso. Disso decorreria os demais problemas ambientais tais quais, poluição do ar, da água e do solo, além da superexploração dos recursos naturais renováveis, a escassez de alimento, os baixos padrões de vida, as guerras, etc.

Para esses autores o aumento populacional atual estaria indo além da capacidade do ambiente (Curry e Lindahl, 1975). Não obstante, são esses dois autores que reconhecem que o esgotamento dos recursos naturais não ocorre somente em países com excesso populacional, mas também naqueles onde tal problema não acontece. Neste último caso, o problema estaria na tentativa constante de elevar a renda e o padrão de vida nacional. Essa busca envolveria uma perspectiva de curto prazo, sem avaliar a questão ecológica desencadeada, até porque políticos não costumam enxergar muito além do período de seus mandatos. Por sua vez, uma gama não desprezível de cientistas consideram que a habilidade tecnológica resolverá todos os problemas ambientais, cada um a seu tempo. Já os ecologistas e conservacionistas discordam dessa posição, afirmando que os projetos de desenvolvimento oferecidos pelos países desenvolvidos aos subdesenvolvidos têm resultado em uma degradação dos recursos naturais renováveis sem paralelo. Eventualmente, após algum problema ambiental mais sério, alguns políticos tentam tomar medidas curativas ou meramente paliativas.

No que se refere ao julgamento da sociedade em si, parece que os efeitos tecnológicos modernos impediram as pessoas de ver além das vantagens oferecidas. A

sensação de dominar o ambiente, seguida de projetos muito grandes de exploração de recursos em países subdesenvolvidos estão, não raro, criando maiores problemas do que os valores obtidos com os recursos. Não é incomum ver-se uma produção de pesca peruana-chilena exceder a produção total de carne da América do Sul. Seu destino, contudo, não é matar a fome da pobreza sul-americana, mas alimentar galinhas para o comércio americano (Curry & Lindahl, 1975). Na verdade os planejadores precisariam avaliar a troca do prejuízo ambiental em relação ao benefício de qualquer desenvolvimento humano.

Não obstante, embora tenha havido muitas mudanças ambientais causadas pela tecnologia, a maior parte das pessoas resiste em se conscientizar sobre o perigo que existe em quebrar os relacionamentos do ecossistema pelo excesso de dinamismo tecnológico.

Para Anderson e Leal (1992), muitas pessoas consideram incompatível a idéia de livre mercado e de meio ambiente. Não obstante os autores pensam que os processos do mercado podem estimular uma boa gerência de recursos naturais. A exploração ocorreria quando os direitos e deveres não estivessem nem claros, nem bem garantidos. Haveria aí um papel relevante para o Estado. Contudo os autores reconhecem que um bom gerenciamento de recursos naturais depende em muito das informações a que os indivíduos, com interesses próprios, têm sobre o assunto. Se lhes forem informadas as perdas de longo prazo que ocorrerão por mau gerenciamento do patrimônio pessoal de cada um, acredita-se que esse mesmo patrimônio será melhor cuidado. E esse patrimônio será tanto melhor zelado, quanto melhor forem as condições de informação e de análise, em termos de espaço que cada um ocupa no ecossistema.

Já Ely (1990) considera que a organização econômica baseada no princípio do livre mercado não tem nenhum compromisso com a questão ambiental e, conseqüentemente com o ônus social decorrente de suas externalidades. A orientação primordial do livre mercado seria o lucro imediato, dentro do modelo “produzir-consumir-poluir”.

Então a poluição ambiental seria uma conseqüência natural do sistema econômico, que é falho para lidar com os bens coletivos e respectivas externalidades. Ely (1990) defende o papel do Estado e da própria sociedade para promover e redimensionar o comportamento dos agentes econômicos.

Para Ely (1990) a qualidade ambiental não constitui uma prioridade nos países em desenvolvimento, como o Brasil. A qualidade de vida ambiental ficaria longe das prioridades do governo, quando ainda não estão sequer asseguradas formas iniciais de sobrevivência, tais quais assistência médica e alimentação.

Segundo esse mesmo autor (Ely, 1990), não existe também qualquer estudo ou planejamento da parte dos governos estaduais ou municipais, no sentido de administrar seus ecossistemas. Parece que, enquanto as sociedades desenvolvidas vêm usufruindo benefícios pela promoção do controle ambiental, as sociedades em desenvolvimento vêm amargando uma acelerada degradação ambiental.

Nos países de Terceiro Mundo o problema maior referia-se ao desenvolvimento econômico. Para ingressar no grupo dos países desenvolvidos, estas sociedades entenderam que era preciso fazer sacrifícios. Assim tanto a industrialização quanto a urbanização foram acelerados.

Não obstante o desenvolvimento buscado resultou em miséria ainda maior, de boa

parte dessas populações. As sociedades continuaram a ser pobres, subdesenvolvidas e, principalmente, devedoras de recursos para com as sociedades desenvolvidas (Ribeiro, 1992).

O Brasil situa-se neste último grupo, e seus problemas ambientais crescem na medida em que sua industrialização é buscada. A migração pressiona a cada dia mais o meio ambiente, degradando-o tanto no aspecto físico social como psicológico (Ely, 1990). A ocupação do espaço urbano se dá de forma irracional, gerando problemas ambientais maiores à medida que a pobreza e a injustiça social se alastram (Ribeiro, 1992). Cerca de 75% da população brasileira vive em centros urbanos, sendo que 60% da população reside nas nove maiores cidades do País (Ribeiro, 1992). Essa situação gera poluição do ar e poluição sonora. As cidades são formadas sem que haja recursos para isso. O serviço de recolhimento do lixo atinge apenas 50% da população urbana e deste, apenas 3% tem destino adequado. A maior parte do lixo, 63%, é jogado nos rios e 34% é jogado a céu aberto.

São aproximadamente 150 milhões de brasileiros, mas 75 milhões não dispõem de serviço de esgoto, causando um grande número de internações hospitalares. Mais do que isso, há 20 milhões de brasileiros que vivem em área urbana sem água tratada. Os rios estão sendo poluídos e os mares começam a sê-lo (Ribeiro, 1992).

Contrariamente ao que se poderia pensar, o meio rural também apresenta problemas com desmatamentos excessivos, incluindo a Amazônia, desmatamentos de rios, provocando assoreamentos e queimadas por todo o território nacional. A injustiça social também não é característica apenas urbana. O meio rural está cercado de conflitos de terra, invasão de terras indígenas e garimpagem desenfreada.

Não obstante estudiosos do assunto consideram a pobreza o principal problema brasileiro. Enquanto os 10% mais ricos ficam com 50% da renda nacional, os 50% mais pobres dividem 11% da renda nacional. Mais do que o desequilíbrio ecológico, o Brasil enfrenta agora, o desequilíbrio social (Ribeiro, 1992). Em 1973, o Brasil criou o SEMA, mais uma organização institucional grande para combater juridicamente a poluição. Dada a pequena participação do povo na condução política deste País, foi mais um órgão criado sem apoio científico (Ely, 1990), com uma grande estrutura e tímidas ações. A partir de 1979 essa instituição, conjuntamente com outros órgãos, passaram a preparar professores de 2º grau (Ministério de Educação e Cultura, 1979) e em 1985 passaram a preparar também professores de 1º grau para o ensino ambiental (Pagnoccheschi, 1993).

O ensino ambiental porém ainda é muito tímido. As propostas educacionais ambientais desenvolvidas dentro das escolas são muitas, algumas delas são desenvolvidas por empresas, outras por governos e outras ainda, pelas ONG'S.

Muitas atividades ecológicas são desenvolvidas pelas escolas, porém fora dos limites da sala de aula.

Não obstante Pagnoccheschi (1993) salienta que são ainda poucos os professores que tiveram oportunidade de serem treinados e os que foram carecem de um acompanhamento avaliativo de apoio ao educador.

O programa de Educação Ambiental da Divisão Regional de Ensino de Campinas - SP de 1989-90 diz que há a necessidade de se

“potencializar a ação do professor como educador, pesquisador e cidadão, procurando

incentivá-lo a assumir seu papel de fornecedor de animadores grupos sociais” e “a necessidade de conceber e colocar a escola como centro de animação cultural e educacional da sociedade.” (Pagnoccheschi, 1993, pg.22).

Verificou-se que a educação ambiental apresenta um número crescente de ações independentes feitas por diferentes pessoas e ou organizações. Muitas ONG’S nasceram em escolas e universidades e existem trabalhos, nesse sentido, feitos por sociedades civis com o Estado e empresas tomando iniciativas locais.

O papel do Estado tem sido muito tímido nesta área, tanto no desenvolvimento de políticas quanto de iniciativas ambientais (Pagnoccheschi, 1993).

Existe contudo, intenções de apoiar professores locais para a realização de projetos de pesquisa e de desenvolvimento locais, utilizando a escola como ambiente de idéias nesse sentido e levando a criança a uma consciência crítica e responsável do ambiente que a cerca. Esse tipo de apoio, contudo, no Brasil está mais à nível de intenções até o presente momento.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **O modelo de pesquisa**

O método adotado foi o da pesquisa qualitativa.

ARY e outros (1985) colocam que a pesquisa qualitativa, especialmente estudos descritivos, são utilizados para obter-se informação a respeito do status corrente de um fenômeno que se quer estudar. O objetivo maior desse tipo de estudo é descrever o que existe com respeito a uma determinada situação.

Um dos problemas da pesquisa qualitativa é que tanto a validade quanto a confiabilidade dos dados qualitativos dependem das habilidades metodológicas, da sensibilidade e da integridade do pesquisador (PATTON, 1990).

O método utilizado no projeto PADCT foi o da pesquisa holística, onde o fenômeno poluição como um todo foi estudado em seus vários aspectos: água, ar, solo, economia e educação, envolvendo abordagens quantitativas e qualitativas.

Na parte de educação foi estudada a educação formal e informal de gerência produtiva e ambiental no meio rural (ARÊDE, 1996), utilizando métodos quantitativos.

A educação urbana utilizou a pesquisa qualitativa para estudar as percepções dos pais dos alunos das escolas municipais quanto ao problema ecológico das cidades (Lindner, 1996). O presente estudo completa esse trabalho buscando, através da pesquisa qualitativa, verificar as percepções das próprias professoras das escolas municipais existentes nas regiões, bem como a forma como o tema ecologia é tratado em aula.

A opção por um estudo qualitativo deve-se ao fato de que este permite uma descrição estreita, detalhada e profunda, capturando as perspectivas e experiências pessoais das pessoas. Também, a pesquisa qualitativa permite ao pesquisador estudar sobre assuntos específicos em detalhe, na medida em que as respostas não precisam circunscrever-se a poucas categorias de respostas para análises globais.

Optou-se então pela aplicação de um questionário com questões abertas sobre o problema ecológico de forma a poder-se avaliar experiências e sentimentos das pessoas sobre o assunto.

PATTON (1990) coloca que existem três tipos de coleta de dados em pesquisa qualitativa:

- “Questões fechadas e abertas em profundidade
- “Observação direta
- “Documentos escritos”

pg 10

A fundamentação teórica deu suporte à pesquisa qualitativa, orientando a forma de conduzir os questionamentos.

Neste estudo, as questões tiveram uma perspectiva heurística, enfocando a psicologia humanística (PATTON, 1990). Essa linha de trabalho buscou analisar qual seria a experiência pessoal das professoras municipais de São Jerônimo, Butiá, Minas do Leão, Arroio dos Ratos e Charqueadas e como estas mesmas professoras relatavam a experiência e as reações tanto das crianças como da comunidade em relação às questões ambientais.

Para os cinco municípios pesquisados foram entrevistados um professor de cada escola municipal localizada no perímetro urbano e na periferia da cidade, e mais uma escola municipal em cada município, perfazendo um total de 24 entrevistas, geralmente feitas com o professor de ciências, que habitualmente é o professor que mais aborda as questões ambientais. Borg (1981) diz que a pesquisa descritiva se utiliza de questionários e de entrevistas para determinar opiniões, atitudes, preferências e percepções de um grupo populacional.

As questões envolviam aspectos demográficos de cada professor, suas percepções quanto a questão ambiental e como autoridades locais, educadores e alunos viam o problema.

Havia igualmente questões sobre o conhecimento que o professor tinha a respeito de ações de cunho ambiental tomadas na cidade. Outro grupo de questões abordava a opinião pessoal do professor sobre a questão ambiental, tanto em nível mundial, quanto em nível de sua Cidade. Um último grupo de perguntas avaliou os sentimentos do professor sobre como ele achava que as questões referentes à economia, sociedade e meio ambiente deveriam ser conduzidas em sua cidade e a avaliação que o mesmo fazia do papel que cada agente deveria ocupar.

Finalmente, buscou-se verificar a parte documental de ensino sobre ecologia em cada escola.

Na abordagem do questionário considerou-se que as questões sociais devem ser conduzidas na forma de entrevistas, como se fossem uma conversa social comum. Pôde-se notar que os entrevistados estavam motivados a falar sobre o assunto (Sudman & Bradburn, 1989). Para que essa motivação existisse, optou-se por entrevistar cada professor em tom de conversação, utilizando-se do auxílio de um estagiário para anotar as respostas. Não houve o uso de gravador exatamente para permitir que o entrevistado respondesse às questões de forma descontraída.

## **A região carbonífera do Rio Grande do Sul**

A história do carvão no Rio Grande do Sul começa na cidade de São Jerônimo em 1860. Esse município foi inicialmente considerado o maior produtor de carvão do Estado.

Só muito depois, em 1963, surge o município de Butiá. Em 1964, Arroio dos Ratos se emancipa de São Jerônimo e, mais recentemente, Charqueadas é elevada à cidade em 1982 e Minas do Leão em 1993. Assim, São Jerônimo perdeu grande parte de seu território.

A região em estudo é banhada pelo rio Jacuí, chamando-se Microrregião do baixo Jacuí. Ela está localizada na parte sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, a oeste da Lagoa dos Patos.

A maior parte da renda na Região vem do setor industrial (FEE, 1993), sendo que o setor agrícola tem menor expressão econômica.

LINDNER (1996) mostrou que a região do baixo Jacuí é pobre, mormente após a crise do carvão na Região. Esse mineral apresenta baixa qualidade, não sendo extraído para uso siderúrgico, sofrendo ainda concorrência externa.

## **RESULTADOS**

A questão ecológica não era mencionada até um passado recente. Em Arroio dos Ratos, a totalidade dos professores entrevistados só tomou conhecimento sobre o assunto quando o mesmo passou a ser um possível tema de redação para entrar na universidade ou como um tema abordado dentro da própria universidade.

Em São Jerônimo não foi diferente, a maioria das professoras só ouviram falar sobre ecologia a partir da década de 80, exceto duas professoras, as quais tiveram essa experiência ainda em tenra idade: uma no trabalho rural em colônia italiana, outra por ocasião de construção de barragem próxima à residência de seus pais.

Essa situação é similar às professoras de Minas do Leão, onde apenas uma ouviu falar sobre o assunto na década de 70.

No caso de Butiá apenas duas professoras tomaram conhecimento sobre o assunto antes da década de 80. Uma estudou o assunto na década de 70, em escola particular na cidade de Porto Alegre, e outra, há 30 anos atrás em Teresina, Piauí. Já em Charqueadas o assunto vem sendo abordado na maioria das escolas ou simplesmente entre moradores locais.

Como bem citou Pagnoccheschi (1993), somente a partir de 1980, o governo brasileiro passou a realizar tímidas atividades no sentido de desenvolver professores de 1º e 2º graus para o ensino ambiental. Aspectos abordados antes disso, em sala de aula, só ocorreram em escolas polivalentes ou escolas agrícolas, onde a questão conservação e melhoria do solo era parte do currículo. Mesmo neste caso, a questão ambiental restringia-se ao uso do solo.

No ensino de 3º grau, contudo, a questão ambiental teve início com a criação,

obrigatória em todos os cursos, da disciplina de Problemas Brasileiros, criada pelo governo militar. Isto não ocorreu antes da metade dos anos 70.

Não exatamente afinizado com o modelo de desenvolvimento estabelecido pelos governos militares, Lutzenberger (1976) começa a fazer sua militância dentro do movimento ecológico reacionário no Brasil na década de 70. O mesmo liga-se ao movimento ecológico mundial que passa a tomar corpo a partir desta data. Este movimento viria a originar o partido verde na Europa, o qual ocupa hoje várias posições na política de países europeus.

Conseqüentemente o contato das professoras da região do carvão com as questões ambientais está cronologicamente de acordo com o desenvolvimento ecológico mundial e do País. Em que pese a singularidade geográfica de onde estas professoras nasceram e viveram, entre minas de carvão, o assunto só foi abordado por meios oficiais. A tomada de consciência, se é que esta ocorreu, foi de fora para dentro e não o contrário.

Em que pese a importância do assunto, as professoras não recordam ter ouvido algum político local falar do assunto, mesmo em se tratando de Charqueadas onde a questão ecológica parece ter sido mais abordada. Exceção se faz a apenas uma professora, que teria ouvido falar sobre a questão ecológica do carvão após a década de 80.

No caso de Butiá, poucos comentários se ouviram de políticos locais sobre a questão ecológica, exceto quando o assunto era liderado pelos próprios dirigentes das empresas ligadas ao carvão após a pressão sofrida por parte de dirigentes nacionais do País sobre o assunto. Em Minas do Leão, por exemplo, não teria havido pronunciamentos sobre ecologia por parte dos políticos locais, o mesmo ocorrendo em Charqueadas, onde só recentemente um ou outro vereador comentou sobre o assunto.

Em Arroio dos Ratos comentários sobre meio ambiente só em poucos casos foi objeto de assunto por parte de políticos, e só recentemente em relação à questão do carvão. Em São Jerônimo a situação é semelhante, o assunto ecologia é praticamente inabordável. Eventualmente algum vereador aborda o assunto sobre o aspecto específico do carvão. Esse aparente descompromisso de governantes locais da região do carvão com a questão ambiental local não é algo "sui generis". Ely (1990) aborda essa questão colocando que a qualidade ambiental não está entre as prioridades de governos em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Breves abordagens sobre o assunto no I Plano Nacional de Desenvolvimento da Nova República (I PNDNR) 1986-89, colocam responsabilidade ecológica sobre as autoridades regionais, estaduais e municipais. Essas responsabilidades são mais sugestões do que cobranças efetivas. Por sua vez, políticos locais, administrando tantos problemas sociais, buscam consolidar suas posições perante o eleitorado, realizando ações cuja necessidade já seja percebida pela população. Mais do que isso, buscam ações cuja solvência possa ocorrer dentro do período de seus mandatos. Isso enriqueceria uma nova candidatura. A questão ecológica transcende o espaço de um mandato de quatro anos aproximadamente. A obra poderia ficar esquecida na memória dos eleitores. Obras do tipo saneamento ou tratamento de esgotos antes de lançá-los nos rios, geralmente são obras muito pouco vistas e, conseqüentemente, pouco lembradas pelos eleitores. Os políticos resistem a utilizar os poucos recursos disponíveis nesse tipo de obra.

Mas se políticos se interessariam pouco pelo assunto, a escola em São Jerôni-

mo não seria muito melhor. Com exceção da escola polivalente, cuja abordagem agrícola seria parte do currículo, poucas falaria sobre preservação de árvores ou sobre meio ambiente. No que se refere a este último tema, uma outra escola de 2º grau teria se engajado em discutir a questão da retirada de areia do leito do rio Jacuí.

No caso de Arroio dos Ratos, a escola passaria a adotar o assunto ecologia como parte do currículo de ciências, recentemente, por determinação da Secretaria de Educação do Estado enfocando a questão do lixo, da arborização ou temas para exposição em feira de ciências.

Em Minas do Leão, o assunto também passou a ser tratado ao nível de feira de ciências por orientação da Secretaria de Educação. Algumas escolas, contudo, foram mais longe, lutando para a limpeza dos rios que as circulam ou por projetos de trabalho de limpeza aos mesmos.

Já em Charqueadas, o assunto ecologia está não só presente no currículo das escolas como vários aspectos da poluição são discutidos.

Em Butiá, a escola parece pouco apreciar o assunto ecologia exceto quando ligada a projetos de “clubinhos de ciências”. Fora essa situação existe mais a preocupação com a beleza e ajardinamento das escolas e evitar lixos nas casas.

A comunidade em geral de Butiá pouco toca no assunto ecologia, exceto eventualmente ao comentar sobre a poeira do carvão. Já em Minas do Leão, o assunto ecologia, poluição, etc. não parece ser comentado entre os habitantes locais.

Em Arroio dos Ratos, algumas pessoas abordam o assunto, seja do ponto de vista dos problemas como sobre a controvérsia poluição “versus” fonte econômica.

Situação semelhante ocorre em Charqueadas. Eventualmente as pessoas comentam a situação incômoda de ter cinzas de carvão pelos centros da cidade, mas na maioria das casas a população não fala sobre assuntos ecológicos e quando a questão do carvão é abordada é feita mais sobre o enfoque de geração de empresas.

Em São Jerônimo, pouco se fala sobre a questão do meio ambiente, exceto dentro do âmbito de sociedades civis como a EMATER, clube de escoteiros, Lions, etc.

Levantamento feito por Lindner (1996), com os pais das crianças em idade escolar da Região do Carvão, mostrou que a maioria deles considera que a questão ecológica é responsabilidade única dos governantes. Segundo eles, a partir do momento em que pagam impostos a responsabilidade não é mais deles.

Outro aspecto a considerar em relação ao silêncio da comunidade da região do carvão em relação à poluição local estaria na declaração de algumas professoras das cidades entrevistadas. Estas declaravam que estavam dispostas a enfrentar bem mais poluição desde que isso representasse mais empregos para sua comunidade. Elas estavam preocupadas com a geração de empregos em suas cidades, o resto ficaria para segundo plano.

No que se refere às crianças e jovens, verificou-se que o mesmo respondem aos estímulos a que são exposto. A preocupação ecológica, quando ocorre se resume a preocupação com o dia da árvore e com arborização de escolas ou de cidades ou ainda trabalhos feitos em clubes de ciências. Isso foi constatado em São Jerônimo.

Em Butiá, Minas do Leão e Charqueadas não é muito diferente, exceto eventualmente, foram observadas crianças abordando o assunto após assistir algum programa

de televisão sobre o tema. Já em Arroio dos Ratos as crianças são mais motivadas sobre assuntos ecológicos e abordam o assunto de forma mais geral de acordo com o que ouvem na cidade.

Em uma das entrevistas, contudo, uma das professoras mostrou-se desanimada em relação à pesquisa que estava sendo feita. Seu depoimento foi o seguinte: necessitando preparar um plano de ensino sobre meio ambiente para ser discutido e utilizado pelas escolas locais abordou a questão do carvão. Seu projeto foi vetado por abordar um tema considerado polêmico. Falar da poluição do carvão para as crianças poderia gerar mal-entendidos, inclusive com os pais. As pessoas temem perder a única grande fonte de empregos que têm na cidade.

Esse comportamento estaria em sintonia com o pensamento dos ecologistas progressistas que, contrariamente aos ecologistas reacionários, afirmam que a questão da preservação do meio ambiente só ocorre após as necessidades básicas terem sido atendidas. Porém as necessidades básicas da população da Região do Carvão estão longe do pleno atendimento.

A formação de uma educação ecológica por parte de crianças e adolescentes relaciona-se ao que se faz em favor da ecologia na cidade. Em Arroio dos Ratos, já foi feito um fórum da juventude sobre o tema, várias mostras de ciências e programas de melhoramento do lixo. Contudo a participação desses eventos é feita por apenas uma parcela da sociedade.

Em Charqueadas, movimentos ecológicos ficaram mais em torno da atividade de adotar árvores, criar canteiros, em torno do centro de ciências que é uma área aterrada com cinzas de carvão e a conscientização por parte das usinas de carvão de colocar filtros para impedir que o excesso de fuligem de carvão contaminasse demasiadamente o ar. Isso foi uma reivindicação da população local. Minas do Leão, por exemplo, que é uma cidade onde se extrai carvão a céu aberto pouco ou nada tem sido feito no sentido ecológico. A cidade limitou-se a fazer uma campanha de arborização. Já em Butiá tem havido tentativas de obter a participação das famílias na questão da educação ambiental, leis municipais têm sido feitas para a preservação de recursos hídricos e solos. Por iniciativa da usina local de carvão foi criado um centro de ciências e uma brigada ecológica para crianças, além da campanha "cidade limpa" no sentido de recolher o lixo. Tais iniciativas contudo, provêm muito mais da empresa mineradora de carvão local, a Copelmi, do que das lideranças políticas da localidade. Essas iniciativas ecológicas por parte da Copelmi buscam mostrar para as autoridades nacionais a sua preocupação com a questão ecológica, no sentido de manter a concessão de extração da mina.

Em São Jerônimo, os movimentos ecológicos provêm mais das escolas e de entidades civis como o Rotary e Lions Club. Os movimentos contudo, restringem-se à coleta seletiva de lixo, à arborização da cidade e à proteção de canteiros, inclusive com arame para evitar a destruição dos mesmos, o que mostra a falta de educação da população para a preservação da natureza.

Com exceção de iniciativas de arborização por parte do Rotary e do Lions Club, a cidade não se preocupa com questões ambientais. Eventualmente, uma empresa como a Riocell, presta esclarecimentos à população sobre o seu trabalho no sentido de evitar a poluição, mas de uma forma geral não há uma preocupação com o meio ambi-

ente em São Jerônimo, e sequer as pessoas relacionam as questões tratadas na FCO 92 com a sua realidade local.

Isso mostra, mais uma vez, que a pobreza das cidades pesquisadas, principalmente pela falta de empregos leva as pessoas a evitar a preocupação com a conservação do meio ambiente. Como bem define Andrade (1975), responsabilidade com o meio ambiente só ocorre após a redução drástica da pobreza.

Como hoje o movimento ecológico internacional atrela a liberação de recursos a projetos ecológicos, o Brasil, na carência de recursos, passa a cuidar um pouco mais dessa parte. Por outro lado, ao cair o GATT e criando-se a OMC, as barreiras às exportações deixam de ser mais tarifárias para serem mais ecológicas. O trabalho de arborização da Riocell, na região, tem mais a ver com a sua certificação ISO 9000 do que atendendo reivindicações da população local ou mesmo governamentais. Aliás a população local reivindica essencialmente uma coisa: empregos.

As empresas mineradoras locais, cientes da pressão ecológica internacional buscarão desempenhar uma maior participação na defesa ambiental, sob forma de não atrair a crítica internacional quando o governo brasileiro tentar novos empréstimos para investimentos.

A formação de uma consciência ecológica está sendo forçada, de fora para dentro.

Na verdade as professoras de São Jerônimo entrevistadas acham a questão ambiental muito importante para a continuidade da vida, mas não acham que a condição de sua cidade está de acordo com as concepções mundiais de defesa do meio ambiente, pois não há envolvimento por parte da população ou mesmo de empresas. Segundo elas a questão do recolhimento do lixo é ruim na cidade assim como do esgoto na periferia da cidade. Poucas entendem que o rio Jacuí passa a ser um recurso para sua cidade, daí porque o esgoto na cidade cai direto no rio Jacuí sem que um bom número de pessoas ache isso perigoso. Eventualmente alguma delas reconhece no rio Jacuí um recurso como lazer para o uso de praias, turismo e muito raramente para a extração de areia. Curiosamente apenas um dos entrevistados entendia o rio Jacuí como via de navegação.

Percebe-se conhecimento e espírito crítico pouco incentivado nas professoras. Isso evidentemente afeta o espírito criativo, em formação, das próprias crianças.

Pelo papel do carvão no passado, na cidade de São Jerônimo faz com que as pessoas ainda reconheçam nesse mineral a principal fonte de recursos lado a lado com o solo, já que o município é um grande produtor de gado, arroz possuindo ainda inúmeras pequenas propriedades vivendo quase que a nível de subsistência. O rio Jacuí dificilmente é reconhecido como um dos maiores recursos da cidade. De uma forma geral as pessoas não vêem uma relação entre ecologia mundial e sua cidade.

Esses clubes de ciências, no entanto, são mais uma iniciativa de empresas locais, dentro do espírito de trabalhar pelo meio ambiente, para evitar posições ecológicas, nacionais ou internacionais, que restrinjam as atividades econômicas na Região.

A situação não é muito diferente em Arroio dos Ratos. A maioria das pessoas entrevistadas acha que as empresas assim como a comunidade nada fizeram pelo meio ambiente local, enquanto que os governadores também são inoperantes em relação ao assunto, exceto quanto a tentativa de cuidar melhor do lixo. No que se refere as escolas

houve, segundo alguns, um trabalho de conscientização das crianças através dos levantamentos dos problemas existentes na cidade e do clube de ciências.

Existe contudo uma unanimidade de opinião quanto à questão de que não existe relação entre os acordos da ECO 92, a concepção mundial de defesa do meio ambiente é o que é feito em Arroio dos Ratos. Todos concordam que o carvão é um recurso que deve ser explorado, mas que deve haver um meio de conciliar a exploração de um recurso econômico com a conservação do meio ambiente, pois disto resulta a sobrevivência do homem. São raras, porém as pessoas entrevistadas que acham que as medidas tomadas na cidade pela preservação do meio ambiente são satisfatórias.

As professoras entrevistadas consideram que não existe tratamento de lixo em Arroio dos Ratos e que o esgoto quando não está a céu aberto é canalizado para o arroio de forma a poluí-lo. A maioria reconhece no arroio um recurso para Arroio dos Ratos, mas poucos são os que vêem no rio Jacuí um recurso ligado a sua cidade, exceto para fornecimento de água.

Em Minas do Leão a opinião é de que, nem autoridades nem a comunidade fizeram qualquer coisa em defesa do meio ambiente. Já as empresas, segundo alguns teriam feito algo. A Riocell teria doado mudas de árvores, enquanto que a Copelmi teria desenvolvido um processo de lavagem de água e de recuperação do solo. As escolas teriam feito um sistema de coleta seletiva do lixo inócuo, pois a prefeitura não dispõe desse serviço. Uma escola teria trabalhado na limpeza do arroio que passa nas proximidades, clubinhos e feiras de ciências teriam sido criados, além de organização das idéias das crianças para a limpeza dos arroios próximos.

As professoras entrevistadas acham que os planos ecológicos da ECO 92 em nada influenciaram o cuidado ambiental da cidade, mais do que isso, não haveria qualquer relação entre a concepção ecológica mundial e a forma como as coisas são feitas em Minas do Leão.

De uma forma geral as pessoas na Região mostram-se ou alienadas em relação às questões ambientais, ou conservacionistas progressistas, como é o caso da maioria (Ecologia Inteligente, 1992). Os ambientalistas progressistas possuem uma visão realista do homem e da natureza, sabendo que não conseguirão preservar tudo, mas que devem crescer danificando o menos possível a natureza em que vivem. A totalidade das pessoas entrevistadas salientam que a população local acredita nos benefícios da natureza e considera as vantagens do crescimento econômico. A quase totalidade das pessoas defende as vantagens da livre iniciativa, como fonte de progresso e de bem-estar e, talvez por isso, de forma demasiada evitam comentar sobre a poluição do carvão. A questão não deveria residir no temor, e sim no enfrentamento construtivo do problema.

A preocupação mundial com o meio ambiente é importante para os entrevistados em que pese o pouco interesse da cidade para com o assunto, até porque existem muitos interesses econômicos envolvidos, segundo os entrevistados.

A maioria das pessoas entrevistadas em Minas do Leão consideram o tratamento do lixo muito precário na cidade. Não há tratamento seletivo do lixo, a coleta é feita duas vezes por semana e o lixo é simplesmente jogado a céu aberto ou colocado pelas pessoas em terrenos baldios. Não obstante, não demonstraram perceber a gravi-

dade de canalizar o esgoto para o arroio, mostrando preocupação apenas com a periferia, onde o mesmo corre a céu aberto.

A totalidade dos entrevistados não considerava o rio Jacuí um recurso para a cidade e a maioria nomeava o carvão, seguido de solo como os principais recursos da cidade. O rio era o recurso que ficava em último lugar.

Em Butiá, os entrevistados mencionaram que a empresa que teria trabalhado em favor do meio ambiente era a Copelmi por exigência da Fepam. A Copelmi teria recuperado os solos degradados por exploração do carvão e teria criado um centro de ciências para as crianças.

Os dirigentes da cidade pouco tinham trabalhado pelo meio ambiente, exceto na conservação do açude, limpeza das ruas e recolhimento do lixo. A comunidade igualmente não tem um papel destacado na defesa do meio ambiente, exceto quando eventualmente alguma associação de bairro auxilia o prefeito em alguns dos poucos projetos feitos nesse sentido. As escolas por sua vez teriam se associado a Copelmi conscientizando as crianças a participar dos programas de plantio de árvores, centro de ciências e brigadas ecológicas.

As pessoas não têm uma idéia concreta sobre a adequação de Butiá aos acordos firmados na ECO 92 até porque nem todos conhecem os termos do acordo, mas a maioria concorda que existe uma relação entre o que é feito na cidade e a concepção mundial de como o meio ambiente deve ser cuidado.

A totalidade das pessoas entrevistadas em Butiá considera a questão ecológica vital para a sobrevivência do homem. Todos acham que de uma forma ou de outra Butiá está engajada na preservação do meio ambiente, porém acreditam que as medidas ainda não são satisfatórias.

A maioria dos entrevistados acreditam que exista possibilidade de conviver em Butiá com a exploração do carvão e a preservação do meio ambiente. Uns poucos porém, não acreditam nessa convivência tão facilmente e acham difícil decidir entre uma coisa e outra.

Mesmo entre esses poucos, não se evidenciou uma postura de ambientalista progressista, também não se verificou uma postura de ambientalista reacionário. Ambientalistas reacionários não aceitariam a permanência de empresas de mineração em nome do progresso local. Suas posições seriam de que a pobreza atual é melhor do que qualquer aumento produtivo (Ecologia Inteligente, 1992).

Não se evidenciou nas entrevistas qualquer pensamento antitecnológico ou anticientífico, como é próprio de ambientalistas reacionários. No máximo, percebeu-se um número ínfimo de professores que discordavam de um movimento ecológico verdadeiro na Região, devido ao medo que as pessoas e autoridades teriam de debater o problema do carvão. Esses professores não eram exatamente contra a livre iniciativa, mas achavam que a população deveria participar e opinar sem medo de perder empregos ou de sofrer represálias. Isso chama-se democracia.

As opiniões dos entrevistados divergiam quanto a questão do lixo e do saneamento em Butiá. Alguns declaravam que as condições de tratamento do lixo eram inadequadas ou porque o recolhimento era feito poucas vezes ou porque não existia recolhimento seletivo do lixo, mas ninguém considerou a questão do tratamento do lixo propri-

amente dito. Uns poucos consideraram que tanto o lixo como o saneamento eram adequados porque a prefeitura não teria condições econômicas de fazer melhor. Vários entrevistados, contudo qualificaram o tratamento sanitário da cidade como inadequado ou ruim.

Alguns entrevistados reconhecem o rio Jacuí como um recurso para extração de areia ou para fornecimento de água, mas muitos entrevistados não entendem o rio Jacuí como um recurso para Butiá por considerá-lo distante da cidade.

Os entrevistados de Charqueadas consideram que algumas empresas têm trabalhado pelo meio ambiente da Cidade. A Aços Finos é apontada por ter criado canteiros vivos na cidade e doações de árvores. A Riocell é apontada por ter criado o centro de ciências para a cidade. A Eletrosul foi mencionada por ter colocado filtros para reduzir a poluição do ar em Charqueadas.

Os governos municipais de Charqueadas foram pouco mencionados como participantes do plano ecológico da cidade. Alguns entrevistados mencionaram a prefeitura por colaborar com o centro de ciências e com alguma arborização em vilas.

Os entrevistados consideram que a comunidade teve uma participação maior na preservação do meio ambiente da cidade exigindo a colocação de filtros pela Eletrosul para reduzir a poluição ou pela execução de arborização em vilas.

As opiniões dos entrevistados quanto a participação das escolas locais no controle ambiental diverge. Alguns citam a adesão das escolas nos planos empresariais de defesa do meio ambiente, participando dos centros de ciências e organizando gincanas ecológicas, hortas e canteiros nas escolas. A maior parte dos entrevistados não considera as atividades realizadas em Charqueadas no sentido de preservar o meio ambiente adequadas aos propósitos da ECO 92 e muito menos que a administração ambiental da cidade coadune com as concepções mundiais sobre o assunto. Apenas um dos entrevistados pensa o contrário.

A totalidade dos entrevistados considera a questão ecológica vital para a sobrevivência do homem. Alguns acham que as medidas adotadas em Charqueadas são adequadas no sentido de preservar a natureza, outros acham, no entanto, que muito há a fazer pelo meio ambiente da cidade.

A maioria das pessoas entrevistadas considera o recolhimento do lixo de Charqueadas inadequada, pois o mesmo é jogado a céu aberto. O saneamento é considerado problemático por ser canalizado diretamente no Rio, outros, no entanto, não vêem problemas nisso desde que haja canalização.

As reações dos entrevistados corroboram o pensamento ambientalista internacional: a ecologia está diretamente relacionada com a educação. A população da Região do Carvão está educacionalmente pouco preparada e nestas condições não há preservação ambiental. A percepção ambiental atual na Região do Carvão é pequena e dificilmente vai além da área do concreto, onde as pessoas consideram apenas aquilo que vêem, sentem ou podem tocar.

Esgoto é problema na medida em que cheira mal. Lixo é problema, na medida em que gera moscas. O que é largado em rios, a um quilômetro adiante, ou que não pode ser visto, não é considerado problema.

A maioria dos entrevistados não vê o rio Jacuí como um recurso econômico exceto quanto a possibilidade de atrair indústrias para operar as suas margens. Alguns

dos entrevistados, no entanto, enumeram os rios como os principais recursos, seguidos de solo e finalmente do carvão.

O segundo aspecto a considerar em relação ao meio ambiente é a redução da pobreza. Ecologia, provavelmente, está inversamente relacionada com pobreza. O rio Jacuí é um recurso econômico para atrair empregos via colocação de indústria nas suas margens. Observa-se que na região estudada a questão econômica está falando mais alto e continuará sendo assim enquanto a crise de empregos e de salários persistir no País.

Os entrevistados em Charqueadas consideram que a cidade precisa desfrutar de mais dinheiro, melhores condições de qualidade de vida e de moradia, retirando as pessoas da beira do rio. Para que a cidade desfrute de mais dinheiro seria preciso haver mais empregos, mais escolas para o preparo intelectual da população. Os entrevistados apontaram também as condições de saúde por parte da população, primeiramente decorrente de problemas respiratórios por poluição. Segundo os entrevistados há igualmente carência de lazer.

De todas as necessidades da Cidade, os entrevistados entendem que um bom plano de governo deveria preocupar-se com a educação, tratamento de lixo, dotação de serviços de saúde e planos de saneamento, além de buscar a ampliação de empregos. Alguns entrevistados entendem que o conceito de cidadania deveria ser desenvolvido em Charqueadas.

Das cidades entrevistadas, Charqueadas e Butiá teriam uma maior visão ecológica global. As questões saúde, saneamento, educação e lazer aparecem com mais frequência no discurso dos entrevistados.

A totalidade das pessoas entrevistadas acredita que a maior responsabilidade na preservação ecológica é do governo, seguido de escolas, empresas, comunidade, organizações mundiais. As famílias e o Banco Mundial foram enumerados como os últimos a terem responsabilidades quanto ao cuidado com o meio ambiente.

A população entrevistada de Butiá pensa que é preciso criar condições de melhor explorar os recursos naturais da cidade, conservando o meio ambiente e cuidando do saneamento. O povo merece melhor alimentação, moradia e consciência de cidadania. Faz-se necessário principalmente emprego, escolas e lazer para jovens.

Os entrevistados entendem que uma boa administração na cidade deveria cuidar da educação, saúde e preservação do meio ambiente da cidade. A criação de empresas é vital para a cidade, porém para que isso aconteça é preciso ampliar a infra-estrutura da Cidade. Diferentemente dos entrevistados em Charqueadas, os entrevistados de Butiá entendem que a responsabilidade pela conservação do meio ambiente deve partir da família, da comunidade e da escola. Apenas um dos entrevistados entende que essa responsabilidade deve partir do governo. A maioria, contudo, entende que o Banco Mundial e os organismos mundiais são os que menos obrigações deveriam ter com a questão ecológica, já que essa responsabilidade deve nascer no interior de cada um.

Os entrevistados de Minas do Leão igualmente acham que a expansão do emprego, a ampliação da saúde e uma consciência ecológica, melhorando a coleta e tratamento do lixo, assim como promovendo o saneamento básico são medidas problemas que deveriam ser atacadas imediatamente. A cidade ainda carece de uma política educacional, melhores condições de vida, reduzindo a pobreza e criando uma infra-estrutura

na Cidade que permita o desenvolvimento da mesma. Alguns entrevistados acham que uma política municipal de impostos permitiria à cidade começar um trabalho de desenvolvimento desde que concomitantemente a isso cuidasse de eliminar o paternalismo existente nas expectativas das pessoas.

Essa é a visão de que seria um bom governo para a cidade de Minas do Leão, até porque a cidade necessita desde telefone até hospitais. Dentro do hábito paternalista, os entrevistados afirmam que lutar pelo que se quer e trabalhar em prol de objetivos pessoais não é uma característica muito forte na cidade. A maioria se limita a esperar pelo governo.

O sistema paternalista está claramente fixado nos sentimentos das pessoas em Minas do Leão. A maioria entende que é o governo que tem a maior responsabilidade de preservar o meio ambiente. As famílias e a comunidade seriam os últimos a ter essa responsabilidade, precedidos às vezes até por organismos estrangeiros. Apenas um entrevistado entendia que a responsabilidade deveria partir de dentro para fora e que governos e organismos internacionais seriam os últimos a ter essa responsabilidade.

Em Arroio dos Ratos, os entrevistados entendem que trazer mais empresas e empregos para a cidade resolveria o problema da renda. Mas os entrevistados também entendem que a criação de hospitais com postos de atendimento de urgência, a criação de saneamento, a expansão do ensino e da cultura além do lazer fazem parte das necessidades para melhorar a qualidade de vida da população local.

Um bom governo seria aquele que buscaria atender essas necessidades sem esquecer o município como um todo, dotando a área rural de boas estradas. De todos os municípios entrevistados, o que mais atenção dispõe ao meio rural é Arroio dos Ratos.

De uma forma geral as pessoas entendem que meio ambiente é, primeiramente, responsabilidade do governo e não raro de organismos mundiais. As famílias e comunidade teriam um papel menos destacado nesse processo. Muito raramente a escola e as empresas são apontadas como uma das mais responsáveis na preservação do ecossistema.

Os problemas de São Jerônimo são semelhantes aos das demais cidades entrevistadas. Os entrevistados acham que a presença de indústrias na cidade resolveria o problema do desemprego. Porém a cidade carece, como as demais, de infra-estrutura, saneamento, habitação popular.

São Jerônimo tem contudo outras especificidades apontadas pelos entrevistados. A cidade tem potencial turístico para ser desenvolvido, gerando igualmente empregos. Para tanto ela precisaria de um bom plano diretor e de um bom planejamento de eventos como possuía outrora tais como nativismo, carnaval, etc.

Um bom governo seria aquele que buscasse atender essas necessidades acrescentando um sistema educacional profissionalizante, melhorando a agricultura das pequenas propriedades as quais operam praticamente ao nível de subsistência e preservando os recursos naturais locais a começar pelo rio Jacuí. São Jerônimo tem história e essa cultura deveria ser preservada gerando um clima de otimismo e de iniciativa na cidade. A comunidade, a família a escola e as empresas seriam os organismos que primeiramente deveriam buscar a preservação do meio ambiente, segundo os entrevistados. Poucos entendiam ser essa função, primeiramente, do governo e de organismos mundiais.

A totalidade dos entrevistados entendia que o movimento ecológico não era moda e sim a consciência que começa a nascer e que deverá crescer e tomar corpo daqui por diante.

Os planos de ensino referente ao meio ambiente estão documentados, principalmente, nos canteiros e lixeiras das escolas e nos inúmeros trabalhos práticos onde os alunos coletavam material ou convidavam a população para algum evento promovido pela escola no sentido de preservar o ambiente nas cidades.

Pode-se verificar que o comportamento dos entrevistados em relação a questão ecológica em parte aceita que deva se dar de dentro para fora. Uma boa parte dos entrevistados ainda considera que ações ambientais devem vir de fora para dentro. Muitos dos professores entrevistados não entenderam o papel da escola nesse processo. Outros professores perceberam o papel da escola na questão ambiental e tentam desenvolvê-lo. Uma minoria de professores sente a escola como um instrumento a serviço do poder econômico vigente e duvida de seu poder transformador.

De uma forma geral, contudo, o modelo de desenvolvimento local é ainda paternalista e a maioria espera por ele. Nesse modelo a consciência ecológica tem pouca probabilidade de desenvolver-se.

## CONCLUSÕES

A região carbonífera do Rio Grande do Sul é uma das regiões onde cuidados ambientais necessitam ser muito mais enfocados do que em outras regiões, dados os efeitos colaterais da extração desse mineral.

Pode-se ver que o assunto ecologia só surge na região após o movimento ecológico internacional e as pressões deste último sobre países em desenvolvimento, seja na concessão de empréstimos externos, seja nos contratos de exportações.

Ações educacionais ambientais começam a ser feitas pelos governos nacionais a partir da década de 80 e, mais recentemente, pelas próprias empresas da região, no sentido de mostrar preocupação ecológica perante a comunidade local e, principalmente, perante o governo nacional.

A atitude das autoridades locais no sentido de não se envolver com problemas ecológicos pode ser em parte justificada pelo medo de criar desentendimentos com o poder econômico local. Também se explica pelo entendimento de que o eleitorado valoriza ações imediatas que possam ser vistas dentro do limite de um mandato.

Em parte isso é verdadeiro, tendo em vista o que se observou na pesquisa realizada. A consciência ecológica da população local está muito ligada aquilo que ela pode ver, sentir ou tocar. O nível de aprendizagem da região, de uma forma geral, é capaz de identificar fatos ecológicos, mas não de relacioná-los com outros possíveis fatos.

O hábito do paternalismo está presente na região. A população entende que uma vez pago os impostos, sua responsabilidade civil acaba. Não é hábito da população local participar ativamente da condução da vida da sociedade.

○ ensino ecológico tem sido uma orientação que vem de fora para dentro. En-

tão, se essa consciência vem de fora para dentro, o governo deveria proporcionar *workshops* e uma maior formação crítica ambiental para as professoras. O ensino ambiental deveria ir além das feiras de ciências, do ajardinamento das escolas, embora isso seja muito importante. Uma postura educacional crítica e construtiva deveria ser buscada.

Não se forma uma mentalidade de cidadania sem se buscar a aprendizagem pelo método da solução de problemas. Nesse método, o conhecimento profundo de um problema deve ser buscado (Newcomb e outros, 1986).

Não é só o que se ensina que deve mudar, mas como isso deve ser feito também. Assim, uma postura educacional mais crítica, por parte de algumas professoras, deveria ser incentivada e não coibida. Isso desmotiva qualquer postura crítica. Se por um lado é fácil conduzir uma população dócil, não será fácil, depois, tirá-la de seu marasmo. Hoje se fala muito em desenvolvimento de empreendedorismo na sociedade brasileira. Empreendedorismo só acontece em cenários de autoconfiança e de liberdade.

A criança responde positivamente ao ensino, desde que corretamente estimulada. A pesquisa mostrou que as crianças responderam positivamente aos eventos de cunho científico e ambiental das escolas.

A pesquisa também mostrou que é difícil criar uma postura ecológica quando a população não tem suas necessidades básicas atendidas. Não há ensino ecológico quando este se contrapõe a possibilidade de alguém obter seu emprego, não importa quão poluente a atividade possa ser.

A região do carvão não é diferente do resto do país. O saneamento e o tratamento adequado do lixo são praticamente inexistentes. De fato, entre a ECO 92 e o que se faz na região estudada, como no resto do País, existe um espaço muito grande a avançar.

As empresas locais, longe de serem vistas com desconfiança pela população, são a esperança de dias melhores. A visão ambiental da sociedade é progressista. A sociedade acredita que a ciência e o desenvolvimento econômico resolverão problemas ambientais. Os entrevistados, em geral, não viam uma contraposição entre ecologia e desenvolvimento econômico, mas acreditavam que a ciência trará uma posição conciliatória.

As entrevistas mostraram que sem educação e redução da pobreza não há como pensar em ecologia. Por sua vez, ecologia não é algo fácil de ser desenvolvido, por criação de lei simplesmente ou por mera construção de obras. Se não houver engajamento da sociedade, esse trabalho fica difícil.

Ecologia também está ligada ao lazer e este, à parte visual do ambiente. As escolas parecem cuidar desse aspecto e as sociedades civis, como o Lions local, também. Contudo, a busca do belo e do lazer jamais será conseguida sem saneamento, tratamento de lixo e planos habitacionais.

O próprio governo nacional ficaria em posição difícil ao fazer muitas exigências às empresas mineradoras, quando a população local quer qualquer poluição, desde que isso represente sair do sufoco do desemprego.

A maior parte dos entrevistados não viam a ecologia em sentido muito amplo. Poucos viam, na largada de dejetos em arroios, o comprometimento da água dos rios e pouco entendiam sobre a importância dos rios. A inclusão da área rural entre as prioridades do meio ambiente só ocorreu nas entrevistas feitas em Arroio dos Ratos.

Não se evidenciou na pesquisa um comportamento ambientalista reacionário.

Todos esperavam que, de alguma forma, o progresso poderia ser conciliado com a preservação do meio ambiente.

A questão ecológica na região do carvão apresenta características semelhantes às verificadas na literatura pertinente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, Terry L.; LEAL, Donald R. *Ecologia de livre mercado*. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura; Porto Alegre: Instituto Liberal, 1992.
- ANDRADE, Manuel Correia de et alii. *Meio ambiente, desenvolvimento e subdesenvolvimento*. São Paulo: Hucitec, 1975.
- ARY, Donald et alii. *Introduction to research in education*. 3.ed. New York: Holt, Rinehartand Winston, 1985.
- BORG, H. R. *Applying educational research: a practical guide for teachers*. New York: Longnew, 1981.
- CURRY-LINDAHL, Kai. *Ecologia: conservar para viver*. São Paulo: Cultrix, 1975.
- ECOLOGIA inteligente: uma proposta de mudança pró-homem, pró-ciência e pró-Livre iniciativa. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura; Porto Alegre: Instituto Liberal, 1992.
- ELY, Aloísio. *Economia do meio ambiente: uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental*. 4.ed. Porto Alegre: FEE, 1990.
- FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. *Anuário estatístico do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 1993. (Dados não publicados.)
- LINDNER, Edson Luiz. *Perspectivas da educação ambiental: o exemplo da Região Carbonífera do Baixo Jacuí, RS*. Porto Alegre, 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências da UFRGS.
- LUTZENBERGER, José A. *Fim do futuro? Manifesto ecológico brasileiro*. Porto Alegre: Movimento, 1976.
- NEWCOMB et alii. *Methods of teaching agriculture*. Danville: The Interstate Printers & Publishers, 1986.
- PAGNOCCHESCHI, Bruno. *Educação ambiental: experiências e perspectivas*. Brasília: MEC/INEP, 1993.
- PATTON, Michael Quin. *Qualitative evaluation and research methods*. 2.ed. London: Sage, 1990.
- PEYRET, Henry. *A batalha pela energia*. São Paulo; Difusão Européia do Livro, 1961.
- RIBEIRO, Vera Masagao. *Educação ambiental: uma abordagem pedagógica dos temas da atualidade*. São Paulo: Cedi; Erexim: Crab, 1992.
- SUDMAN, Seymour, BRADBURN, Norman M. *As king questions: a practical guide to questionnaire design*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1989.

# NECESSIDADES EDUCACIONAIS EM ADMINISTRAÇÃO RURAL E CONSERVAÇÃO DO SOLO PERCEBIDAS PELOS PEQUENOS PRODUTORES

Maria das Graças Arêde  
Arnildo Konzen  
Aletéa de Oliveira Severo  
Anatéia de Oliveira Severo  
Eliane Sanguiné Visnievski  
Karen Beltrame Becker  
Luiz Fernando Fritz Filho

## INTRODUÇÃO

O processo de modernização da agricultura brasileira após os anos 60 deu-se de maneira desigual em termos de regiões, tamanhos de propriedade e tipos de cultura.

Mantendo uma tradição já secular, onde os excedentes do setor 1 deveriam gerar investimentos ao setor 2 da economia, a modernização da agricultura beneficiou, via crédito subsidiado e políticas especiais de exportação, aos produtos que deveriam compor a pauta das exportações no sentido de gerar recursos financeiros para a importação de equipamentos necessários à modernização da indústria (Sugay e Teixeira, 1983 em TEIXEIRA, ERLY C., MARTIN A MARSHALL e SANTANA, ANTÔNIO C. de, 1992). Por sua vez, a política de crédito rural beneficiava essencialmente o setor dinâmico da agricultura e a grande propriedade rural, visto que esta teria a terra como garantia na concessão do crédito (ALVES, 1993). Assim, durante toda a década de 70, o Brasil acompanhou crescimento notável em alguns setores da agricultura, enquanto que outros, especialmente aqueles destinados ao abastecimento do mercado interno, permaneciam estagnados.

Desta forma, o conhecido dualismo econômico, tão presente na sociedade brasileira, vai evidenciar-se de forma constante na agricultura brasileira gerando diferenciais de renda tão grandes a ponto de propiciar o êxodo rural-urbano de forma desordenada e conseqüente delinquência brutal nas grandes e médias cidades brasileiras, problema esse que se estenderá até o ano 2000.

Contudo, é no final dos anos 70 que *tímidas tentativas* de oferecimento de crédito a alguns pequenos produtores rurais vão evidenciar um novo conceito de tamanho de propriedade. Se até então o tamanho de propriedade era definido apenas pela quantidade de terra que o agricultor possuía, agora o grau de capitalização da propriedade rural passa também a ser determinante na classificação do tamanho de propriedade. Em adição a isto, o processo de urbanização alterou a demanda por certos produtos, tais como flores, verduras, frutas etc., as quais, por exigirem certo capital para o aumento da produtividade, requerem também grandes concentrações de mão-de-obra a qual a pequena propriedade tinha condições de oferecer. Assim forma-se uma condição intermediária de produtor, o qual fica entre o latifundiário e o produtor miserável.

Porém este agricultor pequeno em quantidade de terra, mas médio em termos de capital acumulado, nasce em algumas regiões brasileiras e mesmo dentro de uma mesma região existem diferentes graus de sucesso empresarial entre os agricultores (KAGEYAMA e REHDER, 1993). São já conhecidas as lamentações de técnicos e extensionistas quanto ao comportamento arreado a progresso do pequeno agricultor nordestino, quando comparado ao pequeno agricultor do Sul e do Sudeste. Por outro lado, sociólogos interpretam tais diferenças de comportamento não exatamente atinentes a diferentes regiões e etnias, mas que a lógica do agricultor responde às condições socioeconômicas de seu meio, bem como as formas, como processo de transmissão de novas idéias que surgem seja no campo de tecnologia de produção, dos recursos naturais seja na maneira de gerenciar o seu negócio (OLIVEIRA, 1993).

A despeito das diferentes interpretações quanto a diferenças de comportamento do pequeno produtor rural em relação às possibilidades de modernização de seu negócio, uma idéia parece não ser contestada pelos diferentes autores a de que qualquer processo de mudança deve começar de baixo para cima, a partir da identificação do que o agricultor percebeu ser uma necessidade de alteração no processo produtivo ou de conservação dos recursos ou ainda de gerenciamento. Então, mudanças só serão bem sucedidas se tiverem a participação intensa dos agentes diretamente envolvidos no processo.

Em adição a isto, evidências existem em estudos anteriores onde os pequenos agricultores, hoje bem sucedidos economicamente, saíram dentre aqueles antes considerados pequenos agricultores de subsistência. As razões que levam alguns agricultores, nessa condição de pobreza, a dela sair e se modernizar parece estar ligada às oportunidades educacionais quais sejam elas formais ou informais (ALVES, 1993).

Contudo, como observa JABARA e outros (1981), em que pese a educação ser considerada fator de mobilidade social, é curioso quão pouca importância tem as autoridades competentes dado a este item, especialmente no que tange ao ensino formal.

As preocupações recentes referentes a conservação dos recursos naturais, mais do que mudanças tecnológicas e gerenciais (AGUIAR, 1993), ensejarão maiores cuidados por parte das autoridades em relação aos ensinos formal e informal. Contudo, como já foi

dito anteriormente, mudanças comportamentais no meio rural só são passíveis de êxito quando o agricultor é convidado a participar intensamente do processo de mudança. Uma das regiões consideravelmente rica em recursos naturais é certamente a região do Carvão no Estado do Rio Grande do Sul. O carvão se estende das cidades que circundam a Capital, como Charqueadas, Minas do Leão, Butiá, Arroio dos Ratos e São Jerônimo até cidades próximas à fronteira do Uruguai, como é o caso de Bagé. Com minas no subsolo e a céu aberto, a região cresceu desde meados do século passado sob a égide desse mineral.

A proliferação de hidroelétricas no Brasil, bem como popularização do petróleo deixaram esse recurso natural um pouco em segundo plano, após a segunda metade desse século. O problema da poluição do ar, dos rios e dos solos passou a também ser considerado e algumas minas deixaram de ser exploradas. Hoje a mineração é feita em volume muito inferior à capacidade das minas, deixando em seu rastro o empobrecimento da região, a falta de oportunidade de trabalho para muitos e um caráter permanentemente recessivo para a maioria. Outras indústrias existem em quantidades muito pequenas na região, quase sempre são microempresas operando com tecnologia rudimentar. O comércio local depende do poder aquisitivo da população para crescer. A agricultura é formada por grandes empresas de reflorestamento, por grandes proprietários de terra produzindo gado e arroz, os quais quase nunca vivem no local e também por pequenos agricultores, muitas vezes mineiros aposentados, produzindo para sua subsistência.

O quadro geral da região é muito pobre, considerando a localização farta de rodovias e hidrovias próximas da Capital. Parece, no entanto, que a região necessita de trabalho qualificado, gerenciamento qualificado e sobretudo habilidade para lidar com recursos naturais.

Isto posto, o presente trabalho teve por objetivo: 1. Descrever as necessidades educacionais em gerenciamento da propriedade e conservação dos recursos naturais dos pequenos agricultores na região do carvão no Estado do Rio Grande do Sul; 2. Descrever os níveis de educação formal e informal, idade, tamanho da propriedade e grau de modernização da mesma, bem como a acessibilidade ao mercado, tipo de produção e grau de associação em termos de cooperativas, sindicatos, associações de produtores e origem étnica do produtor.

## **Definições de termos**

Os seguintes termos foram, operacionalmente, definidos considerando o seu uso no presente estudo:

1 - Nível de Educação Formal do Membro familiar mais instruído que reside e trabalha na propriedade - educação formal é a educação recebida em escolas ou cursos dados por instituições que requerem matrícula, limitam ausências e cujos educandos estão sujeitos a avaliações. É operacionalmente definida pelo número de anos aprovados informado pelo agricultor residente que maior escolaridade possuir em cada propriedade rural.

2 - Educação informal dos agricultores e dos demais membros da família - educação informal é a frequência percebida de uso dos recursos educacionais obtidos fora da escola ou de instituições que legalmente podem fornecer certificados. É operacionalmente

definida como a frequência com que agricultores usam de recursos informativos e de mídia, participam de eventos culturais em cooperativas, associações, sindicatos, igrejas, serviços de extensão e outros tipos, mencionados pelos agricultores. Os agricultores entrevistados usaram a escala: nunca, às vezes, frequentemente e sempre para definir a frequência a qual os mesmos usam os diferentes sistemas de educação informal.

3 - Administração/Gerenciamento- Kontz e Wehrich (1988, pg.4) definiram administração “como o processo de delinear e manter um ambiente no qual indivíduos trabalhando conjuntamente atingem eficientemente objetivos pré - estabelecidos”. Operacionalmente definido como o conhecimento e a importância que os agricultores dão às diferentes tarefas pertinentes as atividades de planejamento, controle, execução e conservação dos recursos naturais informadas aos entrevistadores pelos agricultores.

4 - Administradores coadjuvantes - operacionalmente definido como as pessoas que ajudam o agricultor a tomar decisões sobre planejamento, controle, execução definida como segue: esposa(s), filho(s), parentes e não - parentes conforme informado aos entrevistadores pelos agricultores.

5 - Idade - é operacionalmente definida pelo número de anos que o chefe da família e o administrador coadjuvante informarem possuírem aos entrevistadores.

6 - Tamanho de propriedade - é tradicionalmente medido no Brasil pelo total de terra possuído ou alugado pelo agricultor. Operacionalmente definida pelo número de hectares informado pelo agricultor seguinte:

0 a 20 hectares = micropropriedade

20 a 50 hectares = pequena propriedade

50 a 250 hectares = média propriedade

250 ou mais hectares = grande propriedade

7 - Tipo de Agricultura - é considerado como sendo o tipo de produto que resulta da maior fonte de renda da propriedade. Silva (1989) diz que mesmo quando o agricultor diversifica a produção, existe sempre um produto principal que gera a maior parte da renda. Operacionalmente definida como o produto agrícola que gera a maior renda para a unidade produtiva o qual pode ser animal ou provindo de agricultura perene ou temporária conforme informado aos entrevistadores pelos agricultores.

8 - Membros de Cooperativas, Sindicatos e Associações de Agricultores - agricultores que pertencem a qualquer “organização possuída e operada pelo benefício daqueles que usam seus serviços”(Websters Ninth New, 1984, p.228). Operacionalmente definida como a qualidade de ser membro de cooperativa, sindicato e associação de agricultores aos entrevistadores.

9 - Controles Contábeis - são sistemas de quantificar os aspectos dos empreendimentos agrícolas e animais, avaliando a quantidade de insumos necessários à produção, o custo da produção e o retorno do investimento (Boehlie, M. D. & Eidman, V. r.,1984, pg. 37). Será operacionalmente definido pelas tarefas pertinentes ao registro contábil feitas pelos agricultores e relatada aos entrevistadores.

10 - Acessibilidade ao mercado - é :

a) a distância em quilômetros (km) da unidade de produção ao mercado consumidor mais próximo independentemente se o agricultor escolheu esse mercado para a venda de seu produto ou não e,

b) as condições das estradas; Acessibilidade será definida utilizando escala ordinal. A distância será medida em km e as condições das estradas serão classificadas como: estradas com asfalto (asfalto=1); boas estradas (sem asfalto, porém estrada boa em todas épocas do ano=2); estradas empoeiradas e pedregosas que estão em boas condições na maior parte do tempo (parcialmente boas-parcialmente ruins=3); estradas empoeiradas que não podem ser transitadas durante períodos de chuva (ruins =4). As condições das estradas serão operacionalmente definidas como: (distância em km) x (condições das estradas)= índice de acessibilidade. As condições das estradas serão indicadas pelos agricultores aos entrevistadores.

11- Características empreendedoras será operacionalmente definida por uma série de questões referentes aos traços de personalidade concernentes ao espírito de busca de oportunidade e iniciativa, persistência, comprometimento, exigência de qualidade e eficiência, atividade de correr riscos calculados, estabelecer metas, buscar informações e capacidade de planejamento e de monitoramento sistemático, habilidade de persuasão e formação de rede de contatos, independência e autoconfiança. Essas questões são mensuradas cada uma através de cinco frases sobre as características de personalidade de cada respondente e mensuradas pelo mesmo através de Escala Likert.

12- Necessidades Educacionais - necessidade educacional é definida como a discrepância entre o nível de conhecimento atual e o que deveria ser (Borich,1980). Necessidades educacionais serão operacionalmente definidas, usando o modelo de Borich, que consiste em determinar índices de necessidades pela subtração do conhecimento percebido do escore dado à importância em saber e multiplicando esse resultado pela média da importância percebida por todos os entrevistadores conforme demonstrado abaixo:

$$\text{CalEn} = (\text{In}-\text{Kn}) \times (\text{Ig})$$

Cal En = Necessidade educacional calculada

In = Importância do item relatado pelo entrevistado

Kn = Conhecimento percebido em cada item relatado pelo respondente

Ig = Importância média da cada item conforme relatado por todos os respondentes.

13- Nível de Conservação do solo (y)- será operacionalmente definida pela proporção das práticas adotadas e pelo número total de práticas enumeradas por técnicos da Emater como adequadas à região pesquisada.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Necessidades

Necessidades têm sido definidas e estudadas por diferentes autores. Guralnick (1982, pg. 71) definiu “necessidades como a falta de algo útil, desejada ou sentida”.

Uko (1985, pg. 13) definiu “necessidade como uma condição entre o que é e o que deveria ser, ou entre o que é mais desejável.

Um dos mas citados autores que estudou necessidade foi Maslow, sua hierarquia de necessidades incluía: necessidades fisiológicas, necessidade de segurança, necessidade de afiliação, necessidade de afeto e necessidade de auto-realização ( Koontz, 1988).

## **Necessidades detectadas**

Anderson (1982) definiu necessidades detectadas como o processo formal de identificação de necessidades. Knowles (1973) afirmou que nenhum programa educacional poderia ser bem sucedido se o mesmo não fosse interessante às pessoas a quem se propunha educar. Ressaltou esse autor que existem três formas de obter informação a respeito das necessidades de uma comunidade: por pesquisa informal, por estudos psicológicos ou perguntando à comunidade quais são suas necessidades. Este estudo usa esta última técnica sob a concepção de que necessidades educacionais no adulto mudam continuamente.

Programas de transferência tecnológica financiados pelo BIRD e feitos no Nordeste (Oliveira, 1993, pg.108) relatam o total insucesso no sentido de mudanças de comportamento por parte do pequeno produtor rural. Avaliações posteriores ao programa indicaram que mudanças que ensejam verticalidade na transmissão de idéias sem qualquer participação ideológica por parte do pequeno agricultor estão fadadas ao fracasso.

É Kempfer (1955) quem diz que educadores não deveriam apenas perguntar à comunidade sobre suas necessidades, mas a comunidade deveria ser trazida ao processo de identificação das necessidades educacionais estabelecendo seus programas de estudo junto com os educadores.

O agricultor é um indivíduo com sua própria história de vida, onde suas percepções e necessidades devem ser respeitadas, e não um ser incapaz de pensar, pronto para ser domesticado (Freire, 1973).

## **Conservação do solo**

O processo de modernização da agricultura se deu de forma predatória do solo e sem qualquer consciência conservacionista. Atualmente maior atenção tem sido dada por parte das autoridades brasileiras em termos de preservação dos recursos naturais, gerando o que se chama uma agricultura sustentável (Aguiar, 1993). Alguns trabalhos tentaram detectar variáveis que explicassem uma maior preocupação conservacionista do solo por parte do pequena agricultor (Silva e Khan, 1992). A educação formal e informal, bem como o grau de participação da associação de agricultores evidenciaram ser em variáveis que melhor explicavam a preocupação de pequenos agricultores em proteger o solo.

## **Educação formal e educação informal**

Verner (1964) define educação formal como o processo onde um agente educacional desenha uma seqüência de tarefas de aprendizagem usando procedimentos específicos para auxiliar o estudante a atingir determinado objetivo.

Knowles (1950) definiu educação informal como uma situação na qual um grupo de pessoas promove uma série de encontros com o propósito de aprender algo sem controle de faltas ou obtenção posterior de diploma.

Kempfer (1955) definiu educação informal como um processo envolvendo a aquisição de novos fatos e novas atitudes ou métodos através de qualquer programa de mídia.

## **Administração rural**

Kay (1986, pg.6) definiu administração rural como: “o processo de tomada de decisões considerando recursos limitados os quais são alocados em um número de produções alternativas organizando e operando o negócio de forma a atingir determinados objetivos.” Kay também salientou que existe uma diferença entre administração rural e administração não-rural; a diferença está no organograma da empresa. Agricultores geralmente atuam em ambas atividades administrativas e do trabalho não ocorrendo tal coisa quando se trata de administração não-rural.

Um estudo na área de administração rural (Bruner *et alii*, 1973) comparou quatro regiões de diferentes colonizações: portuguesa, alemã, italiana e polonesa. Os resultados evidenciaram que a comunidade polonesa era a mais aberta novas técnicas agrícolas.

Outro estudo foi feito para detectar necessidades educacionais em administração rural na região italiana do Estado do Rio Grande do Sul, com produtores de até 50 há de terra (Arêde, 1994). Os fatores que parecem explicar melhor as necessidades educacionais em educação rural naquela região foram: tipo de cultura, tamanho de propriedade e educação formal do administrador coadjuvante.

## **Tamanho de propriedade**

Elchert (1989) estudando necessidades educacionais em uma comunidade americana também obteve relação positiva entre tamanho de propriedade e necessidades educacionais em administração rural. Não obstante, tanto Nieto (1989) quanto Rodriguez (1989) não encontraram significativa relação entre essas duas variáveis em diferentes regiões estudadas na Venezuela.

## **Idade**

Vários estudos tentaram verificar a relação entre idade e necessidade educacional. Os resultados permanecem inconclusivos porquanto em alguns foram encontradas relações significativas entre essas duas variáveis e em outros não (Arêde, 1994)

## **Acessibilidade da propriedade**

Poucos estudos no Brasil tentaram evidenciar a relação entre acessibilidade da propriedade rural e necessidades educacionais. Contudo, alguns estudos no exterior, foram conduzidos no sentido de verificar se existia relação entre essas duas variáveis.

Cross (1979) mostrou em seus estudos que havia uma relação entre necessidade educacional e acessibilidade ao mercado.

### **Características empreendedoras**

Para Drucker (1987) empreendedor é o administrador capaz de inovar no mercado, oferecendo um novo produto ou serviço de forma a preencher uma necessidade nova de mercado e conseqüentemente gerar um mercado.

Estudos foram feitos por organismos da ONU (SEBRAE, 1995) os quais concluíram que em geral os administradores empreendedores bem sucedidos apresentam uma ou mais das seguintes características em seus traços de personalidade: busca de oportunidade e iniciativa, persistência, comprometimento, exigência de qualidade e eficiência, habilidade de correr riscos calculados, estabelecimento de metas, busca de informações, planejamento e monitoramento sistemático, persuasão e rede de contatos, independência e auto confiança.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O desenho de pesquisa empregado neste estudo é relacional. A vantagem em utilizar um desenho relacional é que o mesmo estabelece evidências de relações funcionais entre variáveis (ARY, 1985). As variáveis objeto de estudo neste trabalho foram escolhidas considerando o suporte teórico, enquanto que variáveis estranhas podem ser estatisticamente controladas.

Duas funções foram desenhadas neste trabalho sendo que a primeira variável dependente ( $y_1$ ) é necessidades educacionais em administração rural. As correspondentes variáveis independentes são: educação formal da pessoa de maior grau de instrução da família, educação informal dos membros da família, idade do chefe da família e do administrador coadjuvante, tamanho da propriedade, acessibilidade de produção no mercado, tipo de produção, tipo de extensão recebida, grau de associação do agricultor, uso de controles contábeis, etnia e características empreendedoras do proprietário rural.

A segunda variável dependente ( $y_2$ ) é importância dada às práticas de conservação do solo. As correspondentes variáveis independentes são: educação formal da pessoa de maior grau de instrução da família, educação informal dos membros da família, idade do chefe da família e do administrador coadjuvante, tamanho da propriedade, acessibilidade da produção ao mercado, tipo de produção, tipo de extensão recebida, grau de associação do agricultor, uso de controles contábeis e características empreendedoras do proprietário rural.

### **População**

A população alvo são os pequenos agricultores que possuem de até 50 hectares em algumas cidades que compõem a região do Carvão no Estado do Rio Grande do Sul.

As regiões escolhidas como população acessível foram as cidades de Charqueadas, Arroyo dos Ratos, Butiá, Minas do Leão e São Jerônimo.

## **Amostra**

Uma amostra de 164 pequenos agricultores, os quais foram selecionados a partir de uma população de aproximadamente 135.099 pequenos agricultores com um nível de 95 por cento de confiança e cinco por cento de margem de erro (KREJCIE, 1970). Uma tábua de números aleatórios foi usada na seleção dos agricultores. Erro amostral foi então controlado pela amostra aleatória.

No sentido de evitar erros de seleção, uma lista de todos os agricultores de cada região foi obtida com o serviço de extensão local (EMATER).

Essa lista foi confrontada com outra lista fornecida pelas prefeituras locais. Cada nome e seu respectivo CPF foram numerados e sorteados aleatoriamente.

## **Instrumentação**

Foram verificadas independentemente duas variáveis dependentes:

A primeira variável dependente é “Necessidades educacionais”, usando a fórmula de BORICH(1980):

$$\text{Cal En} = (\text{In} - \text{Kn}) \times (\text{Ig})$$

onde,

Cal En = Necessidade educacional calculada

In = Importância do item informado pelo entrevistado

Kn = Conhecimento do item percebido pelo agricultor e informado pelo mesmo

Ig = Importância média do item quantificado por todos os respondentes

A primeira variável dependente ( $y_2$ ) foi medida pelo grau de importância dado pelos agricultores às atividades de planejamento, controle e execução da produção.

A segunda variável dependente é “nível de conservação do solo” e foi operacionalmente definida pela importância às práticas referentes à conservação do solo, as quais foram enumeradas por técnicos.

Treze variáveis independentes foram medidas na segunda regressão: educação informal da pessoa de maior grau de instrução da família, educação informal dos membros da família, idade do chefe da família e do administrador coadjuvante, tamanho da propriedade, acessibilidade da produção ao mercado, tipo de produção, tipo de educação recebida, grau de associação do agricultor, uso de controles contábeis, etnia do chefe da família e as características empreendedoras dos agricultores. A educação informal dos agricultores e as características empreendedoras dos agricultores foram medidas através da escala Likert (KERLINGER, 1973). As demais variáveis foram medidas por questões abertas.

Treze variáveis independentes foram medidas na terceira regressão: educação formal da pessoa de maior grau de instrução da família, educação informal dos mem-

bros da família, idade do chefe da família e do administrador coadjuvante, tamanho da propriedade, acessibilidade da produção ao mercado, tipo de produção, tipo de educação recebida, grau de associação do agricultor, condições socioeconômicas dos agricultores e etnia do chefe da família, uso de controles contábeis e características empreendedoras dos agricultores. A educação informal e as características empreendedoras dos agricultores foram medidas através da escala Likert (KERLINGER, 1973). As demais variáveis foram medidas por questões abertas.

A confiabilidade do instrumento foi medida através de um teste piloto com 20 agricultores do município de Viamão. Essa área foi escolhida por apresentar etnias variadas semelhantes as que serão encontradas na amostra, bem como certas similaridades no tipo de agricultura existente na população a ser estudada. O coeficiente de confiabilidade foi calculado pelo índice de Crombach alfa através do teste piloto, o qual apresentou um grau de 93%.

A validade de conteúdo do questionário foi obtida por um painel de *experts*, dois são professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; três são extensionistas da EMATER. Cada membro do painel recebeu uma cópia do instrumento e os objetivos do estudo. Os membros do painel avaliaram o questionário considerando se os itens do questionário realmente mediam as variáveis mencionadas.

A clareza do instrumento foi verificada através do teste piloto com 20 pequenos agricultores do município de Viamão. Através desse teste, vocabulário, clareza foram verificados e utilizado o devido *feedback* através desses 20 agricultores.

## **Coleta de dados**

Sete estudantes dos cursos de graduação de Economia e Administração de Empresas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul e Universidade Luterana do Brasil foram recrutados e treinados pela pesquisadora para proceder as entrevistas. Segundo Fowler (1984), os entrevistadores devem ter formação na área objeto de estudo. As entrevistas ocorreram das 10:00 horas às 12:00 horas e das 16:00 horas às 19:00 horas, o que corresponde ao tempo no qual os agricultores mais frequentemente estão em casa.

Durante o preparo da pesquisa, técnicos locais da EMATER, sindicato dos trabalhadores rurais e secretarias municipais de agricultura foram contatados para colaborar na apresentação dos entrevistadores. Uma carta introdutória da pesquisadora foi escrita e lida aos agricultores pelos entrevistadores.

## **Análise dos dados**

Análise dos dados foi feita através de estatística descritiva. Foi processada a matriz de correlação entre cada variável independente e sua variável dependente correspondente.

Cada coeficiente de regressão foi analisado pelo teste - t, pelo Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas da UFRGS.

## Resultados

Os dados revelaram que a escolaridade da pessoa mais instruída na família é alta. A média foi de 8 anos e a moda de 11 anos de estudo formal. Contudo, ainda que alguns filhos tenham cursado até o nível superior, muitos genitores são analfabetos.

**Tabela I**  
EDUCAÇÃO FORMAL DO ADMINISTRADOR COADJUVANTE  
E DA PESSOA MAIS INSTRUÍDA NA FAMÍLIA;  
IDADE DO CHEFE DA FAMÍLIA (N=163)

Variáveis	Média	Desvio-Padrão	Moda
Educação Formal do Administrador Coadjuvante	6,1	4,2	0
Educação Formal da Pessoa mais Instruída na Família	8,4	4,4	11
Idade do Chefe da Família	54	13,4	62

Fonte: Dados de Pesquisa

A pessoa que tomava decisões na propriedade junto ao chefe da família era a esposa. Esta então era o principal administrador coadjuvante.

Embora o nível de escolaridade dos filhos fosse alto, a escolaridade dos genitores era baixa. Sendo que estes eram os que mais decidiam na propriedade. A escolaridade formal do administrador coadjuvante teve moda zero anos ou seja, analfabeto. Contudo, o grau de instrução médio do administrador coadjuvante foi de 5,3 anos de escola formal porque após a esposa, foram os parentes e depois os filhos homens os que mais apareceram como administradores coadjuvantes. Portanto, a maioria dos administradores coadjuvantes não foi além da oitava série, em que pese os limites dessa variável terem sido de zero a 15 anos de escola formal.

O tamanho médio das pequenas propriedades na região do carvão era de 26,4 ha, enquanto que a moda era de 15 ha.

**Tabela II**  
TAMANHO DA PROPRIEDADE (N =163)

Variáveis	Média	Desvio-Padrão	Moda
Tamanho da Propriedade	26,4 ha	5,2 ha	15 ha
Distância da Propriedade ao Mercado	34 km	47 km	2 km

Fonte: Dados de Pesquisa

Os agricultores percorrem em média 34 km para vender o seu produto, mas o

mais comum (moda) é deslocarem-se até o centro da cidade perfazendo 2 km. O desvio-padrão contudo, foi muito alto: 47 km; evidenciando que alguns produtores vendem para mercados muito distantes.

A idade do chefe da família era alta, 54 anos. A moda foi ainda mais alta, 62 anos. As idades, contudo, variavam de 21 a 83 anos. Esse mínimo deve-se ao fato de que alguns jovens casaram e receberam pequenos lotes dos pais para trabalharem e permanecerem no campo. O desvio-padrão foi muito alto, 13,4 anos.

A idade média do administrador coadjuvante foi 44 anos e a moda 45 anos. Entretanto, o desvio-padrão foi alto: 13 anos. As idades dos administradores coadjuvantes variava de 13 a 73 anos de idade.

A prática do cooperativismo não é um hábito entre os produtores da zona do carvão. Praticamente inexistem cooperativas no local. Dos 163 agricultores uma média de 0,6% eram membros de cooperativa e a moda era não ser cooperativado.

**Tabela III**  
PADRÃO DE ASSOCIATIVISMO DOS AGRICULTORES NA REGIÃO DO  
CARVÃO RS (N= 163)

Tipo de Associativismo	Média %
Associado de Cooperativa	6
Membro de Associação de Agricultores	11
Membro de Sind. Trab. Rurais	30
Membro de Sindicato Rural	22

Fonte: Dados de Pesquisa

Tímidas iniciativas, contudo, de formação de associação de agricultores começam a aparecer. Entretanto a média de agricultores pertencentes a uma associação é baixa 11%, com desvio-padrão de 31%. A moda é não ser membro de nenhuma associação de agricultores. O nível de sindicalização dos agricultores também é muito baixo. Apenas uma média de 30% são membros do Sindicato dos Trabalhadores Rurais e uma média de 22% são membros do Sindicato Rural. A razão porque alguns pequenos proprietários rurais preferem ser membros de um sindicato de trabalhadores em lugar de um sindicato patronal é porque no primeiro a assistência social bem como a aposentadoria da esposa é facilitada. Mesmo assim a moda foi não ser membro de sindicato algum.

As condições das estradas nas propriedades rurais está distribuída da seguinte forma: uma média de 11% eram estradas asfaltadas; 25% eram estradas boas sem asfalto; 39% eram estradas mistas (parte boa e parte ruim) e 25% eram estradas ruins.

**Tabela IV**  
**CONDIÇÕES DAS ESTRADAS, DA PROPRIEDADE RURAL AO MERCADO**  
**DE VENDA DO PRODUTO NA REGIÃO DO CARVÃO - RS (N= 163)**

Condições das Estradas	Média %	Desvio-Padrão %
Estrada Asfaltada	11	0,31
Estrada Boa, sem Asfalto	25	0,44
Estrada Mista	39	0,49
Estrada Ruim -Intransitável em dias de chuva	25	0,44

Fonte: Dados de Pesquisa

Dos agricultores entrevistados, 58,2% tinham na produção animal a sua principal fonte de renda e 41,8% dedicavam-se mais a agricultura.

**Tabela V**  
**CONHECIMENTO INFORMAL DOS AGRICULTORES**  
**DA REGIÃO DO CARVÃO (N=163)**

Itens	Média	Desvio-Padrão	Moda
Conversa com cônjuge	3,5	0,97	4
Conversa com os filhos	3,2	1,09	4
Conversa com parentes	2,8	1,18	4
Conversa com vizinhos	2,7	1,25	4
Conversa com pessoas da Igreja	2,5	1,27	1
Conversa com pessoas da cooperativa	1,4	0,85	1
Conversa com membros de associação de agricultores	2,9	1,31	1
Conversa com comerciantes de produtos agrícolas	2,5	1,26	4
Ouve programas de agricultura no rádio	2,7	1,21	4
Lê revistas específicas	1,7	1,06	1
Lê jornal específico	1,8	1,17	1
Lê folhetos da Emater	1,8	1,07	1
Consulta a Emater	2,1	1,10	1
Consulta agrônomos e técnicos de cooperativas	1,4	0,87	1
Consulta agrôn. e técnicos da empresa para a qual vende	1,4	0,89	1
Consulta pessoal de quem compra das empresas gaúchas	1,6	0,99	1
Consulta Secretaria da Agricultura	1,4	0,83	1
Consulta Inspeção Veterinária	2,3	1,13	2
Total	41,6	10,2	38

Fonte: Dados de Pesquisa

A escolaridade informal dos agricultores foi analisada através de uma Escala LIKERT de 1 a 4. O mínimo atingível seria 20 e o máximo 80 pontos. Os agricultores obtiveram uma média total de 41,6 com desvio padrão de 10,2 sendo a moda 38 pontos.

Observou-se que a troca de informações ocorre mais entre parentes e vizinhos, ou no máximo com comerciantes de produtos agrícolas. As consultas a pessoal técnico especializado e mesmo a utilização dos meios de comunicação são pouquíssimo utilizadas. Salvo no caso de consultas a inspetoria veterinária, a moda foi o valor máximo de 4 para informações obtidas na comunidade e teve o valor mínimo 1 para qualquer outro meio de informação.

**Tabela VI**  
**CONTROLES CONTÁBEIS NAS PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**  
**DA REGIÃO DO CARVÃO**

<b>Tipo de controle</b>	<b>Percentual de Produtores que possuem o controle</b>	<b>Média</b>
Anota preço de compra		48,5
Anota preço de venda		46,7
Anota custo de mão de obra		23,6
Anota custo de combustível		21,2
Anota custo de agrotóxico		27,3
Anota custo de máquina		27,3
Anota custo de semente		44,2
Anota custo de adubo		46,1
Anota custo de herbicida		1,2
Anota custo de embalagem		9,7
Anota custo de frete		20,6
Anota custo de imposto		63,6
Considera o valor da terra no cálculo do custo		10,9

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Controles contábeis praticamente inexistem na propriedade uma vez que 20,1% dos produtores não anota ou guarda preços de insumos ou produtos.

Analisando a descendências dos agricultores entrevistados, verificou-se que as mesmas eram variadas.

**Tabela VII**  
DESCENDÊNCIA DOS PEQUENOS AGRICULTORES  
DA REGIÃO CARBONÍFERA DO RS (N= 163)

Descendência	%
Português	
Brasileiro	57,6
Alemão	2,4
Italiano	9,7
Espanhol	4,8
Eslavo	25,4
Total	100

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Constatou-se forte predominância de agricultores brasileiros, descendentes de portugueses, seguidos de descendentes de eslavos na região carbonífera.

Uma das preocupações neste trabalho foi conhecer o grau de conhecimento gerencial dos agricultores. A administração rural divide-se em três áreas: planejamento, controle e execução.

Examinando os conhecimentos dos agricultores entrevistados, viu-se que eles apresentaram um conhecimento geral de planejamento de 24 pontos num total de 45 pontos máximos, o que representou um escore muito baixo. O desvio padrão também foi alto, 8,7, evidenciando disparidade quanto ao nível de conhecimentos entre os agricultores entrevistados, na parte de planejamento.

Em uma escala de 1 a 5 o item de planejamento de maior escore foi o conhecimento sobre a compra de insumos, obtendo 3,2 pontos.

Os agricultores entrevistados consideravam de *razoavelmente importante a importante* aprender a planejar. Os mesmos pontuaram em 32,6 de um total de 45 pontos máximos o nível de importância geral em aprender a planejar. O desvio padrão foi alto, 9,4 evidenciando que existem muitas disparidades no julgamento da importância do planejamento por parte dos agricultores entrevistados. O item pontuado mais alto a nível de importância em planejamento foi como decidir sobre o método de conservação do solo.

**Tabela VIII**  
PLANEJAMENTO (N= 163)

Itens	Conhecimento	Importância
	Média/DP	Média/DP
Decidir o que é mais lucrativo produzir	2,9 1,3	3,9 1,2
Decidir quanto produzir de cada produto	2,8 1,3	3,8 1,2
Escolher o melhor mercado para vender	2,5 1,4	3,8 1,5
Decidir sobre que equipamento comprar	2,6 1,5	3,5 1,5
Escolher o melhor empréstimo	1,9 1,4	2,7 1,7
Decidir sobre o método de conservação do solo	3,0 1,4	4,2 1,1
Decidir sobre comprar ou arrendar a terra	2,4 1,4	3,3 1,6
Decidir sobre o uso de mão-de-obra	2,7 1,5	3,2 1,6
Decidir sobre a compra de insumos	3,2 1,4	3,9 1,3
Total	24,0 8,7	32,6 9,4

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Os agricultores mostraram ter um conhecimento de execução de controles de 50% aproximadamente. De um total de 70 pontos máximos, os mesmos obtiveram uma média de 34,4 pontos, com desvio padrão de 15,2. Isso evidenciou que no limite inferior, existem agricultores com pouquíssimo conhecimento em controles gerenciais.

O item pontuado como controle mais conhecido por parte dos agricultores foi a determinação do preço de venda de um animal pontuado entre uma escala de 1 a 5, em 3,1 pontos.

Os agricultores consideravam razoavelmente importante aprender a fazer controles gerenciais. Os mesmos pontuaram a média geral em importância em aprender a controlar em 48,5 de um total de 70 pontos. O desvio padrão foi alto 18,3 pontos, evidenciando que alguns estão cientes da importância em realizar controles na propriedade, enquanto que outros tem mínima percepção da importância deste aspecto gerencial.

**Tabela IX**  
**CONTROLE (N=163)**

Itens	Conhecimento		Importância	
	Média	DP	Média	DP
Fazer um inventário completo	2,3	1,3	3,5	1,5
Determinar o valor da plantação	2,9	1,4	3,7	1,4
Determinar o valor dos animais	3,1	1,3	3,8	1,4
Fazer a contabilidade rural	2,0	1,3	3,2	1,6
Verificar a renda total	2,5	1,5	3,6	1,5
Calcular a depreciação	2,0	1,3	3,2	1,5
Fazer o fluxo de caixa	2,1	1,4	3,3	1,6
Calcular custos	2,6	1,5	3,5	1,6
Calcular lucro	2,7	1,6	3,6	1,6
Calcular taxa de juros	2,1	1,4	3,1	1,7
Fazer controle de compras	2,7	1,4	3,5	1,5
Fazer controle de vendas	2,8	1,4	3,5	1,6
Como contabilizar o valor da terra na contabilidade rural	2,0	1,3	3,2	1,6
Total	34,4	15,2	48,5	18,3

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Constatou-se que os agricultores entrevistados apresentavam um conhecimento um pouco maior na parte de execução de produção agrícola do que de planejamento ou controle. Os mesmos obtiveram 79,7 pontos de um total de 130 pontos possíveis. Contudo o desvio padrão foi muito alto: 26,7 pontos, indicando que alguns agricultores conheciam pouquíssimo sobre execução de tarefas de produção agrícola. A moda nesse item foi 104 pontos.

Os agricultores demonstraram ter alguma percepção sobre a importância em aprender a produzir bem na agricultura. Os mesmos pontuaram um valor de 107,9 de um total de 130 pontos máximos. O desvio padrão foi de 20,8 e a moda foram os 130 pontos máximos.

**Tabela X**  
EXECUTAR (N=163)

Itens	Conhecimento		Importância	
	Média	DP	Média	DP
Semear e plantar corretamente	3,7	1,1	4,4	0,93
Adubar adequadamente	3,7	1,2	4,4	0,90
Fazer tratamento fitossanitário	2,6	1,4	4,1	1,14
Decidir quando vender o produto	3,1	1,5	3,8	1,52
Utilizar assistência do governo	2,2	1,4	3,7	1,49
Conhecer a época da semeadura	3,7	1,2	4,3	0,95
Determinar a densidade da semeadura	3,4	1,2	4,2	1,05
Conhecer a época de transplante	3,1	1,5	4,1	1,23
Preparar canteiro	3,6	1,3	4,3	1,00
Controlar pragas	3,1	1,5	4,4	0,85
Fazer espaçamento adequado	3,5	1,2	4,3	0,93
Adubar adequadamente	3,7	1,3	4,5	0,80
Dosar quantidade de adubos	3,5	1,3	4,4	0,82
Conhecer a época de aplicação de adubo	3,5	1,3	4,3	0,90
Fazer a aplicação de adubo	3,5	1,3	4,4	0,91
Como fazer a adubação de cobertura	2,9	1,5	4,0	1,17
Quando fazer a adubação de cobertura	2,9	1,5	4,0	1,18
Escolher o tipo de adubação de cobertura	2,7	1,5	4,0	1,20
Como determinar o início dos tratamentos fitossanitários	2,5	1,5	4,0	1,15
Como escolher o produto adequado para o tratamento fitossanitário	2,4	1,5	4,1	1,12
Determinar os intervalos das aplicações fitossanitárias	2,7	1,5	3,7	1,39
Determinar o período de carência do tratamento fitossanitário	2,4	1,4	4,0	1,16
Como proteger-se para aplicar agrotóxico	2,7	1,5	4,0	1,32
Como escolher o equip. para aplicar agrotóxicos	2,7	1,6	3,9	1,37
Como fazer a conservação do solo	3,2	1,5	4,5	0,80
Como fazer melhoramento genético	2,4	1,5	3,9	1,40
Total	79,7	26,7	107,9	20,80

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Os agricultores entrevistados apresentaram um conhecimento baixo quanto a conhecimento em produção de gado. Os mesmos obtiveram 66,9 pontos de um total de 120 pontos máximos, sendo que o desvio padrão foi alto 22,4 pontos. A tarefa pontuada como de mais alto conhecimento foi alimentar corretamente um animal e a de menor conhecimento foi como fazer silagem.

**Tabela XI**  
**PRODUÇÃO ANIMAL - GADO (N=156)**

Itens	Conhecimento	Importância
	Média/DP	Média/DP
Manter a higiene do estábulo	2,4 1,5	3,9 1,30
Manter a higiene da ordenha	2,4 1,5	4,0 1,20
Determinar a quantidade alimento	3,1 1,3	4,1 1,06
Escolher o tipo de alimento	3,2 1,3	4,1 1,09
Como produzir ração	2,3 1,4	3,9 1,23
Como fazer silagem	2,0 1,3	3,7 1,40
Como fazer sala de parição	1,9 1,2	3,4 1,40
Como determinar horário de alimentação	3,1 1,3	3,9 1,22
Determinar o momento de venda do animal	3,2 1,4	3,8 1,31
Acompanhar o momento de parição	2,8 1,4	3,8 1,37
Total	66,9 22,4	95,5 18,7

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

O conhecimento da suinocultura também foi mediano entre os agricultores entrevistados. Os agricultores obtiveram 20,2 de um total de 40 pontos máximos. O desvio padrão foi de 8,4.

A tarefa mais conhecida pelos suinocultores era a de determinar o momento da venda do animal e a de menor conhecimento era a de como construir uma creche. Alguns suinocultores consideravam importante aprender a trabalhar com suinocultura. Os mesmos pontuaram em 30,4 a importância em aprender a desenvolver essa atividade com um desvio padrão de 7,6.

**Tabela XII**  
**PRODUÇÃO ANIMAL - SUÍNOS (N=155)**

Itens	Conhecimento		Importância	
	Média/DP	Média/DP	Média/DP	Média/DP
Como construir pocilgas	2,3	1,4	3,9	1,27
Como construir uma maternidade	2,1	1,3	3,8	1,26
Como construir uma creche	2,0	1,3	3,7	1,30
Como fazer um sistema de canalização de esterco	2,1	1,4	3,8	1,21
Como dividir as dependências por categoria de animal	2,7	1,4	3,8	1,18
Como determinar horário de alimentação	3,1	1,3	3,9	1,22
Como determinar o momento de venda do animal	3,2	1,4	3,8	1,31
Acompanhar o animal no momento de partição	2,8	1,4	3,8	1,37
Total	20,2	8,4	30,4	7,6

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

O nível de conhecimento dos agricultores entrevistados em avicultura era muito baixo. Os agricultores obtiveram apenas 15,8 de um total de 45 pontos máximos com desvio padrão de 10,1 pontos. Avicultura era simplesmente desconhecida na região. No entanto, os agricultores da região do carvão do RS pareciam ter razoável interesse em conhecer essa cultura pois pontuaram em 31,9 de um total de 45 pontos máximos a importância em aprender sobre essa atividade. O desvio padrão, neste caso foi de 11,5.

**Tabela XIII**  
**PRODUÇÃO ANIMAL - AVES (N= 148)**

Itens	Conhecimento		Importância	
	Média/DP	Média/DP	Média/DP	Média/DP
Construir um aviário	1,8	1,3	3,4	1,46
Equipar o aviário com comedouro e bebedouro	1,7	1,2	3,5	1,37
Usar Campânulas	1,6	1,1	3,4	1,45
Alimentar o pinto	2,0	1,4	3,6	1,34
Como fazer os tratamentos de higiene do aviário	1,9	1,3	3,7	1,36
Como fazer o sistema de aquecimento do aviário	1,7	1,2	3,6	1,35
Como fazer o sistema de controle de iluminação	1,6	1,2	3,5	1,39
Como fazer o sistema de fornecimento de água para o aviário	1,8	1,3	3,6	1,37
Como controlar as doenças do aviário	1,7	1,2	3,6	1,37
Total	15,8	10,1	31,9	11,5

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

O conhecimento dos agricultores na região em estudo sobre conservação do solo também é mediano. Os agricultores obtiveram um total de 30,2 de um total de 55 pontos máximos. O desvio padrão neste caso, foi alto, 11,6.

A moda foi o conceito mínimo 11. Parece que poucos agricultores conheciam muito sobre métodos de conservação do solo enquanto que a maioria dos mesmos nada conhecia sobre o assunto.

Aparentemente os agricultores estavam interessados em aprender a conservar a terra pois pontuaram em 42,7 de um total de 55 pontos máximos. O desvio padrão neste caso foi 10,5 enquanto que a moda foi 44 pontos.

**Tabela XIV**  
CONSERVAÇÃO DO SOLO (N=163)

Itens	Conhecimento		Importância	
	Média	DP	Média	DP
Incorporação de restoshos	2,8	1,5	3,9	1,27
Rotação de culturas	2,8	1,5	3,9	1,26
Tratamento de restos culturais	2,7	1,5	3,9	1,20
Gradagem cruzada	2,5	1,4	3,5	1,39
Cultivo em curva de nível	2,6	1,4	3,8	1,31
Utilização de esterco animal	3,3	1,4	4,1	1,10
Utilização de adubação	3,3	1,4	4,3	0,94
Utilização de cobertura morta	2,6	1,4	3,8	1,32
Utilização de capinas alternadas	2,8	1,5	3,8	
Observação da vocação do solo	2,6	1,4	4,1	1,18
Utilização do cordão de contorno	2,2	1,4	3,7	1,39
Total	30,2	11,6	42,7	10,50

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Os agricultores entrevistados auto-avaliaram-se quanto a atividades empreendedoras. Em todas as questões o total de pontos máximo era 25 pontos. Os mesmos obtiveram médias pouco acima de 50% em busca de oportunidades e iniciativas e em persistência. Estas foram as atividades que o grupo obteve menor escore.

Algumas atividades obtiveram pontuação em torno de 70%. Estes foram: Comprometimento, Exigência de Qualidade e Eficiência, Correr Riscos Calculados, Busca de Informações, e Planejamento e Movimentação Sistemática e Persuasão e Rede de Controles. Os itens que os agricultores da região do carvão avaliaram-se mais alto foram estabelecimento de metas e independência e auto confiança.

**Tabela XV**  
**COMPORTAMENTOS EMPREENDEDORES ENCONTRADOS**  
**NOS AGRICULTORES DA REGIÃO DO CARVÃO**

Itens	Média	DP	Moda	Máximo de pontos Possíveis
Busca de Oportunidades e Iniciativas	16,5	3,3	19	25
Persistência	15,8	3,3	17	25
Comprometimento	18,5	2,6	21	25
Exigência de Qualidade e Eficácia	18,7	3,9	19	25
Correr riscos calculados	17,5	3,4	21	25
Estabelecimento de Metas	20,2	3,9	21	25
Busca de Informações	18,1	3,6	21	25
Planejamento e monitoramento sistemático	18,0	3,9	21	25
Persuasão e rede de controles	17,0	3,5	18	25
Independência e autoconfiança	20,5	3,0	21	25
Média do Grupo	18,1	3,4	19,9	25
Média Total	180,6	24,- 4	19,2	21,5

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Escala 1- Nenhum 2- Pouco 3- Razoável 4- Bom 5- Muito Bom

Uma regressão “steep-wise” foi feita. A variável dependente era Necessidades Educacionais em Administração formada pelas Necessidades Educacionais em: Planejamento, Controle, Execução em Agricultura, Manejo de Gado, Ovinos, Suínos, Aves e Conservação do Solo, apontada pelos entrevistados. As variáveis independentes eram:

**X1-** Grau de instrução da pessoa mais instruída na família

**X2-** Tipo de escola cursada pela pessoa mais instruída na família

- x2.1
- x2.2
- x2.3
- x2.4
- x2.5

- X3- Administrador coadjuvante**
  - x3.1- Esposa
  - x3.2- Filho
  - x3.3- Filha
  - x3.4- Parentes
  - x3.5 - Outros
  - x3.6- Ninguém
- X4- Grau de instrução do coadjuvante**
- X5- Tipo de colégio cursado pelo administrador coadjuvante**
- X6- Tamanho da propriedade**
- X7- Idade do chefe da família**
- X8- Idade do administrador coadjuvante**
- X9- Distância da Propriedade ao principal mercado de venda**
- X10- Grau de Associação dos Agricultores**
  - x10.1- Cooperativa
  - x10.2- Associação de agricultores
  - x10.3- Sindicato dos trabalhadores rurais
  - x10.4- Sindicato Rural
- X11- Condições da Estradas**
  - x11.1- Estradas Asfaltada
  - x11.2- Estradas Boa
  - x11.3- Estradas Mista
  - x11 4- Estradas Ruins
- X12- Tipo de Cultura**
  - x12.1- Agricultura
  - x12.2- Animal
  - x12.3- Outros
- X13- Escolaridade Informal**
- X14- Uso de Controle de Compra e venda**
- X15- Conhecimento em Planejamento**
- X16- Conhecimento em Controles Administrativos**
- X17- Conhecimento em Agricultura**
- X18- Conhecimento em Bovinos-Ovinos**
- X19- Conhecimento em Suínos**
- X21- Conhecimentos em Aves**

**X22-** Conhecimentos em Recursos Naturais

**X23-** Etnia

**X240=** Busca de Oportunidade e Iniciativas

**X241=** Persistência

**X242=** Comprometimento

**X243=** Exigência de Qualidade e Eficácia

**X244=** Correr Riscos Calculados

**X245=** Estabelecimento de Metas

**X246=** Busca de Informações

**X247=** Planejamento e Monitoramento Sistemático

**X248=** Persuasão e Rede de Controles

**X249=** Independência e Autoconfiança

**X251=**  $x_{240}+x_{241}+x_{242}+x_{243}+x_{244}+x_{245}+x_{246}+x_{247}+x_{248}+x_{249}$

Os resultados da regressão foram os seguintes: um  $r^2$  ajustado de 72%.

**Tabela XVI**  
**VARIÁVEIS E CARACTERÍSTICAS EMPREENDEDORAS**  
**QUE INFLUENCIAM AS NECESSIDADES EDUCACIONAIS**  
**EM ADMINISTRAÇÃO RURAL (N=163)**

Variáveis	Nível de Significância	Teste T
Ao encontrar obstáculos passa a fazer algo mais fácil (persistência)	-5,805	0,00000
Administrador coadjuvante: filho	-5,154	0,0000
Habilidade em conseguir que pessoas com opinião firme mudem sua maneira de pensar(persuasão)	4,598	0,0000
Hábito de programar o que vai fazer (ter metas)	4,086	0,0001
Descendência alemã	-3,184	0,0023
Análise probabilidade sucesso ou fracasso(risco calculado)	3,157	0,0025
Busca fazer algo onde se sente seguro(Busca de Oportunidades)	-3,070	0,0033
Membro do Sindicato dos Trabalhadores Rurais	3,022	0,0037
Desmotiva-se diante de obstáculo (Persistência)	-2,990	0,0041
Grau de instrução da pessoa mais instruída	2,594	0,0120
Condição da estrada; asfaltada	-2,661	0,0101
Faz coisas arriscadas(gosto pelo risco)	-2,757	0,078
Faz coisas consideradas arriscadas pelos demais(gosto pelo risco)	-2,467	0,0166
Não gosta de correr riscos com coisas novas(gosto pelo risco)	-2,348	0,0223
Gasta tempo conhecendo as outras pessoas (persuasão)	2,324	0,0236
Iniciativa nas tarefas (Busca de Oportunidades)	2,214	0,0308
Tipo de escola do coadjuvante: nunca cursou o colegial	-2,218	0,0305
Incomoda-se com a imperfeição (Comprometimento)	2,193	0,0324
Idade do coadjuvante	-2,067	0,0432
Toma decisões rápidas sem buscar informações (Busca de Informações)	-2,028	0,0471
Esforça-se pelo cliente (Comprometimento)	1,836	0,0715 *
Tenta de diferentes maneiras vencer o obstáculo (Persistência)	1,775	0,0811 *
Gosto pelo obstáculo novo(Busca de Oportunidade)	1,741	0,0891 *
Busca a perfeição no que faz(Comprometimento)	1,682	0,0980 *
Constante	5,101	0,000 *

**Tabela XVI**  
CONTINUAÇÃO

Variáveis	Nível de Significância	Teste T
Toma decisões rápidas sem buscar informações (Busca de Informações)	-2,028	0,0471
Esforça-se pelo cliente (Comprometimento)	1,836	0,0715 *
Tenta de diferentes maneiras vencer o obstáculo (Persistência)	1,775	0,0811 *
Gosto pelo obstáculo novo (Busca de Oportunidade)	1,741	0,0891 *
Busca a perfeição no que faz (Comprometimento)	1,682	0,0980 *
Constante	5,101	0,000 *

Fonte: Dados de pesquisa

\* Variáveis com 10% de probabilidade de erro.

O grau de instrução da pessoa mais instruída na família afetava positivamente as necessidades educacionais em administração rural. Já o tipo de escola cursada por esta pessoa não afetava a variável dependente.

Vários trabalhos sul-americanos mostraram não haver relação entre escolaridade formal e demanda educacional gerencial, contrariando estudos e teorias americanas. A diferença estava em que não haviam escolas além da 4ª série do 1º grau no meio rural até duas décadas atrás. Como a escolaridade pesquisada era a do chefe de família, e estes em geral tinham mais do que quarenta anos, a variável escolaridade formal tinha pouca variabilidade para afetar a variável dependente. Quando a educação formal pesquisada foi a da pessoa mais instruída da família, a escolaridade formal passou a afetar significativamente a necessidade em aprender a gerenciar, confirmando a teoria que embasou esta hipótese.

O tipo de administrador coadjuvante não afetava a necessidade de aprender a gerenciar, exceto no caso de ser este filho. Neste caso havia uma relação altamente negativa com a necessidade de aprender a gerenciar.

Pelo que se viu neste modelo de regressão, a percepção quanto a necessidade em aprender independe de quem ajuda o chefe da família a gerenciar a propriedade, porém não os filhos homens, que na função de administradores coadjuvantes eram significativamente contra buscar aprendizagem gerencial. Contudo, não se tem muitos estudos quanto a questão do sexo influenciar a necessidade em aprender a gerenciar. Exceto estudos feitos na região da Encosta Superior do Nordeste, mostrando que filhas como administradores coadjuvantes influenciavam a necessidade em aprender a gerenciar.

O grau de escolaridade do administrador coadjuvante não afetava positivamente a necessidade de aprender a gerenciar. Contudo administradores coadjuvantes que eram analfabetos ou que cursaram até 8ª série do 1º grau eram significativamente aversos a aprendizagem gerencial. Ou seja, escolaridade muito baixa do administrador coadjuvante afetava negativamente a necessidade de aprender a gerenciar. De uma for-

ma inversa parece que novamente se confirma a hipótese de que a escolaridade influi na necessidade de aprendizagem.

O tamanho da propriedade e a idade do chefe da família não afetavam a necessidade de aprendizagem em gerenciamento dos agricultores.

A idade do administrador coadjuvante afetava negativamente a necessidade de aprender a gerenciar. Quanto mais jovem era o administrador coadjuvante, maior era sua percepção da importância de aprender a gerenciar. De uma forma geral a literatura e alguns trabalhos anteriores confirmam que a idade está inversamente relacionada com a necessidade de aprender a gerenciar. Como em geral a idade média do chefe da família é alta, existe pouca variabilidade nessa variável para afetar a variável dependente. Isso ocorre porque a estrutura da pequena propriedade rural é familiar, e filhos casados moram com os pais, recebendo posteriormente a terra como herança. Se aliar-se a esse fato a maior longevidade das pessoas neste Estado, entende-se que o chefe da família no meio rural quase sempre terá idade avançada. Verificou-se então que a idade do administrador coadjuvante, que apresentava maior variabilidade era a que de fato afetava negativamente a variável dependente, confirmando a teoria e a hipótese levantada neste estudo.

Esta região era marcadamente constituída por propriedades de subsistência as quais pouco ou nada vendiam. As que vendiam o faziam no comércio local da cidade, sem maior preocupação com a busca de ganhos através de um processo de comercialização. Neste caso a distância da propriedade ao principal mercado de venda não representava algo importante na percepção do agricultor de busca de instrução já que a busca da comercialização “per se” era precária.

O grau de associação dos agricultores afetava a demanda por aprendizagem em gerenciamento apenas quando o agricultor era membro do sindicato dos trabalhadores rurais. Este estudo evidenciou que o grau de associação dos agricultores locais era baixíssimo. Apenas poucos eram membros do sindicato dos trabalhadores rurais ou participavam de associação de trabalhadores, esta última se dava sempre por iniciativa dos técnicos da EMATER que providenciavam o treinamento necessário. Ficou evidenciado neste trabalho a importância em participação sindical como forma de mudar as concepções dos agricultores em relação a busca de aprendizagem.

As estradas asfaltadas afetavam negativamente as necessidades gerenciais. Agricultores que possuíam estradas asfaltadas não desejavam aprender a gerenciar. As demais condições de estradas não afetavam a variável dependente. Contrariando a hipótese deste trabalho, assim como, a teoria internacional já firmada sobre a influência das condições das estradas na necessidade de aprender a gerenciar, alguns trabalhos feitos no Estado do Rio Grande do Sul não tem pouco evidenciado essa relação na pequena propriedade. Neste caso, pequenas propriedades possuído estradas asfaltadas seriam aversas a aprendizagem.

O tipo de cultura não afetava a necessidade do produtor de aprender a gerenciar. Outros trabalhos feitos em outras regiões já mostrou resultados semelhantes, negando a hipótese.

A escolaridade informal também não afetava a necessidade de aprendizagem em gerenciamento. Essa relação já foi encontrada em estudos feitos em outras regiões, porém na região carbonífera o uso da escola informal é mínimo, limitando-se quase

que só a conversas com parentes e vizinhos. Neste caso não se confirmou a hipótese.

O uso de controles de compra e venda não afetavam a necessidade de aprendizagem em gerenciamento. Talvez porque o cuidado com esses controles é praticamente nulo na maior parte dos estudos feito neste Estado sobre esse assunto. Poucos estudos testaram esse tipo de variável como relacionada a atividade de aprendizagem.

Propriedades, em geral, gerenciadas por alemães fora de regiões de domínio alemão, costumam ser mais fechadas em seus relacionamentos com a comunidade. Também a organização e gerenciamento dessas propriedades eram atípicas no quadro geral pesquisado e talvez esses alemães não tinham consciência de que poderiam melhorar ainda mais sua produção através do treinamento. Descendentes de alemães eram significativamente aversos a aprender a gerenciar. As demais etnias não influenciaram a variável dependente.

De todas as variáveis previstas neste modelo, sem dúvida as características de personalidade empreendedora eram as que mais afetavam as necessidades de aprendizagem. Analisando as características empreendedoras: Busca de Oportunidade e Iniciativas, Persistência, Comprometimento, Exigência de qualidade e Eficácia, Correr Riscos Calculados, Estabelecimento de Metas, Busca de Informações, Planejamento e Monitoramento Sistemático, Persuasão e Rede de Controles e Independência e Auto-Confiança em relação as necessidades de aprender a gerenciar verificou-se o seguinte:

Correr Riscos Calculados, Busca de Oportunidade e Iniciativa, Estabelecimento de Metas e Persistência foram características de personalidade empreendedora que afetaram significativamente a importância dada a aprender a gerenciar.

As características empreendedoras pouco relacionadas com a importância dada pelos agricultores em aprender a gerenciar eram: Persuasão e Rede de Controles, Comprometimento, Exigência de Qualidade e Eficácia e Busca de Informações. Poucas asserções concernentes a estas características eram significativamente relacionadas com a variável dependente.

As características empreendedoras não relacionadas com as necessidades em aprender a gerenciar eram Planejamento e Monitoramento Sistemático e Independência e Auto-Confiança.

Analisando os fatores que influenciaram as necessidades em aprender técnicas de conservação do solo utilizou-se essa variável dependente no modelo de regressão abaixo, o qual apresentou 48% de explicação da variável dependente.

**Variável Dependente:  $y_3$**

**Variáveis Independentes:**

**X1-** Grau de instrução da pessoa mais instruída na família

**X2-** Tipo de escola cursada pela pessoa mais instruída na família

x2.1

x2.2

x2.3

x2.4

x2.5

- X3- Administrador coadjuvante**
  - x3.1- Esposa
  - x3.2- Filho
  - x3.3- Filha
  - x3.4- Parentes
  - x3.5 - Outros
  - x3.6- Ninguém
- X4- Grau de instrução do coadjuvante**
- X5- Tipo de colégio cursado pelo administrador coadjuvante**
- X6- Tamanho da propriedade**
- X7- Idade do chefe da família**
- X8- Idade do administrador coadjuvante**
- X9- Distância da Propriedade ao principal mercado de venda**
- X10- Grau de Associação dos Agricultores**
  - x10.1- Cooperativa
  - x10.2- Associação de agricultores
  - x10.3- Sindicato dos trabalhadores rurais
  - x10.4- Sindicato Rural
- X11- Condições da Estradas**
  - x11.1- Estradas Asfaltada
  - x11.2- Estradas Boa
  - x11.3- Estradas Mista
  - x11.4- Estradas Ruins
- X12- Tipo de Cultura**
  - x12.1- Agricultura
  - x12.2- Animal
  - x12.3- Outros
- X13- Escolaridade Informal**
- X14- Uso de Controle de Compra e venda**
- X15- Conhecimento em Planejamento**
- X16- Conhecimento em Controles Administrativos**
- X17- Conhecimento em Agricultura**
- X18- Conhecimento em Bovinos-Ovinos**
- X19- Conhecimento em Suínos**
- X21- Conhecimentos em Aves**
- X22- Conhecimentos em Recursos Naturais**

**Tabela XVII**  
**FATORES QUE INFLUENCIAM AS NECESSIDADES**  
**EM APRENDER MÉTODOS DE CONSERVAÇÃO DO SOLO (N=163)**

Variáveis	Nível de Significância	Teste T
Conhecimentos já adquiridos em conservação do solo	5,530	0,0000
Membro do Sindicato dos Trabalhadores Rurais	3,201	0,00222
Tipo de colégio do administrador coadjuvante: nunca cursou o colegial	-2,929	0,0049
Tipo de estrada: asfaltada	-2,825	0,0065
Tipo de colégio da pessoa mais instruída da família: escola técnica	2,725	0,0085
Conhecimento em produção animal	-2,693	0,0093
Administrador coadjuvante: esposa	2,434	0,0181
Membro de associação de agricultores	1,867	0,0669 *
Tipo de cultura: animal	-2,203	0,0316
Tipo de cultura: agricultura	-1,943	0,0569 *

Fonte: Dados de Pesquisa

\* Variáveis com 10% de probabilidade de erro

O presente modelo de regressão sugere que novos estudos, explorando outras variáveis independentes, venham a ser feitos. As variáveis escolhidas como fator explicativo responderam por apenas 48,2% do modelo. Ou seja o  $R^2$  ajustado foi de 48,2%.

Constatou-se que as variáveis que explicam as necessidades educacionais em conservação de solo são em parte semelhantes as que explicam necessidades educacionais em gerência.

Os conhecimentos já adquiridos em práticas de conservação do solo influenciam a percepção da necessidade em aprender a conservar o solo.

Como seria esperado, a conscientização da necessidade de conservar o solo passa necessariamente pela formação correta de como cultivar o solo. Ficou evidenciado na região estudada que os agricultores não sabem produzir tecnologicamente bem e, conseqüentemente, uma postura ecológica no meio rural requererá conhecimento de plantio e manejo animal

Ser membro de sindicato de trabalhadores rurais, assim como de associação de agricultores influencia a necessidade em aprender a conservar o solo.

Percebe-se que, quando os agricultores recebem uma educação informal mais técnica, a consciência ecológica surge. Em geral os sindicatos rurais e de trabalhadores rurais têm se preocupado com a formação do agricultor, inclusive na parte ecológica. Por sua vez a EMATER local tem tentado organizar associações de agricultores em

alguns municípios da Região. Os dados mostram um papel importante por parte da EMATER relativo às questões ecológicas.

Quando Administradores Coadjuvantes são as esposas influencia a necessidade em aprender a conservar o solo. Quando as pessoas mais instruídas na família cursaram uma escola técnica, a necessidade em aprender a conservar o solo se evidencia.

Curiosamente não são os jovens, filhos e filhas que têm uma maior consciência ecológica, mas sim as esposas, no papel de administradores coadjuvantes. Também não é a escolaridade dos administradores coadjuvantes que influencia a variável dependente e sim o tipo de escola, a técnica. Pelo que se vê neste estudo, o avanço escolar (tradicional) não oportuniza de forma crescente o contato com os temas ecológicos. Isso só acontece quando escola é de formação técnica, porém quando o administrador coadjuvante nunca cursou uma escola colegial a relação é negativa com a necessidade em aprender a conservar o solo.

Este aspecto é semelhante a importância dada a aprender a gerenciar. A baixa escolaridade era fator impeditivo da percepção da necessidade de aprender a gerenciar e igualmente de conservar o solo. Então baixa escolaridade seria fator impeditivo de uma maior preocupação ecológica no meio rural, exceto quando o administrador coadjuvante era a esposa.

Agricultores com muito conhecimento em produção animal tinham pouco interesse em aprender a conservar o solo.

O presente estudo bem mostra que os agricultores da Região não conseguem perceber a relação entre produção animal e produção agrícola, assim como não tem consciência do papel da agricultura na cadeia alimentar do animal em que pese seus conhecimentos em criação de animais.

Tanto agricultores que se dedicavam mais a cultura animal como a agricultura tinham menor interesse em aprender a conservar o solo.

Os resultados demonstraram que a percepção da importância em conservar o solo não está presente entre agricultores que produzem bens agrícolas e animais. O conhecimento levantado em técnicas de conservação de solo era muito baixo, deduzindo-se que a maioria dos agricultores não só não cuidavam do solo como sequer se interessavam em fazê-lo. Talvez a importância dada por produtores locais em aprender a conservar o solo esteja mais relacionada com os produtores de culturas perenes.

Por outro lado, talvez por ser a maior parte das propriedades voltadas às culturas de subsistência não haja uma preocupação ecológica por parte desses produtores.

Agricultores com acesso a estradas asfaltadas tinham menor interesse em aprender técnicas de conservação do solo.

Outros tipos de estradas ligando as propriedades ao mercado não afetaram a variável dependente. Considerando a região estudada, viu-se que as propriedades beneficiadas com asfalto eram as que mais comumente eram consideradas como área mais de lazer, e plantar era um hobby dos agricultores aposentados das minas. É possível que essa condição peculiar na Região explique porque produtores que eram beneficiados com asfalto eram significativamente contrários a aprender tanto a gerenciar como a fazer controle ecológico do solo.

Constatou-se neste estudo que variáveis como tamanho da propriedade não

influenciava nem a necessidade de aprender a gerenciar, nem a necessidade de aprender a cuidar da parte ecológica da propriedade. Isso talvez se dê pelo fato de que as propriedades com até 50 ha não apresentam grande variabilidade em suas necessidades de aprendizagem. O pensamento do microprodutor não mudaria pelo mesmo possuir poucos hectares a mais. Restaria então saber se a situação mudaria para extratos além de 50 ha.

Verificou-se também que a idade em geral não é fator impeditivo para que se adquira uma consciência ecológica.

A distância das propriedades aos seus mercados apresentou pouca variabilidade e não afetou qualquer das variáveis dependentes estudadas.

Também o conhecimento de Planejamento e Controle Gerencial não afetou a necessidade de aprender a produzir ecologicamente.

Acrescentando-se características empreendedoras no modelo, não melhorou a grau de explicação da variável dependente.

## CONCLUSÕES

Verificou-se que a baixa escolaridade dos pequenos produtores rurais nessa Região é um problema conjuntural. Os genitores não tiveram acesso à escola devido à carência dos mesmos no passado. Já os filhos tiveram a oportunidade de estudar; e o que se verificou foi que a média de escolaridade da nova geração é possuir o primeiro grau, sendo que a maior parte deles possui, também, o segundo grau.

Não obstante essa escolaridade tem pouca influência na administração da propriedade rural. Uma parte significativa dos agricultores são aposentados de outra atividade: das minas de carvão, e a agricultura seria então uma atividade complementar de renda. É bastante acentuado o número de propriedades rurais mantidas apenas para lazer ou subsistência.

Dessa forma, os filhos muitas vezes são educados formalmente para outras atividades que não a atividade rural.

Considerando o tamanho médio das pequenas propriedades na Região que era de 26,4 ha, sendo o tamanho mais usual o de 15 ha, e a proximidade dessa Região à Capital percebe-se uma oportunidade rica de ganhos e de geração de empregos aos próprios filhos dos agricultores, a qual não é aproveitada. Isso se evidencia pela média de distância percorrida pelos agricultores para venderem seu produto: 34 km. Então o pequeno agricultor padrão daquela Região destina sua produção para mercados próximos de Porto Alegre, enquanto que a maioria consegue colocar o seu produto em suas próprias Cidades. Cabe nas Cidades estudadas, verificar o abastecimento das mesmas com feiras e fruteiras onde o agricultor local possa primeiramente ter nesse mercado a sua principal fonte de venda.

Por haver um grande número de pequenos agricultores já aposentados de outra atividade, a sua idade média é alta, 54 anos, sendo que a maioria têm 62 anos. Modificações em padrões de comportamento gerencial ocorrem com maior frequência entre

agricultores mais jovens. Qualquer programa de desenvolvimento rural nessa Região deveria focalizar os administradores coadjuvantes cuja idade média seria 44 anos. Programas de desenvolvimento rural para jovens nessa Região de forma a criar atrativos de permanência na área rural seria recomendável. Esses programas preparam jovens da área rural a encontrar o seu nicho de mercado e conseqüentemente de sobrevivência no próprio meio rural.

Outro enfoque de desenvolvimento rural na região do carvão seria a formação de lideranças para compor associações de agricultores, sindicatos e cooperativas. Observou-se que nas localidades onde a EMATER tomou a liderança em formar associação de agricultores, a mesma funcionou, onde tal iniciativa não ocorreu os agricultores sequer tentaram algum tipo de associação. Aqui cabe o conceito de “enriquecimento pessoal-emocional “ do agricultor de forma a conscientizá-lo de seu papel e prepará-lo para a liderança.

As condições das estradas na Região estudada não eram muito ruins. Contudo, haviam 25% de estradas ruins. Uma das mais importantes condições de desenvolvimento de uma Região é o acesso. Programas municipais de melhoria das estradas seriam necessários, embora em cidades maiores como São Jerônimo esse trabalho é dificultado devido ao tamanho do município.

Existe uma ligeira predominância de retirar da cultura animal a maior parte do sustento, o que é certo em muitos casos, pois existe maior rentabilidade na venda de suínos, frangos e gado do que na de seu insumo que é o milho, por exemplo. Integrações entre agricultura e cultura animal são bastante convenientes do ponto de formação de renda. Programas de desenvolvimento na Região estudada deveriam focalizar tanto a agricultura como a cultura animal ou a integração desta última com a primeira.

Constatou-se claramente que os agricultores trocam informações entre si ou entre pessoas disponíveis em seu meio. Com exceção de consultas à inspetoria veterinária e a comerciantes agrícolas, a informação se dá mais entre os próprios agricultores. Como a escolaridade dos chefes de família é baixa, o envolvimento dos filhos mais instruídos em assuntos rurais é pequeno e a formação de lideranças locais é escassa, a escola informal é precária nessa Região.

Uma das primeiras necessidades nessa Região seria a ampliação dos escritórios da EMATER, dotando-os de maior número de profissionais. Os escritórios de extensão rural nessa Região deveriam possuir economistas domésticas para trabalho de organização de higiene da propriedade, orientando no uso racional de água, criação de pocilgas e galinheiros evitando a circulação desses animais pelo pátio quando não dentro de casa.

O trabalho de profissionais de extensão com jovens e a formação de associações e lideranças locais deveria ser feito por extensionista preparado para essa atividade.

Além disso, mais extensionistas e viaturas deveriam estar disponíveis em cada escritório para efetivamente desenvolver essa Região.

A baixa escolaridade dos genitores associado ao preparo dos jovens para outras atividades pode conduzir a transformação de muitas propriedades rurais em apenas áreas futuras de lazer, cujos proprietários muitas vezes não seriam residentes nos municípios, reduzindo opções de emprego e de renda nestes mesmos municípios. As prefeituras das cidades estudadas deveriam estar atentas para este problema.

O conhecimento gerencial dos agricultores foi muito baixo. Na parte de plane-

jamento encontrou-se um conhecimento em torno de 50% das atividades, sendo que pelo alto desvio-padrão percebe-se que muitos deles têm um conhecimento quase que nulo em planejamento, o mesmo aconteceu com a elaboração de controles gerenciais. Para aqueles agricultores que se encontram no limite inferior do conhecimento em planejamento e controles gerenciais, as possibilidades de permanência na agricultura ficam ameaçadas. É possível que os genitores, dada a idade avançada, possam permanecer. Entretanto os filhos, não sendo preparados para permanecer no meio rural e não possuindo conhecimentos gerenciais para desenvolver a propriedade, tenderiam a vender a terra. Existe assim, forte tendência das propriedades da região carbonífera mudarem de proprietários no médio prazo.

Na parte de conhecimento de execução de atividades agrícolas, os agricultores obtiveram uma pontuação um pouco maior do que 50%, mas o conhecimento na parte de produção de gado ou ovinos foi baixo, assim como na parte de produção de suínos, sendo que avicultura praticamente inexistente na Região, exceto para consumo próprio.

Se mesmo na parte de execução de tarefas os agricultores da região do carvão são fracos, a possibilidade de gerar maior renda fica prejudicada, a menos que o conhecimento seja ampliado. Nessa parte, de execução de tarefas agrícolas e de produção animal o desvio-padrão foi muito alto, indicando um número grande de propriedades agrícolas operando à nível de subsistência apenas. Isso se explica na medida em que o agricultor manteria sua família com o que tiraria da terra e utilizaria a sua aposentadoria como mineiro para a compra de outros bens. Dada a proximidade da Região aos grandes centros consumidores, a possibilidade de continuidade desse sistema de produção fica ameaçada.

A percepção, por parte dos agricultores entrevistados, quanto a importância em aprender a planejar e a controlar foi pouco maior do que o seus conhecimentos na parte de execução dessas atividades. Todavia o alto desvio-padrão bem evidencia que muitos agricultores não percebem a importância do planejamento e do controle, até porque sequer sabem o que é isso.

Já na parte de execução agrícola, os agricultores têm uma percepção boa da importância em aprender modernas técnicas de agricultura e uma percepção razoável da importância em produzir bovinos, ovinos, suínos e aves com qualidade.

Em pesquisa semelhante feita na Encosta Superior do Nordeste (Arede, 1994) verificou-se que os conhecimentos práticos adquiridos pelos agricultores em planejamento, controle e execução eram as variáveis que mais afetavam a percepção dos agricultores da importância em aprender a gerenciar. Aqueles agricultores embora tivessem conhecimento prático em planejamento e controle baixos, obtiveram alta pontuação na parte de conhecimento de execução prática da produção.

Quando até o conhecimento prático de execução de tarefas agropecuárias é mínimo, a percepção da importância da aprendizagem em gerenciamento fica prejudicada.

Esforços significativos deveriam ser feitos inicialmente para que aqueles agricultores adquirissem conhecimento prático e moderno na parte de cultivo e de produção animal.

Não se evidencia, entre os entrevistados, uma motivação geral quanto a mudar seu sistema de trabalho, mas sim uma certa consciência de que poderiam produzir melhor. Qualquer trabalho de mudança de mentalidade do agricultor nessa Região deveria

partir de dias de campo, visitas e contatos mais acentuados com o serviço de extensão. Assim, tínhamos estabelecido o passo inicial para um desenvolvimento gerencial posterior. Nesse sentido, é vital o reaparelhamento dos escritórios da EMATER na Região estudada.

Considerando ser a Região estudada uma região carbonífera, a consciência ecológica é importantíssima. Verificou-se que os agricultores têm um conhecimento baixo em práticas de conservação do solo. A maioria nada conhecia sobre o assunto. A percepção desses agricultores quanto a importância em aprender a conservar o solo foi em torno de 78%. O baixo conhecimento dos agricultores locais quanto a técnicas conservacionistas do solo e da água, assim como uma percepção pouco acima de modesta da importância desse assunto evidencia a necessidade premente de um trabalho de formação ecológica na área rural dessa Região.

A análise do comportamento gerencial dos agricultores evidenciou que os mesmos têm habilidades intrínsecas de gestão medianas, mas que o seu baixo conhecimento de produção, planejamento e controles os impedem de utilizar o seu potencial gerencial, ainda que de forma modesta. O desenvolvimento da área rural dessa Região deveria partir do ensino prático das atividades de produção para um posterior desenvolvimento de gerência, incluindo o conhecimento ecológico, para mais tarde preparar os agricultores para a gerência ambiental.

Considerando o primeiro modelo de regressão, necessidades educacionais em administração rural como variável dependente, conclui-se que a escolaridade influi na demanda por aprendizagem gerencial desde que haja uma certa variabilidade na variável coletada. Baixa escolaridade geral prejudicaria o estudo dessa relação, tanto quanto o de qualquer outra característica com tendência a pouca variabilidade. Neste caso a escolaridade informal é um exemplo disso.

Trabalhos relacionados com a motivação da aprendizagem gerencial nessa região deveriam ser necessariamente feitos com os filhos dos produtores e também com os administradores coadjuvantes que possuíssem maior escolaridade. No caso dos filhos homens que agem como administradores coadjuvantes deveria ser feito um trabalho de sensibilização e de esclarecimento, para reduzir resistências à aprendizagem. Pelo que se verificou como resultado desse trabalho, talvez uma das formas de sensibilização dos agricultores à aprendizagem seria promover associações de produtores, com a participação da EMATER, e ampliação de engajamento participativo dos trabalhadores rurais junto aos sindicatos de trabalhadores rurais e através destes organismos trabalhar a questão da educação para o gerenciamento.

A questão da idade ser inversamente relacionada com a necessidade gerencial já é fato observado em estudos anteriores feitos em diferentes partes do mundo. O que há a se observar nesse sentido é a estrutura familiar que caracteriza a pequena propriedade neste País. Considerando a expectativa ao nascer do homem gaúcho, em torno de 72 anos, não é estranho observar-se que amiúde a idade média dos chefes de família no meio rural será alta. Mas isso não necessariamente significará um provável esvaziamento do meio rural já que a maior parte dessas propriedades é transferível por herança. Na maior parte das propriedades visitadas os filhos já estavam lá, mas não eram repetidos como chefes da família como um todo. Existe sim o risco de muitos filhos ou não conseguirem trabalhar dentro de uma estrutura familiar maior ou não conseguirem gerar

renda suficiente para tantas pessoas. Neste caso o trabalho de aprendizagem de gerenciamento tanto como de uso de tecnologias e outros deve começar por um trabalho efetivo a ser feito com jovens agricultores. Em algumas localidades esse trabalho vem sendo feito com bastante sucesso. Os escritórios de extensão na Região carbonífera deveriam estar aparelhados com profissionais específicos para o trabalho com jovens agricultores, de forma a ensinar-lhes a buscar seu próprio nicho de participação econômica na propriedade rural de seus genitores.

O trabalho com jovens agricultores facilitaria também o treinamento para uma melhor comercialização da produção local; seja à nível de município, seja à nível de abastecimento em regiões maiores.

Um outro treinamento vital a ser fornecido a pequenos agricultores seria ensiná-los a organizar controles de custos, que é uma parte da gerência. A prática de praticamente nada controlar dificulta a importância do gerenciamento.

Um dos aspectos mais importantes para os produtores rurais utilizarem como ferramenta de trabalho é o uso da informação, a qual pode ser obtida pela educação informal. Um trabalho de motivação para o uso de veículos de informação, especialmente a mídia e o serviço de extensão em suas várias formas é muito importante. O primeiro passo para esse trabalho seria prover todos os distritos da região em estudo de energia elétrica. Parte da área pesquisada em que pese a sua proximidade com Porto Alegre e com fontes geradoras de energia como o carvão, não possuem ainda energia elétrica.

Como mostraram os resultados, os fatores que mais explicam as necessidades educacionais são as características empreendedoras. A teoria mostra que características empreendedoras podem ser aprendidas. Trabalhos urbanos tem sido feitos tanto com adultos como com adolescentes dentro da rede escolar para desenvolver essas aptidões nas pessoas. Esforços semelhantes deveriam ser enviados ao meio rural. De todas as características empreendedoras as que mais influenciam a busca de conhecimentos seriam: correr riscos calculados, busca de oportunidade e iniciativa, estabelecimento de metas e persistência.

Pessoas amantes do risco não teriam a devida paciência para aprender a gerenciar, enquanto que pessoas que buscam oportunidade e têm iniciativa, além de terem metas bem definidas para as suas vidas veniam no estudo do gerenciamento uma oportunidade para atingir suas metas. Por fim a persistência é necessária para buscar-se crescer de diversas formas, inclusive aprendendo a gerenciar. Um trabalho muito sério no sentido de criar o desejo de atingir-se algo deveria ser feito com os produtores rurais. Contatos constantes com os agricultores os ajudariam a persistirem em suas buscas e também a perceberem as oportunidades que os cercam e a buscá-las. Realmente o trabalho com características empreendedoras envolve exercícios práticos diários até transformarem-se em hábitos. Por essa razão as características que deveriam ser mais trabalhadas seriam aquelas mais altamente relacionadas com a necessidade em aprendizagem gerencial.

No que se refere aos fatores que influenciam as necessidades em aprender métodos de conservação do solo, o que se verificou foi que existe uma escassez de estudos sobre conservação de recursos naturais no meio rural. O grau de explicação do modelo obtido tão baixo, 48,2%, indica a necessidade de mais pesquisas qualitativas sobre o assunto, no sentido de se tentar delinear possíveis fatores que realmente estejam afetando a percepção dos agricultores para melhor utilizar o solo.

Mesmo diante de tais dificuldades percebeu-se que na medida em que o produtor é iniciado às práticas de conservação do solo, ele começa a entender o porquê do que está fazendo. Nesse sentido os escritórios da EMATER locais deveriam estar preparados, em termos de recursos humanos, para um trabalho específico do papel da agricultura no novo projeto ecológico a ser disseminado.

Trabalhos no sentido de melhor organizar os sindicatos de trabalhadores rurais e de buscar uma maior participação por parte dos agricultores deveriam ser enfatizados. Em geral o que se observa é que quando as pequenas propriedades possuem rentabilidade muito baixa, o papel desses sindicatos não consegue se fazer notar, em função das contribuições dos associados serem em valores muito baixos ou nulos. O trabalho de melhoria da renda dos pequenos agricultores deveria, assim, ser buscado reforçando os escritórios locais da EMATER e através de um trabalho dedicado das prefeituras locais, dando maior atenção às secretarias de agricultura, principalmente dando suporte à formação de associações de produtores.

A busca de maior rentabilidade nas pequenas propriedades, bem como um maior aprimoramento do tratamento ecológico da terra, certamente acontecerão mais rápido se houver a preocupação por parte de governos locais e estaduais de criar escolas agrotécnicas no meio rural.

Verificou-se que a baixa escolaridade, pelo menos dos administradores coadjuvantes, constituiu empecilho a percepção do cuidado com a terra. Caberia então verificar os currículos lecionados nessas áreas nas escolas rurais, bem como utilizar extensionistas para fornecer cursos informais sobre conservação de solo, especialmente para as mulheres. O presente estudo mostrou que administradores coadjuvantes esposas são mais atentas às necessidades de conservação do solo. Pesquisas qualitativas brasileiras sobre parlamentares femininas mostraram que estas se engajam em projetos de lei para crianças, pobres e para as questões ecológicas. Parece então que a questão ecológica encontra mais amparo na mulher, e por conseguinte à mulher rural deveria receber maior atenção.

O presente estudo mostrou claramente que o conhecimento de produção animal é bastante incompleto na Região, onde os insumos, quais sejam, a produção de alimentos para os mesmos não possuem um comprometimento com a eficiência, especialmente no que se refere aos fatores ecológicos.

Tanto produtores de bens agrícolas como produtores de animais não mostram interesse por aprender a tratar do solo. A baixa rentabilidade dessas propriedades, o propósito de trabalhar a terra apenas para complementar a renda dos mineiros impede os produtores da Região de buscarem, de forma mais efetiva, um trabalho mais aprimorado em suas propriedades. A ordem parece ser sobreviver e não crescer. Isso exigirá um trabalho de base, incluindo principalmente o desempenho de extensionistas femininas para só posteriormente abrir espaço para agrônomos e veterinários. Sem uma mudança de mentalidade no meio rural da região em estudo, fatores ecológicos serão sempre desprezados pela população rural de baixa renda.

Verificou-se que as propriedades mais aversas a aprender a conservar o solo eram aquelas que possuíam estrada asfaltada. Isso aconteceu também ao verificar-se a necessidade sentida na Região de aprender a gerenciar. Como as pequenas propriedades na Região estão bastante distante de uma gestão comercial, entende-se que esses produ-

tores parciais, que detêm a propriedade também por lazer, não sabem aliar lazer com lucros. Um programa especial para eles deveria ser oferecido, para mostrar-lhes as possibilidades de ganho, gerando emprego e renda para os municípios estudados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, Danilo R. D. Direitos de propriedade e conservação do solo; algumas evidências para o Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. Brasília, SOBER, v.31, n.1, jan.-mar. 1993.
- ALVES, Eliseu. Reflexões sobre a política agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, SOBER, v.31, n.2, p.91-102, abr.-jun. 1993.
- ANDERSON, M. R. *A paradigm to determine the perceived educational needs of agribusiness employees in Clark and Fayette counties. Ohio*. Columbus, Ohio, USA, 1982. Tese (Doutorado em Educação Rural) - The Ohio State University, 1982.
- ARÊDE, Maria das Graças. *The perceived farm management educational needs of farmers in the northeast region of Rio Grande do Sul State, Brazil*. Columbus, Ohio, USA, 1994. Tese (Doutorado em Educação Rural) - The Ohio State University.
- ARY, D. JACOBS, L.; RAVAVIEH, A. *Introduction to research in education*. Chicago: Holt, Rinehart and Winston, 1990.
- BOEHLJE, M. D.; EIDMAN, V. R. *Farm management*. New York: John Wiley and Sons, 1984.
- BORICH, G. D. A Needs assessment model for conducting follow-up studies. *Journal of Teacher Education*, v.31, n.1, p. 39-42.
- BRUMER, A. et alii. *Análise do status sócio-econômico e de padrões de comportamento entre quatro grupos étnicos*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1973. (Monografia n. 22.)
- CENSO AGROPECUÁRIO DO BRASIL. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.
- CROSS, P. R. *A critical review of state and national studies of the needs and interests of adult learners*. U. S. Educational Resources Information Center. (ERIC Document Reproduction Service n. ed 155-372)
- DANIEL NIETO, R. *Perceived educational and financial needs of small scale dairy farmers in Socopo, Venezuela*. Columbus, Ohio, USA, 1989. Dissertação (Mestrado em Educação Rural) - The Ohio State University.
- DRUCKER, Peter. F. *Inovação e espírito empreendedor (entrepreneurship): prática e princípios*. São Paulo: Pioneira, 1987.
- ELCHERT, H. *Factors related to the educational needs of farmers in the Vanguard-Sentinel Vocational School District*. Columbus, Ohio, USA, 1989. Dissertação (Mestrado em Educação Rural) - The Ohio State University.
- FOWLER, F. J. JR. *Survey research methods: applied social research methods*. Beverly Hills: Sage, 1988.
- GURALNIK, D. B. *Webster's new world dictionary*. New York: New World Dictionaries/Simon & Schuster, 1982.
- JABARA, Caty; SINGH, R. D.; SCHUCH, G. Edward. demanda de educação para crianças entre pequenos agricultores no Vale do Ribeira. *Revista de Economia Rural*, Brasília, out.-dez, 1981.
- KAY, R. D. *Farm management planning control and implementing*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1955.
- KEMPFER, H. *Adult education*. New York: McGraw-Hill, 1955.
- KERLINGER, F. N. *Foundations of behavioral research*. 2.ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1973.

- KNOWLES, M. *Informal adult education: a guide for administrators, leaders and teachers*. New York: Association Press, 1950.
- KOONTZ, H.; WEIRICH, H. *Management*. New York: McGraw-Hill, 1988.
- KREJCIE, R.; MORGAM, D. *Educational and psychological measurement*, v.30, p.607-610, 1970.
- OLIVEIRA, Maria Teodora de Barros. A ambigüidade da extensão rural universitária e as acusações dos técnicos. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, SOBER, v.31, n.2, p.103-120, abr.-jun. 1993.
- RODRIGUEZ, J. F. *Perceived educational and financial needs of small scale dairy farmers in Barinas, Venezuela*. Columbus, Ohio, USA, 1989. Dissertação (Mestrado em Educação Rural) - The Ohio State University.
- SILVA, J. G. da. A gestão das políticas na agricultura moderna. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.27, n.3, p.309-326, 1989.
- SILVA, Lúcia Maria; KHAN, Ahmad Saed. Características sócio-econômicas de produtores rurais, conservação do solo e produtividade agrícola. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, SOBER, v.30, n.3, p.225-251, jul.-set. 1992.
- SUGAY e TEIXEIRA, 1983. In: TEIXEIRA, Edy C.; MARSHALL, Martin A.; SANTANA, Antônio C. de. A política de investimentos agrícolas e seu efeito sobre a distribuição de renda. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. v.30, n.4, out.-dez. 1992.
- UKO, O. E. *Perceived farm management educational needs of parttime and small scale farmers in selected Ohio Counties*. Columbus, Ohio, USA, 1985. Tese (Doutorado em Educação Rural) - The Ohio State University.

# SOCIABILIDADE E MEMÓRIA NA COMUNIDADE MINEIRA DO CARVÃO

Cornélia Eckert

## INTRODUÇÃO

A comunidade mineira da região carbonífera do Estado possui uma história de mais de um século de formação e de enraizamento territorial e cultural. Ao longo deste período, essa comunidade conheceu várias conjunturas políticas nacionais, regionais e locais, estruturas de poder, filiação empresarial e sindical, processos de produção, etc.

Várias “crises” no mercado produtivo e/ou na renovação da estrutura produtiva carbonífera contribuíram para um processo de dispersão e/ou re-territorialização de trabalhadores mineiros e seus familiares. Na atualidade, frente ao desaparecimento da atividade mineradora nos seus moldes tradicionais, os velhos habitantes e/ou antigos habitantes de Arroio dos Ratos e Charqueadas buscam constituir e promover estruturas associativas e sociabilidade que operacionalizem a continuidade do grupo de identidade onde possam “trabalhar” a memória coletiva.

No contexto de um conhecimento sobre o impacto ambiental causado por mais de um século de extração carbonífera, importa igualmente investigar como os mineiros pertencentes à última geração do trabalho tradicional experimentam as ambigüidades e contradições próprias do contexto atual, na sua forma singular de vivenciarem a história do grupo.

Este estudo trata dos trabalhadores mineiros, grupo que se caracteriza historicamente por um cotidiano marcado pela rudeza das condições de vida, de trabalho, de saúde, etc. Frente a problemáticas gerais como as deficiências de uma política nacional para a produção do carvão, a racional substituição do processo produtivo por novas

---

<sup>1</sup> Texto apresentado na XX Reunião Brasileira Antropologia. GT 15 “Antropologia e Envelhecimento”. Salvador, Bahia, 14 a 18 abril de 1996.

tecnologias (produção a céu aberto) e a real desativação do trabalho extrativo tradicional, a comunidade carbonífera vivencia a permanência de uma situação em sua história, a instabilidade mercadológica da produção do carvão. Conhecedor dos efeitos sobre o ambiente e de forma imediata sobre sua saúde, os mineiros e moradores da região mostram-se conhecedores do impacto nefasto causado pela mineração. Entretanto, expressam igualmente seus conhecimentos e sentimentos ao tratar da descontinuidade da trajetória coletiva profissional. O desaparecimento do trabalho mineiro, o aumento de desemprego desestabiliza as possibilidades de sobrevivência, rompe os projetos familiares e desestrutura as referências identitárias do grupo.

São diversas as formas através das quais pode-se analisar o esforço coletivo de continuidade e/ou de re-organização da comunidade de trabalho. Em pesquisas anteriores (mestrado e doutorado) analiso aspectos em torno das instâncias do trabalho, família, religião, rituais. Neste estudo, detenho-me numa forma de sociabilidade específica: a festa dos mineiros. Tratar das formas associativas e agregativas de velhos mineiros do carvão e seus descendentes é dimensionar uma forma de recomposição da organização social de grupos de pertencimento, considerando sobre o sentimento de localidade, sobre o tempo da coletividade, sobre a história do grupo, o que pode ser resumido no conceitual: *identidade social*.

Realiza-se um estudo da memória dos trabalhadores, abordando as formas plurais de interação em redes e espaços sociais diversos, os laços afetivos na sua biografia e de reconhecimento. Parte-se do pressuposto de que, constantemente, nos lugares de sociabilidade, os atores sociais negam a volatilização do tempo e reconstituem tempos e maneira de ser coletivos. Viver hoje é igualmente guardar uma ligação ao passado, emprestando sentido aos valores e às práticas sociais no presente.

Pelas narrativas, busca-se captar como os mineiros rememoram o passado, reordenando e reatualizando no tempo presente as referências identitárias individuais e coletivas.

Este estudo antropológico do evento festivo anualmente realizado pelos mineiros de carvão aposentados (RS) denominadas “Encontro da Saudade Mineira” teve por objetivos: 1. Analisar essa forma de sociabilidade de homenagear a memória coletiva, que reinventa e ressignifica a temporalidade vivida do grupo de identidade; 2. analisar o processo de musealização do *ethos* e cultura da comunidade mineira de carvão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Estudo desenvolvido a partir da metodologia etnográfica embasada nas técnicas de observação participante, entrevistas abertas, estudo de narrativas biográficas, estudo de rede social e pesquisa áudio visual. As técnicas qualitativas foram utilizadas no procedimento de investigação de uma sociedade e de suas complexidades internas. A premissa comparativa, relativizadora e crítica, é operada em todos os procedimentos da pesquisa de campo e análise de material coletado.

## RESULTADOS

Sabemos que se a vida social se transforma, ela continua, ela não é somente ruptura. Sobre esta, uma outra ordenação é pensada, exprimindo o ritmo dos esforços humanos em construir um devir que não será jamais oposição ou contradição ao passado e ao presente, mas superposição temporal num movimento ondulatório, no perpétuo recomeçar social.

Neste contexto, a memória social dos velhos mineiros e seus familiares lhes permite reencontrar e reatualizar os antigos traços e laços comuns, referências de um sistema significativo que os re-inscreve nos lugares de sociabilidade.

## DISCUSSÃO

### A localidade – notas históricas

Arroio dos Ratos (RS) é a localidade da região carbonífera que simboliza o início da atividade de mineração, registrando uma das conjunturas mais favoráveis para o mercado do carvão gaúcho e a formação de núcleos populacionais de trabalhadores em minas de carvão no século XIX e início do século XX.

O início da exploração do carvão no Rio Grande do Sul é remetido ao ano de 1853, durante o mandato do Visconde de Sinimbu, estadista do Império, que recebe parecer e crédito favoráveis do governo imperial para iniciar as obras de extração de carvão na província. Para esse empreendimento, contrata um mineiro imigrante inglês, James Johnson, que em 1866 recebe do governo imperial a concessão para exploração e lavra da mina de Arroio dos Ratos, juntamente com Inácio Ferrera de Moura.

James Johnson estimula a vinda de mineiros ingleses em 1866, para que, com seus capitais, se somassem numa sociedade organizada. Em 1872 essa sociedade recebe a concessão de exploração do carvão através da *Imperial Brazilian Colerie Co.* Após este período é organizada a *Companhia Minas do Carvão do Arroio dos Ratos* com capital nacional (1881). Esta Companhia busca assegurar a demanda do produto no mercado interno, constrói uma linha férrea, que liga Arroio dos Ratos ao povoado de Charqueadas, instalando lá um porto de escoamento do carvão e uma fábrica de briquetes.

Em 1889 a Companhia é reorganizada com uma nova razão social, *Cia. de Estrada de Ferro e Minas de São Jerônimo*. A exploração é essencialmente de subsolo.

Em 1932, a mineração de carvão em Butiá também é reativada dentro de uma política de maior racionalidade da produção, através da Companhia organizada *Cia. Carbonífera Rio-grandense*, sob a direção do Grupo Capitalista Martineli. Frente à política de preços do carvão e à diminuição da demanda interna, as Companhias de São Jerônimo e a Companhia Carbonífera Rio-grandense uniram-se num consórcio sob a razão social *Cadem* (junho 1936).

Após um longo período de produção otimista, a conjuntura econômica do pós-Segunda Guerra não é favorável para o mercado de carvão, que perde pouco a

pouco um favoritismo para outra fonte de energia: o petróleo. A Companhia de extração então (*Cadem*) desativa as atividades industriais em Arroio dos Ratos rearticulando um antigo projeto de abertura de uma mina de carvão em Charqueadas às margens do rio Jacuí. Charqueadas, de pequena vila com uma economia pecuarista e de pesca inexpressiva, transforma-se em porto escoador do carvão trazido de Arroio dos Ratos, em centro industrial promissor com urbanização crescente.

## Reminiscências do Passado

Nos últimos cinco anos, no mês de novembro, velhos mineiros e habitantes da região carbonífera são motivados por um mesmo objetivo, o de “reencontrar-se”, “matar as saudades”, “relembrar os velhos tempos” no evento que recebe a denominação de “Festa da Saudade Mineira”. Todos os anos, eles vivem fragmentos de sentimentos e práticas comuns que os coletivizavam: o trabalho, a sociabilidade lúdica, a vida coletiva sob os auspícios de uma Companhia paternalista, do catolicismo, etc.

Com exceção do primeiro ano de sua realização, a festa tem sido desenvolvida na localidade de Arroio dos Ratos, berço da civilização carbonífera no Estado. A comemoração consta de dois atos: num primeiro momento, mais solene, a festa ocorre no espaço do *Museu do Carvão*, e no segundo momento, mais lúdico, no *Última Hora*, antigo clube fundado por trabalhadores mineiros.

Tendo por perspectiva sobrepor estas duas “formas” de “trabalho da memória”, analiso a FESTA e o MUSEU como atos coletivos de uma sociabilidade no presente que objetivam restituir seja pela espetacularização, seja pela teatralização (no sentido do simulacro e do jogo da reciprocidade) a memória coletiva do grupo, reatualizando uma vida social em desaparecimento.

Pela memória, reencontram cotidianamente um senso para a vida. A memória tem este poder de reprodução do passado e de transformação do presente, um pouco espelho do passado, um pouco idealização de um dever coletivo.

Pela memória, o tempo coletivo é reconstituído se superpondo às rupturas: rememoram-se fatos e instantes recusando a morte global, engendra-se a continuidade, não sem a dimensão do sofrimento e da “tragédia”.

Segundo Benjamin, o que é resgatado é uma história perdida, “restauram-se dimensões contidas desde a origem, sendo capaz de reorganizar os dados de sua trajetória individual. E concomitantemente a este processo, o passado individual retoma repleto de elementos da história coletiva”. “Para Benjamin, onde existe experiência restaurada, existe a conjunção inevitável entre passado individual e referenciais coletivos” (BENJAMIN *apud* BORELLI. 1992. p. 90).

Dispondo de um tempo livre excedente, os aposentados e os inativos vão preenchendo de significações um tempo que aparenta ser vazio. O lazer lhes permite transpor a esfera de ociosidade para participar de temas gerais do universo de produção cultural. As associações, por exemplo, não cessam de crescer nas cidades, assegurando tempos e espaços para práticas de sociabilidade e de lazer, onde os velhos podem costurar diferentes redes que recompõem o tecido urbano, reordenando o lugar dos persona-

gens sociais em cena e permitindo o sentimento de pertencimento local. Rituais de interação no espaço público reagrupam as pessoas por interesses comuns, ainda que às vezes invisíveis: a vida associativa é um atalho que oportuniza restabelecer as relações de amizade, de afinidade e de reciprocidade.

Relações familiares, de parentes, de vizinhança, de sociabilidade, de amizade, de práticas sociais são reencontradas, reatualizadas. Nestes cenários, dia a dia rotinas são reconstruídas como respostas históricas de problemas também históricos. A memória espelha referências culturais do passado e é possível recompor um tempo coletivo e reconhecer-se neste jogo de eterna reinvenção de “práticas de interações”(GOFFMAN. 1974. p. 42.).

Aqui em grande parte importa considerar a riqueza com que a teoria dumontiana foi apropriada para realizar leituras sobre a configuração de valores e significados que elucidam os processos universalizantes da modernidade, o predomínio do valor indivíduo na vida social contemporânea.

Em se tratando de uma sociedade moderna, configurações de uma ideologia individualista informam valores, categorias, políticas, práticas, onde o individualismo é definido sociologicamente do ponto de vista dos valores globais. Mas trata-se de uma configuração e não de um traço isolado. O indivíduo como valor possui atributos - como igualdade - que se estruturam como universais. Na relação com sociedades holistas, Dumont introduz uma relativização das sociedades onde importa percebê-las enquanto configurações particulares e mostrando na sua gênese os dispositivos estruturais.

Novas formas de sociabilidade vão se desenvolver, acompanhando os paradigmas emergentes. Mas não se estabelece uma dominância absoluta - holismo, tradição permanecem presentes em amplas áreas da vida social e do sistema de representações. Essa coexistência, mais ou menos tensa, entre diferentes configurações de valores é uma das marcas de vida na sociedade moderna (VELHO. 1994. p. 98).

As pessoas de alguma maneira vivem a cidade, *na* cidade, atribuem ou questionam o significado desta para eles, afirmam ou negam a cidade em que vivem, desejam permanências ou transformações, onde fazem prevalecer suas expressões mais individuais (pichação, por exemplo), onde buscam formas de integridade social manifestando-se individual ou coletivamente frente à ameaça desta (proteção, muros, grades, etc), e onde finalmente buscam formas diversas de associar-se (clube de terceira idade, por exemplo), agregar-se (um bando *funk*, por exemplo), confundir-se (ir ao *McDonnald's* ou ao *shopping*, por exemplo) para viver o social.

De uma maneira ou de outra, no processo de interação com o outro e com o mundo, está sempre em jogo uma noção de pessoa. Tal como o apreendemos da teoria maussiana e dumontiana, a noção de pessoa norteia as diferentes formas de pensar e construir as relações sociais.

Isto porque alguns vivem intensamente a plasticidade da cidade, apropriam-se não só física, mas simbolicamente dos espaços como “lugares” e repositórios de suas memórias, encontram ressonância da sua história pessoal, do seu grupo, família, comunidade étnica, em espaços públicos, bairros etc, ou do seu estilo de vida nos equipamentos oferecidos pela cidade (bares, teatros, cinemas, universidades, etc). Outros vivem a

cidade buscando sentido em relações construídas a partir de desejos pessoais, interesses coletivos gerando uma complexidade de “províncias de significação”, de rede de relações, de sociabilidades, mas que da mesma forma atribuem à cidade formas, conteúdos, suas diversas faces e imagens; outros ainda vivem a cidade em grande anonimato e solidão, e justamente buscam na cidade espaços e formas de relação que não ameacem esta situação, outros ainda vivem excluídos de interações intensas de grupo, familiares, e em geral descartados da vida ativa, encontram na vida doméstica e sobretudo no lazer intimista (televisão, por exemplo), a maneira mais plena de “passar o tempo”.

Entretanto, se a vida social se transforma, ela continua, ela não é somente ruptura. Sobre esta, uma outra ordenação é pensada, exprimindo o ritmo dos esforços humanos em construir um devir que não será jamais oposição ou contradição ao passado e ao presente, mas superposição temporal num movimento ondulatório, no perpétuo recomeçar social.

Apesar do desaparecimento dos espaços reais sobre os quais os grupos fundam sua identidade (mobilidade residencial, remoção de bairros antigos, transformação espacial e da estética urbana), pela memória os sujeitos podem colar suas referências a certos momentos de interação vividos como sendo seu próprio ritmo construído. É nos espaços de sociabilidade que eles podem restituir um ritmo ao cotidiano, um senso à existência do grupo, reatualizar suas culturas nos tempos plurais, posto que “não existe nenhuma razão, natural ou não, para que uma sociedade se conserve, salvo justamente a sua cultura, que é o instrumento de luta contra a dissolução” (DUVIGNAUD.1983).

Dia a dia, rotinas são reconstruídas como respostas históricas de problemas também históricos. A vida cotidiana tem um ritmo, fluxo, uma duração. A terminologia “cotidiano” mesmo indica que o tempo, neste caso “é constituído apenas em repetição”, da rotina, mas não importa qual seja o sistema social” ele expressa-se e “são expressos nas rotinas da vida social cotidiana, mediando as propriedades físicas e sensoriais do corpo humano” (GIDDENS. 1989. p. 28.).

A memória espelha referências culturais do passado e é possível recompor um tempo coletivo e reconhecer-se neste jogo de eterna reinvenção de “práticas de interações” (GOFFMAN. 1974. p. 42.).

Observa-se um cotidiano marcado por tempos múltiplos cadenciados pelos ritmos fragmentados das formas de interação diversas na esfera pública e privada. É nestas modulações de sociabilidades encadeadas que ritmos se conciliam e que se localiza a reordenação de um tempo coletivo.

Estes ritmos vividos pensados - *rythmanálise*<sup>2</sup> -, são múltiplos, entrecortados por outros tempos plurais, mas passíveis de um ordenamento temporal ancorado nos nichos de significação, para parafrasear Schutz, como constitutivo de grupos de pertencimentos.

Essa reatualização dá-se na representação de um outro ritmo cotidiano vivido. Ritmos temporais que lhes são dialeticamente estranhos e familiares, conflituais e

---

<sup>2</sup>“... A ritmanálise procura em toda parte ocasiões para ritmos. ... Ela nos previne assim sobre o perigo que há em viver no contratempo, desconhecendo a necessidade fundamental das dialéticas temporais”. In: BACHELARD 1988. p. 133.

desejados, que colocam em evidência afrontamentos de forças conservadoras e forças transformadoras, mas que colocam ainda em destaque esta força de combinar seus ritmos para construir um tempo que lhes assegure, numa temporalidade ondulatória (cíclica), a continuidade.

## A saudade em festa

A saudade sempre foi e é motivação suficiente para agregar, unir, juntar, re-ligar e socializar pessoas. Em todos os tempos, os homens criaram ritos, dramas, festas que comemoram o vivido num tempo-espço nostálgico e oportunizam o trabalho da memória do grupo. A saudade tem esta “capacidade performativa”<sup>3</sup> com eficácia simbólica para promover uma reatualização de sociabilidades existentes no passado.

“Temos na saudade uma categoria do espírito humano e, dentro dele, da manifestação de certa estrutura de valores ou ideologia” (DA MATTA. 1993. p. 22).

Comemorar a saudade é um trabalho de luto, de expressão do reconhecimento da dor frente a algo que se esvai no tempo. Um tempo vivido que pode ser construído “com saudades” pelas velhas pessoas nas suas narrativas retrospectivas.

Os participantes que aderem ao apelo da festa concordam, de uma maneira ou de outra, com a existência de um sentimento coletivo que os encompassa, a saudade de uma sociabilidade retrospectiva, de traços idealizados no passado rompidos na tematização do presente. Mas, afinal, possíveis de resgate? O trabalho da memória permite esta dramatização da saudade, hierarquiza os valores desejados como contínuos mesmo sobre as descontinuidades sobrevividas.<sup>4</sup>

Nem todos têm saudades do “tempo da mineração”, nem todos sentem saudades dos “tempos lá em Ratos”. Nem todos participam da festa. Nem sempre a memória é tão “rósea, como sugerem os encarregados de gestões culturais, e a restituição de uma simbólica perdida reativa necessariamente à lembrança das violências, aflições e explorações” (JEUDY. 1986 p. 31.).

Evitação e ausência são igualmente dimensões de temporalidade vivida carregada de rupturas, são os conflitos de lembranças, sugere Duvignaud, que afetam os itinerários sociais da memória que não podem ser indiferentes às rupturas engendradas na vida coletiva (DUVIGNAUD préface NAMER. 1987. p. 9). Seleção, esquecimento, lapsos, sofrimentos são inerentes a este “trabalho da memória” que fala, na atualidade, das saudades do tempo da mina, da vida comunitária, das redes afetivas no passado (família, vizinhança, companheiros do trabalho, entre outros).

Mas a saudade é, no teor deste texto, um sentimento-motivação de um projeto

---

<sup>3</sup> Segundo Roberto da MATTA, no sentido de John Austin, em sua obra *How to do things with words*. Cambridge, A. Harvard. Paperback. E também Stanley Tambiah, “The Magical Power of Words”, *Man* 3-2 pp. 175-208. DA MATTA. 1993.

<sup>4</sup> Em outros termos, a saudade (como categoria relacional de tempo) pode ser lida como uma ponte (sugere DA MATTA) que permitiria um “tempo socialmente englobado, um tempo de transformações mágicas radicais porque é uma duração localizada, personalizada e definida assimétrica e hierarquicamente”, “uma temporalidade referida às atividades sociais”. DA MATTA. 1993. p. 24.

de re-estruturação das lembranças de duração do grupo,<sup>5</sup> uma expressão atualizada da memória do tempo da coletividade que se encontra desintegrada como rede social e que se quer representativa da memória *do* social.

Da Matta, ao sugerir uma Antropologia da Saudade, nos remete a parar para pensar na saudade como uma categoria de pensamento e de ação na acepção maussiana do termo e sua capacidade performativa, ao nos lembrar, por outros caminhos que importa avaliar a saudade

como categoria sociológica e como palavra dotada de profunda *capacidade performativa*, a saudade permite subverter esses argumentos de fundo utilitário, baseados no primado da experiência e no utilitarismo burguês contido numa *razão prática*, para afirmar que não são as experiências individuais e fragmentadas do amor, da viagem e da ausência que constituiriam a saudade, mas em vez disso, é a existência social da saudade como foco ideológico e cultural, a permitir um revestimento especial de nossas experiências, que faz com que a sintamos (DA MATTA. 1993).

Este valor-saudade é significado no contexto de uma festividade, num esforço de re-estruturação de uma experiência coletiva dilacerada. É no nível da representação-espetacularização que uma continuidade se re-consolida. Como lembra Benjamin, “o passado não é preservação, continua no tempo, é restauração no presente” (BENJAMIN apud BORELLI p. 86).

As comemorações, as festas, os ritos, sempre ocuparam lugar de destaque nas análises antropológicas sobre a vida social. A teoria dos rituais (Turner, etc) nos esclarece sobre o quanto tais momentos de comunhão (a-temporal) reforçam, relacionalmente, igualmente a transformação, a descontinuidade e a ruptura de formas tradicionais de sociabilidade e da trajetória do grupo.

Analisa-se essas formas de sociabilidade da memória vivida através de dois atos-acontecimentos: a festa e o museu, ou o ato de musealizar. Ambas as instâncias exprimem a vontade de eternizar uma memória individual-social representativa da coletividade como necessidades atuais-sociais de reencontrar a continuidade, ou melhor, a sociabilidade ameaçada ao desaparecimento e que é capaz de engendrar a vida coletiva, a reciprocidade de um mundo tradicional idealizado.

Seguindo a sugestão de Duvignaud (DUVIGNAUD. In NAMER: 1987. Pré-face), importa dar conta dessas formas de recosturar, regrudar a memória, repertoriando a maneira como cada geração, cada grupo reconstitui-se, o que sem dúvida, tem uma

---

<sup>5</sup>“Se o que dura mais é aquilo que recomeça melhor, devemos assim encontrar em nosso caminho a noção de **ritmo** como noção temporal fundamental. Fomos levados então a postular uma tese, em aparência bastante paradoxal, mas que nos esforçamos para legitimar. É a de que longe de os ritmos serem necessariamente fundados numa base temporal bem uniforme e regular, os fenômenos da **duração** é que são construídos com ritmos. (...) Para durarmos, é preciso então que confiemos em ritmos, ou seja, em sistemas de instantes. Os acontecimentos excepcionais devem encontrar **ressonâncias** em nós para marcar-nos profundamente. Desta frase banal - ‘a vida é harmonia’ -, ousaríamos então finalmente fazer uma verdade. Sem harmonia, sem dialética regulada, sem ritmo, nenhuma vida, nenhum pensamento pode ser estável e seguro: o **repouso** é uma vibração feliz”.BACHELARD. 1988. p. 9.

significação mais vasta que o simples ato de ser. É claro, reconhece o autor, existem vários tipos de memória (“subie, imaginée, vécue, rêvé”), mas existe uma “ética da lembrança” (“éthique du souvenir”). Repertoriar as práticas acionadas para comemorar ou musealizar a saudade, nos permite etnografar uma experiência singular da trajetória de um grupo social re-ligado por valores de identidade que os encompassava, tanto quanto dimensionar uma política cultural da restituição patrimonial que acaba por proporcionar, como lembra Jeudy, “a reencenação museal e etnológica da troca simbólica (JEUDY. 1986. p. 31).

Frente à morte da profissão, a musealização reatualiza o que é da ordem da degradação e da perda de uma possível identificação, criando um templo sagrado que perpetua o mito fundador, o imaginário histórico. O museu transforma assim o campo da memória em teatro de um conhecimento objetivo, um saber e cultura técnicas que conhecem os ditames da superação pela modernidade. As ruínas de uma atividade tradicional transformam-se em patrimônio industrial, uma outra forma de viver o luto. O luto torna-se encenação da memória coletiva do social, desejo de nostalgia, permitindo, como sugere Jeudy, que se compreenda a relação entre as representações sociais de um patrimônio cultural e a idéia de memória coletiva de uma cidade (JEUDY. 1986. p. 17).

Não passa despercebido a um ou outro habitante a ambivalência dos acontecimentos. Em uma região que sofre com o desaparecimento do trabalho tradicional pela desativação da extração do carvão pelo sistema de subsolo, uma economia que sofre com uma política desfavorável ao carvão, pelo desemprego crescente, ruptura da segurança profissional no âmbito da mineração, etc, conhece o tempo museal que enobrece a categoria, reforçando um sentimento de luto e permanência.

Pode-se sugerir aqui um sentido de estetização da vida cotidiana designada por Mike Featherstone em relação ao pós-modernismo. O movimento dos museus na renovação urbana, mediante o processo de pós-modernização, transforma os espaços dos museus em espaços de espetáculos, sensações, ilusões e montagens, espaços que proporcionam experiências e novas sensibilidades (FEATHERSTONE. 1995. p. 103, 104) sobretudo proporcionando este movimento de redescoberta do “velho” no “novo”, um prazer, segundo Simmel, que nos dá uma forte noção do tempo presente (SIMMEL apud FEATHERSTONE. 1995. p. 108).

Na análise sobre como os velhos mineiros ou habitantes da região ressignificam, reordenam a memória do grupo de pertencimento, persigo de fato uma etnografia do jogo da memória; seja no drama (espetáculo), seja na narrativa das lembranças, seja nas ordenações das sobreposições temporais vividas ao comemorarem a “Saudade” pelas entrevistas, pela ação festiva, etc.

Nesse contexto é ritualizada a rememoração dos itinerários vividos, dos espaços de enraizamento-pertencimento, os lugares sociais de uma situação-sentimento compartilhado (a usina do trabalho, a mina, as casas que pertenciam à Companhia, o trabalho na mina, o clube, a igreja, a festa de Santa Bárbara, o time de futebol, etc) e na atualidade, desaparecidos. Igualmente demonstra “o drama do deslocamento do tecido social, da desintegração dos corpos sociais no decorrer das transformações recentes das sociedades” (JEUDY. 1986. p. 32).

A morte-tragédia está bem presente para estes velhos mineiros que assistem ao

desaparecimento de uma profissão tradicional (o trabalho na mina), a morte de uma categoria de trabalho (os mineiros), o fim de uma sociabilidade e estilo de vida (o ethos operário e a cultura operária tradicionais). Segundo Bachelard (BACHELARD, 1989, p. 37) “não se pode reviver o passado sem o encadear num tema afetivo necessariamente presente... reviver o tempo desaparecido é assim aprender a inquietude de nossa morte”.

A motivação de re-ligar, de re-unirem-se em torno de suas lembranças do passado, de re-visitarem seus lugares de antigo pertencimento de trabalho e familiar, não devem ser analisados apenas como uma forma de reatualizarem o passado. O que pretendo apreender na análise desta festa e movimento de musealização, não são apenas as formas diferenciadas de reviver o passado como expressão de uma tradição, o que entendo como uma simplificação da meditação temporal; antes persigo o que Bachelard nos ensina como apreender as lembranças da duração deste grupo de identidade.

Tanto a sociabilidade da continuidade (a festa) como esta instituição-estética da existência operária (museu) são *locus* privilegiados para apreender-se este esforço de duração da vida social e afetiva, do modo de vida, das práticas, da vida social cotidiana na ordem da representação. O que é exaltado nestes “acontecimentos” é a memória coletiva que se quer resguardar como sendo “a temporalidade como experiência vivida e reversível que cristaliza uma dada qualidade”<sup>6</sup>. Há uma discursividade e uma reabilitação pela salvaguarda dos signos que constituem a história do grupo. Na participação ao evento, é-se envolvido por uma espécie de encantamento da re-união, um sentimento despertado pela força com que a sensação de pertencer se circunscreve.

## O evento inventado

Por volta de 1950, Arroio dos Ratos, que vinha sendo dinamizada pela exploração carbonífera administrada pela Cadem, conhece um processo de retrocesso econômico pela desativação da atividade mineira e desmobilização da comunidade de trabalho. O Cadem, que havia estruturado sua industrialização do carvão a partir de uma política paternalista, com a típica vila operária já analisada nos meus trabalhos anteriores, encerra o ciclo de produção tradicional em Arroio dos Ratos. Sua transferência para uma outra localidade se dá no âmbito de um processo de modernização, nova estrutura produtiva, racionalização do trabalho e nova razão social em Charqueadas a partir de 1956 no recém inaugurado poço Otávio Reis. Neste processo de mudança, analiso a reorganização da comunidade de trabalho fundada sob fortes bases de uma política paternalista que desenvolveu as características estratégias de absorção de mão-de-obra (de origem diversificada) pelo enraizamento familiar, controle da política habitacional e gerenciamento dos diferentes setores da existência operária.

Se recorro a esta breve referência histórica, é para explicar o porquê de, naque-

---

<sup>6</sup>DA MATTA, 1993, p. 22. Em acréscimo: “Assim, pela saudade, podemos invocar e dialogar com pedaços do tempo e, assim fazendo, trazer os momentos especiais e desejados de volta. Por isso a saudade se exprime igualmente como duração que pode ser re-vivida e re-experimentada generosa e positivamente. Com isso a saudade acena para uma percepção do tempo como experiência interna, dentro de uma hermenêutica socialmente balizada que passa de geração para geração”.

la ocasião, ter ocorrido uma verdadeira diáspora da comunidade. Num esforço de generalização, podemos caracterizar os resultados desta desestruturação do grupo a partir de três opções: os que permaneceram em Arroio dos Ratos, os que partiram para Charqueadas (ou outra localidade na região carbonífera), e os que partiram para grande Porto Alegre ou outros Estados.

No primeiro caso, a opção ocorre de modo geral dada a aposentadoria possível, facilidades de aquisição das velhas casas construídas pela Companhia, impossibilidades de transferência para Charqueadas, dificuldades de enfrentar um mercado de trabalho diverso e, o mais raro, possibilidades de diversificação profissional na própria localidade (agricultura, por exemplo), etc.

No segundo caso, e o mais expressivo, foi a transferência para Charqueadas. Mostrei em vários artigos, como Arroio dos Ratos se esvazia de seus antigos moradores para se re-instalarem em Charqueadas num processo de re-admissão pela Companhia com nova razão social e produtiva.

No terceiro caso, os antigos mineiros ou funcionários da Cadem partiram para novos horizontes. Segundo os depoimentos colhidos, a grande maioria buscou a grande Porto Alegre para o recomeço profissional: Esteio, Canoas, Cachoeirinha, periferia de Porto Alegre, etc. As trajetórias profissionais a partir daí foram as mais diversas, construção civil, companhias estaduais ou municipais de eletricidade, água, limpeza, comércio e operários ou funcionários de grandes e pequenas indústrias.

O importante aqui é informar que, apesar da diáspora, percebe-se pelos depoimentos dos participantes na festa, que não importa o caminho e itinerário de vida seguido na época, a cidade de Arroio dos Ratos, a região carbonífera, a comunidade de trabalho, o *ethos* mineiro, permaneceram uma referência forte para a maioria.

Em 1990, dois ex-trabalhadores das minas no tempo do Cadem, ex-moradores de Arroio dos Ratos que optaram por fixarem residência em Porto Alegre (cada um com trajetórias profissionais e ascensionais diferenciadas) e sempre amigos, confabulam sobre a possibilidade de organizarem um encontro de antigos companheiros e trabalhadores da mina de Arroio dos Ratos. Inicialmente projetou-se a possibilidade de realizar um encontro entre os antigos participante de um time de futebol de várzea, “o flamengo”. Fazem um primeiro levantamento e constataam que a maioria dos antigos jogadores já estão mortos. Resolvem ampliar o universo da festa para todos os antigos mineiros e moradores de Ratos. A tarefa não seria fácil, pois, embora muitos estivessem residindo em Charqueadas ou outras localidades da região carbonífera, uma quantidade não negligenciável deveria ser buscada na periferia da grande Porto Alegre e mesmo outros Estados.

Os senhores Euzébio e Gabriel em questão, amigos desde o tempo das minas, iniciam uma rede de telefonemas a fim de contatar os antigos mineiros e aposentados. No dia 8 de abril de 1989 iniciam uma série de visitas a antigos arroio-ratenses moradores em Porto Alegre, motivando-os a um reencontro festivo para “matar as saudades”.

Segundo eles, a estratégia de convencimento passava sobretudo pela racionalização de que os antigos companheiros e moradores de Arroio dos Ratos só se encontravam por ocasião de enterros e finados: “para se encontrar, era só no cemitério”. Havia uma clara intenção de ressignificar as oportunidades de reencontro do grupo restritas às situações de luto pela morte e perda de um companheiro.

O primeiro encontro, em 1990, tem lugar na cidade de Charqueadas. A escolha do lugar é, pela avaliação, de ser nesta cidade que estaria concentrado o maior número de antigos mineiros após a transferência da unidade produtiva nos anos 50. A festa deveria obter um forte componente familiar, reproduzindo a própria tradição da família corporativa, marca da comunidade de trabalho nos tempos do paternalismo.

A festa foi caracterizada apenas pela realização de um churrasco-confraternização reunindo antigos mineiros, antigos e atuais habitantes da região carbonífera e seus familiares, seguido de momento de dança com músicas de época. Inicialmente a expectativa era de cerca de oitenta participantes, mas a corrente de informações surpreendeu aos próprios organizadores que receberam duzentos participantes.

O sucesso do primeiro encontro foi avaliado como positivo e incentivador da continuidade desta idéia. Batizada de *encontro da saudade*, os organizadores e alguns participantes avaliaram, entretanto, que a festa não encontrara em Charqueadas “seu ambiente”. Havia como que um certo deslocamento de uma legitimidade temporal e espacial para a realização da festa da Saudade: “em Charqueadas não houve clima”, manifesta Sr. Euzébio, reivindicando que o evento fosse transferido para Arroio dos Ratos que se configurava como um espaço social mais privilegiado para promover este sentimento de “estar junto”.

Assim, apesar do apoio recebido do prefeito local, a comissão responsável pela organização do próximo encontro decide que um segundo esforço de reencontro deveria ser desenvolvido no local-origem da comunidade, Arroio dos Ratos. No esforço de legitimação da sociabilidade retro, a festa se desloca para Arroio dos Ratos como um movimento de reatualização do lugar consagrado na imaginação coletiva como palco legítimo da teatralização presente, como contexto propício para reanimar - na memória atual - o mito do passado.

Uma outra reivindicação de alguns membros-organizadores era de que a festa deveria conter um momento solene, lembra o Sr. Gabriel, de preferência uma missa católica que reforçaria traços do *ethos* mineiro fortemente ligado ao catolicismo.

Esta comissão contata a Prefeitura de Arroio dos Ratos, a diretoria do Museu do Carvão, os diretores do Clube Última Hora e o antigo padre do “tempo da mineração” para organização do segundo encontro.

Conquistar, junto a estas “Instituições”, espaço e apoio para realização do evento sem que houvesse uma identificação político-partidária não foi uma tarefa de convencimento fácil segundo os primeiros organizadores. Estas negociações sempre são lentas devido às racionalizações das vantagens políticas e culturais de um esforço coletivo; entusiasmo de uns, descrédito de outros. Resumidamente: avaliam os organizadores que a prefeitura local apoiou conjugando este evento a um outro programa de cunho econômico-cultural em desenvolvimento, o Museu do Carvão. A partir deste momento a festa da saudade e a visitação ao recém inaugurado Museu do Carvão seriam espaços-eventos importantes para destacar as marcas emblemáticas da cidade de origem mineira.

Cabe aqui assinalar que o Museu do Carvão é centro cultural pertencente ao Estado do Rio Grande do Sul. Foi construído em terreno pertencente à prefeitura onde funcionava um dos poços de extração do antigo Cadem. Sobre as ruínas desta época, foi restaurada a usina e transformada em Museu do Carvão. Nesta empreitada destaca-se a

iniciativa do Estado, do Município, da extinta Sociedade Amigos do Museu do Carvão, da colaboração da companhia privada Copelmi, e da comunidade local com doações, etc.

Conquistado o estatuto de evento municipal, a surpresa maior foi a dificuldade de convencer a diretoria do Última Hora da importância de cederem este estabelecimento para a realização das atividades lúdicas. Este senão tem algumas implicações na conquista da legitimidade da festa que explico imediatamente abrindo esta espécie de parênteses.

Segundo antigos mineiros e grandes entusiastas da *festa da saudade*, na época da Companhia várias instâncias clubísticas foram incentivadas e apoiadas. Do time de futebol à associação, sua efetivação dependia da concordância e “controle” da Companhia. Assim, na época, foi criado o Clube Farroupilha, clube fechado e restrito às chefias, o clube Última Hora, fundado por mineiros trabalhadores da companhia, mas exclusivo para os trabalhadores da raça branca, o Clube União da Várzea ou Sai da Frente, que era um clube mais simplório, também da categoria trabalhadora e o Clube Tesoura do qual participavam os pretos, sendo que “os mestiços não tinham para onde ir”.

A intenção de comemorar no clube fundado pela categoria é significativa, e as recusas iniciais são amargadas ainda hoje pelos primeiros organizadores. Conflitos superados, o Clube Última Hora é o espaço da confraternização do banquetear e do baile e programa cultural que dá continuidade ao churrasco, ao longo da tarde.

A *festa da saudade* conquista assim uma abrangência e *status* bem além das intenções iniciais dos primeiros promotores. A festa se amplia e torna-se interestadual. O Museu do Carvão e a prefeitura local junto com a comissão organizadora da festa tornam-se “instituições” de estruturação sociocultural do acontecimento. A partir do segundo encontro, a missa solene abre as comemorações sendo realizada na área do Museu do Carvão e rezada pelo cônego Ervino Lothar Sulzbach, padre ativo no tempo do Cadem e autor de dois livros (sobre Arroio dos Ratos e o perfil do minerador) e pelo monsenhor Oto Erbes, igualmente padre na localidade no tempo da mineração. A festa torna-se uma comemoração municipal.

## **O V Encontro da Saudade Mineira**

(Arroio dos Ratos, 19 de novembro de 1995)

O convite do *V Encontro da Saudade Mineira* evoca claramente o motivo da festa: o trabalho da memória. No decorrer do segundo semestre, convites são enviados, a festa é divulgada em toda região carbonífera e também junto aos antigos arroio-ratenses e/ou trabalhadores mineiros. A mensagem-convite é clara: “Lembrar é viver, venha”. Há uma evidente busca de continuidade-resgate da história do grupo, uma motivação para o trabalho da memória do grupo:

Se você foi ou é mineiro, descendente ou amigo dos mineiros, morador na região carbonífera, municípios, noutros Estados. E vê no que foi: a Semente. No que é a Planta, e no que será: o Fruto. Venha, com sua família, confraternizar com velhos e novos conhecidos para, juntos, recordar o PASSADO, festejar o PRESENTE e sonhar o FUTURO, na certeza de que se o FUTURO é o PRESENTE projetado, no PASSADO estão as raízes e as pegadas do PRESENTE.

A festa é para além de um simples evento comemorativo, a criação de uma situação-contexto para o exercício de um projeto de continuidade do grupo. Nos termos de Namer, “comemorar é praticar coletivamente uma memória-mensagem num tempo fictício onde coexistem passado-presente e futuro” (NAMER. 1987. p. 211).

A festa permite a rememoração, o trabalho da memória retrospectiva que dá sentido e emoção ao caminho já percorrido.

Ao chegarmos no parque onde está instalado o Museu do Carvão observamos que o portão simula uma galeria subterrânea e jovens uniformizados de “mineiros” recepcionam os participantes do evento.

Uma grande população se concentra no pátio do Museu, placas de carros de localidades mais diversas estacionam em frente. Reconheço e sou reconhecida pela diretora do Museu, pelo prefeito local, pelo padre Lothar e outros participantes. Observamos a chegada dos participantes. A marca mais forte da festa é a emoção do reencontro. Abraços, abraços e mais abraços, lágrimas e sorrisos são a marca da festa. Uma população expressiva se concentra em frente ao Museu onde foi instalado um altar sobre o qual vários objetos do trabalho mineiro são expostos. A lâmpada, a pedra de carvão, livros sobre mineiros, a imagem da Santa Bárbara, etc, acentuam a especificidade dos motivos da missa: homenagear o reencontro dos mineiros e seus familiares.

Todo desenvolvimento do culto e das homenagens seja no discurso do padre, seja na estrutura dos atos comemorativos da missa buscam referir no nível do sagrado a importância de uma história comunitária de conquista do solo e do sol. Valoriza-se o pioneirismo e bravura do trabalhador mineiro que, nas profundezas da terra, desenvolveu um trabalho árduo na exploração da riqueza do carvão. Era um trabalho desumano que garantia o pão de cada família. Os mineiros mais antigos se posicionam na frente do altar para receber as bênçãos e homenagens. A missa é comemoração elogiosa à categoria, ato religioso eficaz para homenagear os mortos, memória do mártir, do que perdeu sua vida no duro trabalho e sacralização dos valores do grupo.

O ambiente entre os participantes é de pura emoção. Crianças interpretam uma canção denominada “mineiro, quero te abraçar”, finalizam com o ato do abraço. Todas crianças abraçam os velhos mineiros. O padre Lothar relembra ainda qualidades desta comunidade e deste trabalho: a solidariedade, a fidelidade cristã, etc. Os velhos mineiros, a presença da velha população, a sociabilidade do antigo, a homenagem ao passado, tudo leva a um forte mergulho na emoção do momento.

A homenagem costura simbolicamente o discurso, objetos, tempos, espaços, que simbolizam uma trajetória, e sintonizam um mito fundador que reafirma os valores do grupo.

O marco forte do evento é, sem dúvida, a emoção. É a emoção que evidencia o próprio sentido da festa, uma emoção em torno da saudade que vai sendo construída discursivamente, que vai sendo vivida na performance do reencontro que expressa um afeto-símbolo. Troca-se simbolicamente um sentimento - a saudade de um espaço-tempo-álhures de coexistência de um grupo com valores comuns, re-ordenados como ideais num desejo de continuidade.

Finalizada a missa, um coral local interpreta algumas canções na escadaria do museu enquanto o público permanece trocando reconhecimentos, a alegria ou surpresa

do reencontro, a informação sobre os ausentes e desaparecidos durante o ano, a apresentação a novos membros e/ou amigos da família, etc.

Neste momento abrem-se as portas do prédio do museu que contém a exposição de objetos, fotos, documentos, maquinárias, quadros artísticos, etc. Novamente observa-se a intensidade da emoção que envolve o velho mineiro no reencontro com seu passado profissional, não sem um tom de satisfação por compartilhar deste reconhecimento sacralizado da categoria. Não são simples turistas que se utilizam livremente de uma prática de memória. O público é especial. As condições do exercício da memória são respeitados, a atualização é limitada pelos contornos das lembranças dos velhos mineiros presentes.

Alguns explicam às pessoas próximas o funcionamento de uma velha máquina, a funcionalidade de um objeto, buscam identificar-se a si e aos outros nas velhas fotos, *trabalham* na memória as lembranças da atividade extrativa, restabelecem uma imagem de sua vida social e profissional passada.

Nesta sobreposição de rememorações, reafirma-se o valor-trabalho como propriedade de situação neste processo de atualização dos sistemas simbólico-valorativos. O valor-trabalho, que funda a comunidade operária, é reatualizado como valor encompassador neste tempo-recordação e reatualização *ética e estética* do grupo. Nos termos de Macedo, “está presente o esforço de construção de uma imagem que é a representação da visão ideal do grupo” (MACEDO. 1986. p. 186).

Após a visitação, observa-se a permanência de pequenas rodas de pessoas, como numa dança da saudade, os participantes circulam, deslizam de abraço em abraço, saúdam-se, buscam reconhecer e serem reconhecidos.

Na maioria das entrevistas por ocasião da festa, a lembrança dos mineiros era em torno da dificuldade do trabalho, os acidentes, a bravura, a coragem, o heroísmo, a companheirismo, a solidariedade, a situação comum de subordinação a política paternalista, a fé, as lutas sindicais, etc. Há uma repetição, uma conscientização do porquê da comemoração da Saudade Mineira, do porquê da festa e da homenagem. Homenageia-se o homem, o trabalho, a labuta nas duras condições de vida e trabalho. Há uma estrutura recorrente desta lembrança, como um modelo de prática de discurso social (NAMER. 1987. p. 157). As lembranças são diversas mas a memória coletiva que os unifica é aquela reatualizada pela comemoração ritual.

Para os participantes do evento entrevistados, a recusa e a ausência de antigos mineiros, em geral é avaliada por um ressentimento em não poder comparecer de carro, com signos de prosperidade, com um discurso que comprove uma trajetória ascensional, etc. Outros opinam que a ausência de alguns se dá pela recusa ou pela dificuldade de recordar o passado, além é claro, do estigma de ser uma festa de velhos.

A dispersão é momentânea pois todos se dirigem ao Clube Última Hora onde a confraternização continua. O clima permanece, agora a emoção desliza para a ludicidade. Em um grande ginásio esportivo do clube, cerca de 400 pessoas se distribuem nas mesas à espera do churrasco, menu principal da comensalidade.

Nossa equipe permanece gravando, fotografando, entrevistando. Durante a festa, quatro mineiros são mais longamente entrevistados-gravados pela equipe. Destaque para entrevista com Sr. Elvino (22 anos de mina) e Sr. Marcelino (20 anos de mina).

Segundo este velho mineiro, a *Festa da Saudade* tem uma importante justificativa. Para ele a vida da comunidade era muito dura e marcada pelo perigo e a morte. Mas o cotidiano não era apenas marcado pela rudeza do trabalho e pela carestia da vida. “Mineiro gostava de festa, de diversão, de futebol, de se reunir”. O próprio Clube Última Hora é o resultado desta vontade, com a aprovação da Companhia é claro, de institucionalizar um espaço para a diversão e o lazer. Clube do qual este velho arroio-ratense é um dos fundadores.

Não há nenhuma novidade nesta causa-conseqüência lógica. Hoggart e tantos outros clássicos (Thompson, Hobsbawn), que analisam a vida das classes trabalhadoras inglesa, mostraram este potencial de criatividade operária-popular, de conquista de tempos de pausa, de repouso, tempos livre para a diversão, de resistência à rotina marcada pelo trabalho.

A confraternização recebe a cada ano algumas novidades, mas de modo geral após o churrasco, uma orquestra contratada interpreta velhas e novas canções. Em outros anos os discursos tomavam muito tempo, e já no último evento, a comissão organizadora respondeu aos apelos de aliviarem “os discursos” em prol do baile congregador.

No *V Encontro*, poucos e rápidos discursos do prefeito, da diretora do Museu são procedidos por um animado baile. Em plena tarde de domingo, os embalos da saudade contagiam a todos. Alguns antigos mineiros com dotes vocais roubam a cena ocupando o microfone, mas o forte da festa é o dançar, dança-se só, acompanhado, mulher com mulher, crianças, numa fusão de todos neste tempo extraordinário.

Apenas a apresentação da comissão organizadora e o anúncio da próxima festa interrompem o baile: “sempre temos uma surpresa”, esclarece uma das organizadoras. Neste ano, um grande painel foi erguido convidando para o *VI Encontro da Saudade Mineira* em 1997.

Prossegue um momento solene, quando a comissão organizadora convoca a todos para juntos entoarem a canção do mineiro de autoria de Laiza Peres, denominada “Saudade mineira” e lançada no *IV Encontro da Saudade* no 20 de novembro de 1994. Quase todos conhecem a letra, outros optam texto que é distribuído rapidamente.

### Saudade mineira

Quem partir e hoje volta  
Na alegria festeira  
Vem nas asas serenas  
Da saudade mineira

Pisa o chão do passado  
Volta à vida criança  
Quer um banho nas águas  
Do arroio da lembrança

É o momento encantado  
É o calor de um abraço

É uma lágrima viva  
Num olhar sonhador

Coração em compasso  
De ternura caseira  
É carvão feito brasa  
Labareda do amor

A música entoada por todos é, sem dúvida, um forte ato consagrador. A saudade, a emoção, o choro, as lágrimas, a alegria, a tristeza, são expressões da cada rosto, gestos de cada participante. A emoção é contida pela continuidade do baile aliviando a catarse emocional. Dança-se até o anoitecer quando iniciam-se lentamente as despedidas, até o próximo ano, para comemorar a saudade.

## O trabalho da memória

Um dos organizadores da festa, senhor Gabriel, em entrevista meses após essa festa, coloca em tom confessional que o entusiasmo inicial, que o motivou a organizar o evento, passa a ser substituído por uma boa dose de arrependimento. Segundo ele, a festa foi justamente para evitar que os velhos companheiros apenas se reencontrassem por ocasião do enterro de um amigo. Mas que a festa acabou criando-lhe uma armadilha dolorosa, a consciência do próprio envelhecimento e a dor da proximidade da morte. “A cada ano”, diz ele, “são vários companheiros e amigos que morrem e é horrível ter que conviver com a perda dos amigos”. “Vai-se na festa e se pergunta: ei, cadê o fulano? Ah, responde alguém, o fulano morreu, dizem, e isto na festa, hem, é muito doloroso”.

Mas se a festa torna-se ato de constrangimento para os seus promotores de origem com motivações congregatórias da antiga comunidade, não há dúvida que ela recebeu uma mudança de estatuto. Ela é apropriada pela municipalidade como atividade comemorativa do município, cidade berço do passado do carvão. Junto ao museu no ato de sacralização da categoria, senhor Euzébio, outro promotor original da festa, acha que este movimento promocional do evento é um resultado natural, e os seus organizadores reivindicam da municipalidade o reconhecimento da festa como um advento especial que “fala” da história da cidade. A municipalidade é sensível à promoção e esta já é uma comemoração de calendário, isto é, evento oficial do município: nos termos de Durkheim, os aspectos emblemáticos, diria, as marcas de uma continuidade sobre as descontinuidades.

Cabe aqui perguntar enfim como analisar esta *festa da saudade*, o que é este culto à categoria, o que significa a musealização do mineiro? Musealiza-se a cultura operária. Nos tempos repensados e espaços reencontrados, a vida comunitária se reconstitui, não sem um certo esquecimento (seletivo) do passado, sem as hachuras das experiências novas e os sofrimentos advindos das rupturas.

Seja pelo ato da comemoração, seja pelo processo de musealização observa-se um trabalho de memória como um processo dinâmico que pressupõe uma ressignificação no presente. Parafraseando Macedo, esses eventos “permitem recortar simbolicamente

mente uma imagem do tempo que é fundamental para a elaboração da própria imagem da sociedade” (MACEDO. 1986. p. 189). Analiso esse evento e o museu como mediadores privilegiados para, no nível da coletividade, trabalhar-se a memória do grupo, um cenário-contexto para estetização da vida cotidiana onde conjugam as propriedades de situação: trabalho, família, catolicismo, sociabilidade lúdica, cumplicidade solidariedade como valores de “uma duração poeticamente vivida e esteticamente apreendida” (DA MATTA. 1993. p. 33).

É um contexto efervescente para destacar o lugar, objetos, valores que se querem permanentes, que perdurem na duração social.

Há uma conjugação de acontecimentos: a festa é espontânea mas é também simulacro em torno de um valor-saudade; o museu, lugar-culto das imagens emblemáticas de uma história, a festa de estatuto municipal-oficial.

Da mesma forma que analiso no caso da ex-vila mineira La Grand-Combe na França, a aspiração é de agilizar um novo *status* para a cidade. A morte da mina produziu uma sensação de caos pela perda de referências da comunidade de trabalho, espaços e formas de sociabilidade. É por isto que os mineiros incorporaram um sentimento de luto. Habituaados a transmitir o conhecimento sobre a prática do trabalho, restou-lhes ver a criação de verdadeiros santuários (museu do carvão, “salão cultural do mineiro”) onde são expostos a técnica e o conhecimento do trabalho transformados em patrimônio cultural.

Oferece-se aos turistas uma vila restaurada, reabilitada no mesmo sentido de um “desejo museofílico”. Alguns dos “traços-resto” do passado são selecionados para petrificar emblemas guardados em santuários da memória. O patrimônio recoloca em cena os valores e o senso do *savoir-faire*. A cultura técnica e a memória operária permitem a ilusão de preencher de sentido, com os símbolos do passado, os vazios que pertencem ao presente (JEUDY. 1986 e LUCAS. 1985).

O museu da mina parece aqui garantir à consciência que, apesar de “limparem” a vila, fragmentos da história local serão expostos às futuras gerações. A memória coletiva é apropriada como um patrimônio cultural a ser preservado na vila, uma identidade e uma vocação cimentadas em imagens tombadas como num ato de consagração simbólica do objeto (JEUDY. 1986. p. 22 e 23).

O museu é percebido como uma estratégia seguradora diante da ameaça de desaparecimento dos signos culturais da identidade: “a teatralidade da memória da mina define-se a partir de si mesma, apartada das perspectivas de política cultural e sem nenhuma esperança de um novo futuro econômico” (JEUDY. 1986. p. 46). Frente ao desaparecimento da profissão, a festa e o museu são motivadores diferenciados na sua prática e dinâmica, na valorização da memória coletiva.

O que é lembrado, a seletividade do que é rememorado discursivamente, tudo nos remete às construções/representações, às conscientizações e/ou mitificações em respostas às ambigüidades e contradições mesmas do presente, numa espécie de *perfor-*

---

<sup>7</sup> A regeneração da vida social passa pela recuperação da memória coletiva. O passado é engendrado por novas formas, de musealização, que “impõe uma ordem equivalente aos restos das identidades culturais”. JEUDY. 1986. pp. 25, 33, 41.

*mance* do atual pela memória, isto é, dramatizar, no presente, o teatro do passado, um presente renovado em seu imaginário e ideologia. Tudo leva a testemunhar um vivido, recolocar instâncias da vida cotidiana, das práticas de sociabilidades e formas interativas do grupo (individuais e institucionais). Na interpretação do tempo vivido no passado, analisa-se o que é negociado como valores de duração no tempo da coletividade no qual se inscreve a memória. Esta está sempre em constituição, o que nos remete à análise do processo de negociação da identidade. Construção da identidade como uma representação sobre a experiência de vida, individual e coletivamente vivida. Nos termos de Halbwachs, tratar-se-ia da história vivida, da memória coletiva, na busca de um tempo fluido que carrega a própria existência do grupo. No processo de apropriação por uma “instituição política desta rememoração espontânea temos sobreposto a própria construção da memória social, cuja temporalidade é fornecida pelo tempo abstrato e linear de uma história externa.

Como diz Duvignaud: “Il ne s’agit plus de retrouver, comme le disait Eliade, l’*uchronie* d’un événement fondateur, mais d’amasser sur des acteurs vivants le prestige que s’attache au passé dont il se réclame. Diverses mémoires se déploient ici, s’affrontent par une mise en scène et la célébration d’un culte” (DUVIGNAUD. In NAMER. 1987. p. 9).

De fato, nesta atualização da memória coletiva organizada, temos o confronto de uma sociabilidade da memória dos mineiros pela ativação de redes de relações a partir de valores como amizade, cumplicidade, etc, colada a esta forma de coleção de lembranças. Esta sociabilidade permite uma discursividade sobre as lembranças e sobre o exercício da rememoração. As pessoas envolvidas por este tempo nostálgico e espetacularização das lembranças, se reconhecem envolvidas neste universo de significação e pertencimento. A festa é um exercício de reconstrução da memória coletiva desmembrada, rasgada, rompida, decomposta e ativada em lembranças diversas, contraditórias, selecionadas ou evitadas, recosturadas em outro nível, no nível da comemoração, atualização, evocação de um saber cognitivo e afetivo pela espetacularização. Observa-se este movimento pela conservação dos signos culturais, depósitos de laços sociais e de identidades culturais que soldam os sentidos fragmentados na memória.

Desta maneira, se a vida é uma sucessão de rupturas, de desestruturas (princípios mesmo da modernização), é na memória que estão os significados de uma história vivida, e é graças a ela que a comunidade pode manter uma noção de continuidade contra a imagem da morte, isto é, da pluralidade e da dissociação. Os aposentados da mina refazem todos os dias suas vidas como mineiros. E isto é laborioso, doloroso: eles estão refazendo uma estrutura temporal. Isto porque a estrutura espacial constitutiva da comunidade de trabalho (o mundo da mina) é transformada para dar conta de uma nova sobreposição temporal. Enterradas as referências espaciais, as referências identitárias podem ser coladas no tempo das sociabilidades, das festas, do lazer ou da intimidade. Eles fazem dos tempos da vida social o espaço cotidiano de pertencimento.

A festa, mostramos, nasce de um projeto de trabalho de memória coletiva motivada pelo desejo da sociabilidade retro. Na linearidade do mundo moderno, magicamente o tempo para a fim de se comemorar a saudade, dimensionando um jogo de reciprocidades cíclicas. O museu - no âmbito de uma política de conservação - transforma o passado em lembranças idealizadas e a nostalgia deste tempo ideal oferecido (con-

sumido) como uma expressão obrigatória de um sentimento, diria Mauss, um sentimento historicamente construído.

Mas ambos acontecimentos, de uma maneira ou de outra, exprimem formas de reapropriação do passado no presente frente à ameaça do desaparecimento dos valores e símbolos do grupo, frente “à urgência do perigo da perda dos traços ainda atuais, vivos, que comprovam o passado que não estaria verdadeiramente morto” (JEUDY. 1986. p. 2).

Ambos os processos remetem a uma totalização das lembranças como um modelo, uma construção da memória do social, pela formalização de uma cotidianeidade (prática) comum, reatualizada nesta forma particular do trabalho da memória. Na festa, encanta-se o mundo pelas lembranças de um tempo nostálgico, no museu, o patrimônio industrial “tenta mostrar a imagem de uma continuidade histórica e social restituindo à inovação tecnológica o marco de sua memória” (JEUDY. 1986. p. 47).

O museu e a festa, por um lado, oficializam a memória coletiva, agora memória do social, por outro permitem uma noção cíclica da história vivida pela permanência dos valores tradicionais do grupo reatualizados: bravura, cumplicidade, solidariedade, amizade, espírito de luta e vida comunitária, fé cristã, etc são valores-motivações que os levam à reunião. A instituição cultural hierarquiza as práticas da memória para a coletividade que passa a partilhar destas lembranças seletivas que primam igualmente pela estética da mensagem museológica, isto é, pela estética da mensagem-espetáculo-comunidade de trabalho cujos valores devem ser resguardados. Mas entre eles, importa acrescentar doravante, a saudade, como sentimento igualmente singular a esta “comunidade de sentimento” no seu “trabalho” de duração.

## CONCLUSÕES

Apesar do desaparecimento dos espaços reais sobre os quais os grupos fundam suas identidades, pela memória os velhos mineiros e seus familiares podem investir suas referências a certos momentos de interação vividos como sendo seu próprio ritmo construído. É nos espaços de sociabilidade que verificamos uma forte energia de restituição de um ritmo ao cotidiano, um senso à existência do grupo, reatualizar sua cultura nos tempos plurais, posto que “não existe nenhuma razão, natural ou não, para que uma sociedade se conserve, salvo justamente a sua cultura, que é o instrumento de luta contra a dissolução” (DUVIGNAUD, 1983). Viver hoje é igualmente guardar uma ligação ao passado, emprestando sentido aos valores e às práticas coletivas e individuais no presente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, R. e LEITE LOPES, J.S. Famílias operárias, famílias de operárias. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v.5, n.14, out. 1990. ANPOCS.
- ARIES, P. *História social da criança e da família*. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.

- ATTALI, J. *Histoires du temps*. Paris: Fayard, 1982. 333p.
- BACHELARD, G. *La Dialectique de la durée*. Paris: Quadrige/PUF, 1989(a). 151p. (1.ed. 1950.)
- BACHELARD, G. *La Poétique de l'espace*. Paris: Quadrige/PUF, 1984. 215p. (1.ed. 1957.)
- BALANDIER, G. *Les Anthropo-logiques dans la modernité*. Paris: L.G.F., 1985(a). 320p. (1.ed. 1974.)
- BAUDRILLARD, J. *La Société de consommation*. Paris: Denoël, 1970. 321p.
- BEAUVOIR, S. *La Vieillesse*. Paris: Gallimard, 1970. t.1 et t.2, 882p.
- BERGER, P. I.; LUCKMANN, T. *A construção social da realidade*. 5ed. Petrópolis: Vozes, 1983. 247p.
- BERGSON, H. *Matéria e memória*. São Paulo: Martins Fontes, 1990.
- BORELLI, Sílvia Helena Simões. *Memória e temporalidade: diálogo entre Walter Benjamin e Henri Bergson*. In: Margem. Faculdade de Ciências Sociais/PUCSP, EDUC, 1992.
- BOSI, E. *Memória e sociedade. Lembranças de velhos*. São Paulo: Quieroz/Edusp, 1987.
- BOTT, E. *Família e rede social*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976. 319p. (1.ed. 1971.)
- BOURDIEU, P.; SAYAD, A. *Le Déracinement*. Paris: Minuit, 1964. 226p.
- BOURDIEU, P. *La Distinction*. Paris: De Minuit, 1979. 670p.
- BOZON, M. *Vie quotidienne et rapports sociaux dans une petite ville de province: la mise en scène des différences*. Lyon: P.U. de Lyon, 1984. 300p.
- BRANDAO, C. R. *A cultura na rua*. Campinas: Papirus, 1989. 219p.
- CARDOSO DE OLIVEIRA, R. *Identidade, etnia e estrutura social*. São Paulo: Pioneira, 1976. 118p.
- CASTORIADIS, C. *L'Expérience du mouvement ouvrier*. Paris: U.G.E., 1974. t.1 et t.2, 888p.
- CHOMBART DE LAUWE, P.-H. *La Fin des villes. Mythe ou réalité*. Paris: Calman-Lévy, 1982. 246p.
- DA MATTA, R. *A casa e a rua. Espaço, cidadania, mulher e morte no Brasil*. São Paulo: Brasiliense, 1985. 140p.
- DA MATTA, Roberto. *Conta de mentiroso. Sete ensaios de antropologia brasileira*. Rio de Janeiro: Rocco, 1993.
- DIAS DUARTE, L.F. *Da vida nervosa, nas classes trabalhadoras urbanas*. Rio de Janeiro, J. Zahar/CNPq, 1986. 290p.
- DUMAZEDIER, J. *Vers une civilisation du loisir?* Paris: Seuil, 1982. 309p. (1.ed. 1962.)
- DUMONT, L. *Essais sur l'individualisme*. Paris: Seuil, 1983. 284p.
- DURHAM, Eunice. *Cultura e ideologia*. Belo Horizonte. Comunicação apresentada no III Encontro Anual da ANPOCS. 1984. 22p.
- DUVIGNAUD, J. *Festas e civilizações*. Fortaleza: EUF/Tempo Brasileiro, 1983. p.100.
- ECKERT, Cornelia. *Memória e identidade. Ritmos e ressonâncias da duração de uma comunidade de trabalho: mineiros do carvão (La Grand-Combe, França)*. *Cadernos de Antropologia*, Porto Alegre, n.11, 1993.
- ECKERT, Cornelia. *Passado e presente de devoção na padroeira dos mineiros do carvão. Estudo da Festa de Santa Bárbara no Brasil e na França*. In: TEIXEIRA, S. A.; ORC, A. P. (Orgs.). *Brasil e França. Ensaios de antropologia social*. Porto Alegre: Ed da Universidade/UFRGS, 1992.
- ECKERT, Cornelia. *Os homens da mina. Um estudo das condições de vida e representações dos mineiros de carvão em Charqueadas/RJ*. Porto Alegre, maio 1985. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) - CPG em Antropologia Social, Sociologia e Ciências Políticas, UFRGS, 565p.
- FEATHERSTONE, Mike. *Cultura de consumo e pos-modernismo*. São Paulo: Studio Nobel, 1995.
- FERRAROTTI, F. *Histoire et histoires de vie*. Paris: Librairie des Méridiens, 1983. 195p.
- FIRTH, Raymond. *Elementos de organização social*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.
- FOUCAULT, M. *Surveiller e punir*. Paris: Gallimard, 1975. 318p.
- FREY, J.-P. *La Ville industrielle et ses urbanités*. Bruxelles: P.M. (A. R. n.25), 1986. 386p.
- GEERTZ, C. *A interpretação das culturas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 321p. (1.ed. 1973.)
- GOFFMAN, E. *La mise en scène de la vie quotidienne*. Paris, De Minuit, 1973. 251 p.
- GOFFMAN, E. *Les Rites d'interaction*. Paris: De Minuit, 1974. 231p.

- GIDDENS, Anthony. *A constituição da sociedade*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- HALBWACHS, M. *Mémoire collective*. Paris: PUF, 1968. 204p.
- HALL, E. *La danse de la vie. Temps culturel, temps vécu*. Paris: Seuil, 1984. 283p. (1.ed. 1983.)
- JEUDY, H-P. *Mémoires du social*. Paris: PUF, 1986. 171p.
- L'ECOLE DE CHICAGO. *Naissance de l'écologie urbaine*. Paris: Aubier Montaigne, 1984. 334p. (1.ed. 1979.)
- LE GOFF, J. *Histoire et mémoire*. Paris: Gallimard, 1988. 409p. (1.ed. 1977.)
- LEFEBVRE, H. *Le droit à la ville suivi de espace et politique*. Paris: Anthropos, 1968 et 1972. 281p.
- LEITE LOPES, J. S. (Org). *Cultura & identidade operária*. Rio de Janeiro: Marco Zero, 1987. 226p.
- LEROI-GOURHAN, A. Memória e ritmos. In: -. *O gesto e a palavra*. Lisboa: Ed. 70, 1985. t.2, 246p. (1.ed. 1965.)
- LEVI-STRAUSS, C. L'Identité. *Actes Séminaire dirigé par*. Paris: Quadrige/PUF, 1983. 335p. (1.ed. 1977.)
- LUCAS, P. *La Rumeur minière ou le travail retravaillé*. Paris: P.U. de Lyon, 1985. 168p.
- MACEDO, Carmen Cinira de. *Tempo de gênese*. São Paulo: Brasiliense, 1986.
- MACHADO DA SILVA, L. A. (Org). *Condições de vida das camadas populares*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984. p.21-58.
- MAUSS, M. *Manuel d'ethnographie*. Paris: Payot, 1967. 262p. (1.ed. 1947.)
- MORAES FILHO, E. *Simmel*. São Paulo: Ática.
- MURARD, I; ZYLBERMAN, P. *Le Petit travailleur infatigable ou le prolétaire régénéré*. Paris: CERFS, 1976. 292p.
- NAMER, Gerard. *Memoire et société*. Paris: Meridiens Klincksieck, 1987.
- PINÇON, M. *Désarrois ouvriers*. Paris: L'Harmattan, 1987. 184p.
- RICOEUR, P. et alii. *As culturas e o tempo*. Petrópolis: Vozes; São Paulo: Edusp, 1975. 283p.
- SAHLINS, M. *Cultura e razão prática*. Rio de Janeiro: Zahar, 1979. 258p. (1.ed. 1976.)
- SAMUEL, N. *Le Temps libre: temps social*. Paris: Méridien Klincksieck.
- SCHUTZ, Alfred. *Estudios sobre teoria social*. Buenos Aires: Amorrortu, 1972.
- SCHWARTZ, O. *Le Monde privé des ouvriers. Hommes et femmes du nord*. Paris: PUF, 1990. 544p.
- SEGALEN, M (Direction). *L'Autre et le semblable*. Paris: Presses du CNRS, 1989. 240p.
- TURNER, V. *O processo ritual. Estrutura e antiestrutura*. Petrópolis: Vozes, 1974. 245 p. (1.ed. 1969.)
- VELHO, Gilberto. *Individualismo e cultura. Notas para uma antropologia da sociedade contemporânea*. Rio de Janeiro: Zahar, 1981. 149p.
- WEIL, S. *L'Enracinement*. Paris: Gallimard, 1949. 380p.
- WIENIN, M. *Le Pays d'Alès*. Alès: Saber, 1986. 86p.
- YOUNG, M.; WILLMOTT, P. *Le Village dans la ville*. Paris: C.G.P/CCI, 1983. 255p. (1ed. 1957.)
- ZOLA, E. *Germinal*. Paris: Folio, 1978. (1.ed. 1885.)
- ZONABEND, F. *La Mémoire longue. Temps et histoires au village*. Paris: PUF, 1980. 314p.

# SISTEMA DE CRENÇAS NO CONTEXTO CARBONÍFERO

Cornélia Eckert

## INTRODUÇÃO

Construir o sistema de significados de um grupo constitui-se numa tarefa ilimitada. Seu processo de significação é infinitamente mais denso e complexo do que o telescópio de um pesquisador possa captar. Mas seu universo simbólico e significados atribuídos é também ordenado e exteriorizado na sua representação e prática social, elementos que busca-se dimensionar, na dramatização do social e no sistema complexo de crenças deste grupo social singular.

## MATERIAL E MÉTODOS

Estudo desenvolvido a partir da metodologia etnográfica embasada nas técnicas de observação participante, entrevistas abertas, estudo de narrativas biográficas, estudo de rede social e pesquisa áudio visual. As técnicas qualitativas foram utilizadas no procedimento de investigação de uma sociedade e de suas complexidades internas. A premissa comparativa, relativizadora e crítica, é operada em todos os procedimentos da pesquisa de campo e análise de material coletado.

## RESULTADOS

### **Sistema de crenças no contexto carbonífero (RS) Rito e fronteiras culturais**

A “força” da tradição e a “eficácia simbólica” dos rituais coletivos é um dos tantos mistérios em torno da capacidade humana de produzir significados. Assim como os mitos, os ritos repousam sobre uma memória coletiva e simbólica e reatualizam um

passado dramatizado no presente. Esta ação-comemoração que cadencia o movimento da vida é um ato que os homens de todos os tempos experimentam como momentos privilegiados para exprimir a identidade social do grupo e para re-contextualizar a trajetória e memória históricas a ela ligados.

A análise da vivência de um hábito, de uma tradição, é fundamental para perceber, em matéria simbólica, como os mineiros de carvão situam-se em grupo, como organizam suas emoções e como expressam um estilo de vida e constroem uma identidade na relação cotidiana.

No rito reatualizam-se os signos e os valores de identidade coletiva, como um investimento de trocas sociais e simbólicas através do qual a ordenação do tempo vivido pensado é exteriorizado e a estrutura da vida cotidiana é transfigurada e desvendada. O ritual consolida a relação com o sagrado, onde a idéia básica a ser expressa, é a construção de fronteiras de pertencimento que “falam” do grupo mineiro e, “dizem” algo para ele: a experiência social do grupo reelaborada simbolicamente invocando a intermediação de uma divindade.

O significado do rito é expresso pela reelaboração simbólica da categoria profissional, “o mineiro como símbolo”, na crença da intermediação da divindade na relação da vida real com a vida ideal.

Entende-se o rito como um sistema de produções simbólicas, um sistema cultural, nos termos de Geertz, no qual o mundo vivido e o mundo imaginado fundem-se num mundo único: fusão simbólica do *ethos* com a visão do mundo que modela a consciência espiritual de um povo (GEERTZ. 1978, p. 128-129).

## **Santa Bárbara: mártir e padroeira**

Não é por acaso que a Santa Bárbara tornou-se a festa mais importante das comunidades de mineiros de carvão. De fato, ela é invocada como mártir e padroeira dos mineiros nos países que professam o cristianismo, sendo que nos termos de sua hagiografia católica é a divindade da chuva, trovões, raios e do fogo.<sup>1</sup> As crenças e as superstições estiveram sempre presentes na vida dos trabalhadores do mundo subterrâneo e, em particular, entre os mineiros de carvão. Este fervor pela Santa é ligado à crença no poder de proteção desta divindade, evocação importante neste trabalho singular marcado pela periculosidade e insalubridade.

Conforme a hagiografia católica, Santa Bárbara, filha de pais pagãos, é de uma beleza que a todos encanta. Receando um casamento inadequado ou a influência do cristianismo (séc. III), seu pai constrói uma torre onde ela fica confinada recebendo os ensinamentos necessários. Mas Bárbara conhece o cristianismo e opta por segui-lo, recusando-se a um casamento imposto pelo pai com um governador pagão. Esta

---

<sup>1</sup> Santa Bárbara tornou-se padroeira dos mineiros de carvão após a invenção da pólvora. “O emprego contínuo da pólvora fez do mineiro uma espécie de irmão dos soldados e marinheiros artilheiros. Eis porque eles comemoram a festa de Santa Bárbara”. Cf. SIMONIN. 1982. (1ed. 1867), p. 259.

atitude provoca a ira do pai que a mata com uma espada. O pai assassino é fulminado por um raio. Bárbara morre aos 20 anos e o calendário católico marca 4 de dezembro como de devoção à mártir.

Desde o século XIX, os estudos e romances sobre esta categoria de trabalho afirmam serem os mineiros de carvão uma espécie de “operário-soldado”, disciplinado e corajoso na luta de cada dia contra as fatalidades dos elementos naturais.<sup>2</sup> Em 1867, o engenheiro de minas L. Simonin descreve a dramática realidade da luta dos mineiros na vida subterrânea como um “campo de batalha”. Segundo ele, o que Victor Hugo descreve como sendo a luta dos “trabalhadores do mar” contra os obstáculos da natureza, deve ser também considerado em relação aos mineiros. Como o marinheiro, ele é “um soldado do abismo”, na luta contra a morte, pois contra ambas as categorias de trabalho se volta fatalmente a natureza (SIMONIN. *Op. cit.* p. I e 257 a 283). Não é por acaso que esta relação é incorporada no imaginário coletivo desta categoria profissional em diferentes países, repetido aqui e ali, tanto nos discursos do patronato (século XIX na Europa) quanto por lideranças sindicalistas operárias e partidárias de esquerda (século XX na França).

A veneração pela santa, expressa pelos mineiros dos mais diversos pontos do mundo, revela a crença na sua proteção contra acidentes de trabalho, incêndios, explosões, desmoronamentos, inundações, doenças e contra toda sorte de catástrofes, mas, igualmente, resguardo dos demônios e espíritos maléficos subterrâneos e seres sobrenaturais que aterrorizaram em todos os tempos os trabalhadores das profundezas da terra.<sup>3</sup>

A popularidade da santa nos países católicos é atestada pelas inúmeras capelas e monumentos elevados em sua homenagem. Mais ainda, este aspecto configura-se em todas as ocasiões do trabalho de campo no Brasil, na importância da comemoração anual da Festa de Santa Bárbara para os mineiros de carvão e seus familiares.

## **Nos “tempos áureos lá em Ratos”**

No Rio Grande do Sul, a Festa de Santa Bárbara, como padroeira dos mineiros, é remetida ao início da atividade extrativa do carvão e vinda de imigrantes europeus<sup>4</sup> (meados do século XIX), atraídos pelo mercado de trabalho nessa atividade e fixando-se em Arroio dos Ratos. Essa localidade funda a região carbonífera rio-grandense, conhecendo sucessivas conjunturas favoráveis de mercado do carvão gaúcho e a formação de núcleos populacionais de trabalhadores em minas de carvão.

Com o início da extração do carvão nessa localidade, forma-se uma comunidade ocupacional, predominantemente católica, que reproduz nessa nova realidade uma tradição vivida pelos mineiros imigrantes europeus: a crença na Santa Bárbara. Esta

---

<sup>2</sup> É relevante destacar a especificidade do trabalho mineiro de subsolo, onde o objeto do trabalho (a extração do carvão) é fornecido pela natureza, atuando o mineiro sobre ela, modificando-a, visto que lhe é necessário produzir para sua sobrevivência. Ao mesmo tempo, o mineiro é modificado por ela, pois dado o caráter difícil, insípido e arriscado de seu trabalho, a deterioração de seu corpo é precoce.

<sup>3</sup> Uma das obras mais completas sobre o tema é a de SEBILLOT. 1979. (1ª ed: 1894).

<sup>4</sup> Mas, igualmente, vinda de migrantes rurais e mineiros das Minas Gerais.

manifestação cultural-religiosa, assim recolocada, é reelaborada como um sistema de significados para o grupo local: comemora-se anualmente a festa da padroeira dos mineiros, igualmente padroeira da cidade.

Sê da Santa é tê *raça* de mineiro. Eu não sô religioso, mas sô da Santa.<sup>5</sup>

Em Arroio dos Ratos, a então Companhia de Mineração (iniciativa privada), reforça essa prática cultural, legitimando, material e ideologicamente o sistema simbólico de identidade do grupo: uma igreja denominada “Santa Bárbara” é construída e o “dia da Santa” declarado feriado local. O ritual em homenagem à Santa Bárbara é realizado no dia 4 de dezembro, e tal como seus antepassados europeus, é reproduzida a superstição de que trabalhar nesse dia “*traz azar*”. O evento principal é caracterizado, desde então, pela procissão religiosa pelas ruas da cidade, seguido de missa e festejos populares.

Os anos que seguem a Segunda Guerra Mundial são desfavoráveis para o mercado de carvão gaúcho. As minas em Arroio dos Ratos vão sendo desativadas e, em 1955, a Companhia encerra aí suas atividades extrativas, justificando esta ocorrência pelo esgotamento da bacia carbonífera local. Com efeito, fatores político-econômicos em torno do setor energético revertem na desarticulação do grupo mineiro, na medida em que são impelidos à mobilidade espacial e mudança social. Um número expressivo de mineiros e seus familiares é obrigado a partir em busca de trabalho o que implica numa importante dispersão desta comunidade, rompendo sua rede de relações sociais.

A Companhia, entretanto, ao mesmo tempo em que paralisa a atividade industrial, em Arroio dos Ratos, desenvolve um antigo projeto de abertura de uma mina de carvão próxima ao porto escoador no vilarejo vizinho - Charqueadas. Nesse local, ela investe um importante capital na abertura de um poço de extração às margens do Jacuí que acusa um leito de carvão a 300m de profundidade. A mineração de carvão nesse poço é ativada pela mesma Companhia, em 1956. Muitos mineiros de Arroio dos Ratos encontram, então, a chance de dar continuidade a sua trajetória ocupacional fixando-se, com suas famílias, na nova vila.

### **O rito reconstruído: a continuidade de uma festa.**

Charqueadas, de pequeno lugarejo com uma atividade de pesca pouco expressiva, torna-se, de súbito, uma concentração urbana importante que cresce em torno da unidade produtiva extrativa onde predominam famílias de trabalhadores mineiros. Distante 51Km de Porto Alegre, é junto a essa comunidade ocupacional que se realiza o trabalho de campo, de dezembro de 1982 a fevereiro de 1984.

Na lembrança de alguns mineiros, a procissão de Santa Bárbara permanece ainda sendo comemorado em Arroio dos Ratos. Apenas por volta dos anos 60 é que esse ritual é reelaborado em Charqueadas, quando se efetiva a industrialização do carvão no local. O deslocamento e ruptura vividos pela comunidade, porém, não impedem a este velho mineiro falar da festa numa continuidade.

---

<sup>5</sup>Mineiro de carvão no subsolo, Charqueadas, Brasil.

A festa dos mineiros, a da Santa Bárbara, é tradicional. É de hábito, hábito de muitos anos. A maioria do pessoal daqui de Charqueadas se criou pensando na festa de Santa Bárbara. *(Mineiro)*

O grupo social ligado à atividade de mineração rearticula as festividades em homenagem a sua padroeira, reconstituindo uma rede de relações que compartilha uma identidade comum ao nível do simbólico, garantindo a continuidade do grupo de referência nesta nova localidade. Na realidade, o grupo pressiona para que passe a ser comemorada oficialmente a festa de Santa Bárbara, em Charqueadas, conquistando o *status* de “feriado local” em detrimento da festa da padroeira da cidade que perde esse privilégio.

A festa de Santa Bárbara se transforma em pouco tempo no evento cultural mais expressivo de Charqueadas, em detrimento da festa que marca os festejos em homenagem à padroeira da vila, Nossa Senhora dos Navegantes. A festa em homenagem à “divindade das águas” enfraquece em relação à festa de Santa Bárbara, que se torna a cerimônia “forte” na vida religiosa e popular da comunidade.

Não há mineiro que não devote a Santa. *(Mineiro)*

Em Charqueadas, a reconstituição dessa manifestação cultural sofre modificações na estrutura do drama social, pela reinvenção de aspectos e movimentos no ato ritual. Mas da mesma forma que nas comemorações no passado em Arroio dos Ratos, o que se procura reproduzir e reavivar na procissão é a crença no poder da divindade, na eficácia da sua proteção à categoria profissional na esfera do trabalho, reconstituindo para o grupo o seu símbolo - o mineiro - captado através da idéia que vincula heroicidade e bravura. Quem é este herói? Esta dimensão é captada ao remeter a uma condição de trabalho e convívio com o perigo e com o sentimento do medo, não só do mineiro que atua na esfera do trabalho, mas de toda a comunidade ocupacional. Constroem, a partir daí, um código simbólico para falar de um cotidiano de trabalho de alta periculosidade e insalubridade e do temor da comunidade ao acidente, à morte, à doença, definido como uma condição natural ao trabalho por lidarem com a transformação da natureza que pode, segundo eles, hostilizar-se inesperadamente à esta transformação, voltando-se contra os homens. O mundo dos mineiros é, para eles, um mundo ligado ao perigo e a homens corajosos com *raça de mineiro*. Uma coragem fortalecida a nível do metafísico, “[...] a noção de impotência implica a noção de onipotência”. (LEACH. 1978, p. 90)

É a religião do medo. O mineiro tem medo da desgraça, e precisa a proteção dela. Eles têm muito medo que se não adorarem a Santa, vai acontecer alguma coisa, vem todo mundo na novena, na procissão e na festa. E ficam se cobrando. Se um não vem eles ficam falando, “o Fulano não veio, não rezô prá Santa, não pediu a benção, não tem *raça de mineiro*. *(Mineiro)*

Tem que í, pedi prá Santa, proteção. Tem que festejá a Santa, se não pode dá acidente. *(Mineiro)*

A crença na santa protetora pode ser apreendida através de comportamentos individuais e coletivos. O que denota práticas individuais em relação ao sagrado pode ser avaliado no cotidiano de trabalho, quando os mineiros por ocasião da descida à mina ou de seu retorno do subsolo, dirigem-se às imagens da santa, dispostas na saída dos vestiários e na base do poço, com orações, pedidos, promessas, sinal da cruz, etc. A manifestação coletiva refere-se à comemoração anual da festa da santa padroeira:

Se a senhora quer ver os mineiros tudo reunido, tem que vim no início de dezembro, na festa da nossa Santa. Só dá minero, é a coisa mais linda, me emociono, até choro sabe. (*Mineiro*)

Eu sinto uma fé enorme nesta Santa. Sei que se vô festejá ela, ela me protege. (*Mineiro*)

Não se trata de uma relação mecânica, onde o mineiro devoto espera reciprocamente ser protegido, mas de “necessidades estruturais traduzidas para os atores em imperativos morais”. (MAUSS. 1981).

A crença na eficácia da ação coletiva pode ser dimensionada no depoimento deste “filho de santo”, filiado a um culto afro-brasileiro:

Eu não sou católico, mas sou mineiro e tenho fé na proteção da padroeira. Nunca perdi uma festa, é uma promessa. (*Mineiro*)

Registra-se a participação de mineiros adeptos de religiões afro-brasileiras que devotam à santa padroeira como “Iansã”, resultado do sincretismo religioso operado no Brasil.<sup>6</sup> Na visão destes, se, por um lado a sua devoção é para Iansã, a forma de expressar numa linguagem simbólica sua identidade de mineiro e a crença no seu poder de proteção só adquirem eficácia através da participação no ritual coletivo da categoria em homenagem à padroeira. Considera-se então, que não é tanto o “ser” religioso (*ethos* religioso) que os define, mas a crença na santa é que lhes aparece como referencial para construção de uma identidade de *ser mineiro*: é o *sistema*, nos termos do mineiro informante, que os encompassa.<sup>7</sup>

A Santa dos mineiros sempre foi o sistema... (*Mineiro*)

Mínero não liga muito prá religião, não é crente. Só sabe que tem a Santa Bárbara, vai lá e crê nela... (*Mineiro*)

A cada ano, os festejos em homenagem à santa ficam sob a responsabilidade de uma equipe de mineiros, denominada “comissão de festa”. Essa, tem por responsabilidade organizar as novenas, a procissão e os festejos populares. Os “festeiros” do ano definem, também, seus sucessores, demarcando os limites sociais desse grupo.

Com a proximidade de 4 de dezembro, inicia-se uma fase de preparação

<sup>6</sup> Sobre este tema: ORTIZ. 1980. p. 101-102.

<sup>7</sup> Aqui, situam-se as ideologias holistas que parecem se organizar segundo uma primazia do crer sobre o ser. Cf. DUARTE. 1983, p. 60.

dos fiéis para a procissão, o ponto culminante dos festejos. Durante nove noites é celebrada uma missa, que no seu conjunto totaliza a “novena” organizada pelos “noveneiros”. Esse grupo é previamente selecionado pela comissão de festeiros, podendo ser constituído por casais de mineiros, ou casais cujo chefe da família ocupa cargo de chefia na Companhia de mineração. Estas missas são assistidas pelos mineiros e seus familiares, que superlotam a igreja local. Uma série de atos rituais caracterizam a novena. A cada missa, o grupo de noveneiros entra carregando a bandeira da Santa Bárbara, dando início à cerimônia e finalizando-a com sua saída. Ato que é acompanhado por uma prece coletiva, expressão do apelo à divindade de sua ação protetora.

Virgem Santa toda bela, sois encanto sem igual. Sois por Deus abençoada, protetora contra o mal. Santa Bárbara poderosa, conduzi para a vitória, a família do mineiro, na mansão da eterna glória.

Acompanhar toda a fase da novena é, para muitos mineiros, fundamental como forma de cumprir promessas realizadas para Santa Bárbara durante o ano. Neste sentido, reivindicam à Companhia liberação para nesse período sair mais cedo do trabalho a fim de comparecer às novenas. São nove dias em que o horário de trabalho é modificado, iniciando mais cedo para cumprir as seis horas diárias de trabalho na mina.

Durante o período de novena, a bandeira e uma pequena imagem da santa são levadas pelos noveneiros a percorrer as casas de mineiros: tem-se “o sagrado entrando e sendo recebido nas casas” (DA MATTA. 1980, p. 82). As famílias visitadas colaboram com uma doação para o “livro de ouro”.<sup>8</sup>

No nono dia, o final da missa marca o início da procissão. A representação iconográfica da entidade sagrada, até então no altar da igreja, é transportada em cortejo, que percorre um trajeto predeterminado. No dia 3 de dezembro, à noite, a saída do andor com a imagem da santa carregada por mineiros uniformizados principia a procissão, que segue uma estruturação rígida. O núcleo central em torno da imagem da santa é composta por mineiros voluntários - chamados de “guardas de honra” - que estão uniformizados.

Ao contrário da maioria das procissões católicas de santos padroeiros no Brasil, o núcleo central em torno do andor e, portanto, o grupo que ocupa um espaço sacralizado durante o ritual, não é composto por autoridades civis e eclesásticas. A mediação entre o público e o centro sagrado é realizado pelos mineiros: é esta categoria que é reforçada simbolicamente durante o ritual. A imagem de ser mineiro é deslocada do estado ordinário, transformando o mineiro em símbolo ao compor o centro rigidamente ordenado e sacralizado em torno do andor, onde seu comportamento é de intensa formalidade e acentuado respeito.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Livro que registra a doação em dinheiro feita pela família para os festejos em homenagem à santa protetora.

<sup>9</sup> Roberto da Matta define este deslocamento como próprio dos rituais, onde “... elementos triviais do mundo social são transformados em símbolos no contexto do ritual”. In: DA MATTA. 1980. *Op. cit.* p. 60.

Seguindo o núcleo central em torno do andor estão os noveneiros com a bandeira da santa, seguido do público em geral na sua maioria mineiros e seus familiares, ao qual misturam-se as autoridades civis e eclesiais. No núcleo central os guardas de honra trajam o que é o uniforme oficial do trabalhador mineiro: macacão, botas, capacete com lanterna. O uso do uniforme pode ser captado como o reforço da formalidade da ocasião, já que no cotidiano do trabalho no subsolo vestem apenas calções, pelo intenso calor do ambiente de trabalho.

Se, no nível da organização, as mulheres de mineiros participam das comissões, na procissão o núcleo central é essencialmente masculino, reproduzindo o mundo do trabalho mineiro como um mundo de homens, como que simbolizando os próprios valores em torno da construção diferencial dos papéis masculino e feminino.

O trajeto é iluminado pelas lanternas dos mineiros. O cortejo segue em direção ao poço da mina - a esfera do trabalho - de onde retorna apenas no dia seguinte. Tanto na ida como na volta, o cortejo segue essa estrutura rígida, ninguém pode ultrapassar o núcleo central.

A entrada do cortejo pelo portão central da Companhia é muito festejada. Um intenso barulho de sirenes e fogos de artifício, marca a interpenetração de esferas de diferentes domínios (religioso, familiar, do trabalho) e, até o retorno da procissão, o espaço do trabalho simboliza um espaço sacralizado. O momento da transposição da “fronteira” é decodificado pelos participantes como de maior emoção, compartilhada pelo grupo de identidade.

Só sendo mineiro prá senti isso. É uma fé na Santa, uma emoção assim... eu choro feito criança. (*Mineiro*)

A procissão chega até o pavilhão onde fica o poço da mina que dá acesso ao subsolo. O ritual atinge então um momento ambíguo. Para o público em geral, a procissão é parcialmente interrompida. O andor é colocado no pavilhão dos vestiários. O pároco local retoma a posição de autoridade eclesiástica orientando a reza final.

Rompe-se a rigidez estrutural da procissão: o espaço próximo ao andor é liberado para que todos possam tocar e beijar a imagem da Santa, materializando neste contato sua devoção.<sup>10</sup> Os familiares “invadem” a esfera do trabalho (superfície), conhecendo algumas instalações do cotidiano de trabalho dos maridos e pais. Após isto, dirigem-se para os festejos populares no pátio da igreja ou retornam às residências.

Mas para os mineiros guardas de honra, o estado ritual, de margem, não está encerrado. Vigiam durante toda a noite a imagem da padroeira. A vigília dos mineiros segue até o amanhecer, quando se processa um ritual particular no subsolo da mina do qual participam apenas os mineiros. Um pequeno cortejo composto só de mineiros desce com o andor os 300m de profundidade e realiza uma procissão pela galerias principais. Para eles, a santa tem de ser apresentada para as galerias subterrâneas, a fim de evitar eventuais acidentes. O andor é coberto de pedras de carvão. Uma série de normas é criteriosamente seguida, tratando das superstições do grupo. Nesse sentido

<sup>10</sup>“O ponto é, pois, ligar-se com e pelo santo”. DA MATTA. 1980. *Op. cit.* p. 81.

a figura do padre é essencialmente significativa pela evitação que a cerca. Ele não só não ocupa nenhuma posição de destaque durante a procissão, como não pode acompanhá-la no fundo da mina, pois simboliza o “corvo” e a “morte”.

Padre no fundo da mina dá azar, e é acidente na certa. *(Mineiro)*

Destaca-se, pois, a privacidade nesse momento da procissão vivido apenas por homens ligados à mineração. Há uma quebra de comunicação com os demais fiéis (familiares e outros participantes), reforçando a identidade dos mineiros com a divindade. Importa salientar que esse movimento do ritual expressa uma forma reinventiva dos mineiros, em Charqueadas, quanto ao ritual tradicional. Na memória coletiva, a procissão no subsolo da mina é criada por iniciativa dos mineiros dado o alto índice de acidentes nessa mina como um forma de persuasão e apelo pela proteção da santa. Assim, numa linguagem simbólica, as condições concretas de trabalho são exteriorizadas.

No retorno do andor à superfície, no pátio da Companhia, um grande público espera a continuidade da procissão. Rezada a missa, ela é reiniciada com toda ordenação rígida do dia anterior. O cortejo retorna à igreja pelo mesmo trajeto, voltando ao templo onde a imagem da Santa é depositada no centro do altar.

A gente leva a santinha de volta prá casa dela e lá se despede. *(Mineiro)*

Esse momento encerra a procissão e a formalidade ritual é novamente rompida. O espaço para “a confusão” é legitimado. É um momento de novas promessas, muitas fotografias ao lado da imagem da santa e todos os participantes buscam tocá-la.

Acontecem então os festejos populares em homenagem à padroeira, com as características das quermesses católicas brasileiras. O ritual, profano e lúdico é, para a instituição religiosa, a festa mais popular e lucrativa da paróquia; para o mineiro, uma prescrição que deve ser rigorosamente cumprida. Da mesma forma que a anterior, dirige-se à divindade: é um ritual em vista de coisas sagradas, momento “extra-ordinário” marcado pela informalidade.

O repasto coletivo, comida e bebida em abundância, a extravagância nos gastos, a confraternização de famílias de mineiros, o intenso barulho das vozes e música são para os mineiros uma etapa importante do ritual em homenagem à padroeira e da qual depende a efetiva eficácia do seu poder de proteção.

Se não for festejada ela pode se vingá. Ela tem que se sentí festejada, homenageada, que é prá pedí proteção. *(Mineiro)*

Os esbanjamentos, durante os festejos, aparecem em oposição a sua condição cotidiana, quando os gastos são comidos e racionalizados.

As opções de recreação nos festejos populares são muitas, desde o parque de diversões, o churrasco coletivo até o baile. O salão de festas é concorrido, principalmente no local de exposição de fotos de mineiros no trabalho de subsolo. Com o final dos festejos, o processo de dramatização encerra, dando lugar à vida “ordinária”.

O contexto do ritual remete a uma ação coletiva, que propicia a unidade de grupo e delinea sua rede de relações, a qual compartilha de uma identidade comum: o convívio numa prática produtiva onde a natureza é agressiva e ameaçadora e a relação com a divindade protetora.

## REFLEXÕES FINAIS

No término desta descrição evidencia-se que, o que há de comum em ambos os grupos analisados é o fato da crença na Santa Bárbara configurar-se na memória coletiva como um sistema de referência significativo. Independente dos contextos históricos em que ela se estrutura, esta crença revela do código simbólico que recorta as fronteiras culturais de um “mundo de mineiros”, unidos por um sistema que os encompassa: a devoção à Santa Bárbara. Trata-se da expressão de comunidades de interesses totalizadas nesta força - a tradição. Tanto em Charqueadas quanto em Arroio dos Ratos, a crença e o ritual da festa é uma expressão de um estilo de vida, de um sistema de relações de pertencimento ao grupo.

A comparação entre ambos relatos etnográficos destaca algumas diferenças que devem ser dimensionadas em relação às especificidades históricas e estruturais da fundação e composição destas comunidades. Esta manifestação cultural é re-colocada como uma “motivação” religiosa a consagrar um grupo social que se funda no trabalho.

Se em Arroio dos Ratos a Companhia de Mineração desenvolve igualmente uma política paternalista no processo de formação e enraizamento de uma comunidade ocupacional local, é certo que, no caso gaúcho, esta não se apropriou do sistema cultural da festa de Santa Bárbara como uma metáfora a transformar as relações de autoridade e exploração, em relações éticas, de dever.

Neste sentido a comunidade de trabalho parece conquistar no domínio do ritual religioso, desde sua fundação, um espaço que lhes assegura a liberdade de reproduzir valores culturais de tradição do grupo cujo significado de origem são míticos. Nem mesmo a descontinuidade vivida com o deslocamento da comunidade mineira em grande parte para Charqueadas ameaça o grupo de destituição desta manifestação cultural. Pelo contrário, o movimento da procissão é reelaborado para circunscrever com mais evidência a identidade de um grupo de status, criando, no ritual, um deslocamento que lhes permite fundir o mundo do trabalho aos demais domínios do cotidiano, integrando-o ao ritual como espaço sacralizado.

Em Charqueadas, os mineiros vivem ainda uma condição de vida vinculada à mineração. O presente coloca a proletarização e o trabalho, elementos que orientam a lógica da comunidade para explicitarem uma experiência concreta de vida. A crença na Santa protetora, aparece em toda sua dimensão na análise da procissão, na fé da ação do sobrenatural no controle da natureza, objeto de seu trabalho. Crer na Santa e, por consequência, devotá-la e homenageá-la, implica compartilhar da mediação da Santa protetora, colocando, a nível idealizado, a ordem das relações significativas que os unem: a raça, a moral, a honra.

No presente, o que se ressalta é que Santa Bárbara é um evento privilegiado para informar o que regravava a vida no passado e as transformações sobrevividas a estas na atualidade. A prática do ritual da festa permite aos mineiros e seus familiares a reinterpretação da sua memória coletiva, que fala de um grupo na elaboração significativa de suas experiências, da sua trajetória: nos rituais analisados, a unidade significativa não são os indivíduos particulares e idiossincráticos, mas suas experiências subjacentes à coletividade.

A festa é um rito de interação que permite a reatualização de um sentimento de pertencimento ao grupo. Ato ritual, de memória e de tradição, da história destes homens, a festa é este instante onde a vida parece temporariamente parada e onde é colocado em cena o passado e presente fundidos como num jogo de combinações de representações e reflexões sobre a origem e a trajetória do grupo. A festa condensa os tempos diversos das histórias locais, ela permite reatualizar os signos de identidade que, de alguma forma, suportam a construção de um vir-a-ser. Momento “extraordinário” que permite tanto aqui como lá, as alegrias dos reencontros, a reinstauração de uma aliança entre memórias que idealizam o passado, que identificam o presente e que projetam o futuro.

Na festa analisada, a memória coletiva permite a re-ordenação do tempo e a compreensão ética e estética do mundo, a retransmissão do sistema de valores destes grupos e a reestruturação de sua identidade. Assim, pode-se dizer que da mesma forma que o mito supõe a narrativa de um presente anterior perpetuado pela memória coletiva e simbólica, a significação original do rito é re-atualizada na festa de Santa Bárbara. Como na narrativa mítica, viver e contar a festa, decodifica um passado reproduzido como um tempo áureo, talvez como um exercício de sedução para que as novas gerações de mineiros (?) ou filhos de mineiros, possam guardar para sempre em algum canto de suas memórias estes valores de uma época irreversível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHELARD, Gaston. *La Dialectique de la durée*. Paris: Quadrige/PUF, 1989. 151p. (1.ed. 1950).
- BOURDIEU, Pierre. *La Distinction*. Paris: De Minuit, 1979. 670p.
- CARDOSO DE OLIVEIRA, Roberto. *Identidade, etnia e estrutura social*. São Paulo: Pioneira, 1976. 118p.
- DA MATTA, Roberto. *Carnavais, malandros e heróis*. 2.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1980. 272p. (1.ed. 1978.)
- DEBOIS, E.; JEANNEAU, Y.; MATTEI, B. *La Foi des charbonniers*. Paris: M. S. H, 1986. 194p.
- DUARTE, Luis Fernando D. Pluralidade religiosa nas sociedades complexas e religiosidade das classes trabalhadoras urbanas. Três ensaios sobre pessoa e modernidade. Rio de Janeiro, *Boletim do Museu Nacional de Antropologia*, n.41, ago. 1983.
- DUMAZEDIER, J. *Vers une civilisation du loisir?* Paris: Seuil, 1982. 309p. (1.ed. 1962.)
- DUMONT, Louis. *Essais sur l'individualisme*. Paris: Seuil, 1983. 284 p.
- ECKERT, Cornelia. *Os homens da mina. Um estudo das condições de vida e representações dos mineiros de carvão em Charqueadas/RS.* Porto Alegre, maio 1985. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social). UFRGS, 565p.

- ECKERT, Cornelia. *Une ville autrefois minière: La Grand-Combe. Étude d'anthropologie sociale*. Paris, 1992. Thèse de doctorat. Université Paris V, Sorbonne, Avril, 1025p.
- ELIADE, Mircea. *Le Sacré et le profane*. Paris: Gallimard, 1965.
- FLECHON, Etienne. *Trente ans de fond*. Manuscrito (1927-1963). Châteaurenard, 1987. Tome I, 200p.; Tome II, 300p.
- FOUCAULT, Michel. *Surveiller et punir*. Paris: Gallimard, 1975. 318p.
- GAILLARD, Jean-Michel. *Un exemple français de "ville-usine": La Grand-Combe (Gard) et sa "Compagnie des mines" (1836-1921)*. Nanterre, 1974. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, 330p.
- GEERTZ, Clifford. *A interpretação das culturas*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 321p. (1.ed. 1973.)
- GENNEP, Arnold van. *Os ritos de passagem*. Petrópolis: Vozes, 1978. 181p. (1.ed. 1908.)
- GOFFMAN, Erving. *Les Rites d'interaction*. Paris: De Minuit, 1974. 231p.
- HALBWACHS, Maurice. *Mémoire collective*. Paris: PUF, 1968. 204p.
- HALL, Edward T. *La Danse de la vie. Temps culturel, temps vécu*. Paris: Seuil, 1984. 283p. (1.ed. 1983.)
- JEUDY, Henri-Pierre. *Mémoires du social*. Paris: PUF, 1986. 171p.
- LAMORISSE, René. *La Population de la Cévenne Languedocienne*. Montpellier, M. E. N., C. N. R. S. et Université Paul-Valéry, 1975.
- LEACH, Edmund. *Cultura e comunicação social*. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. p.90.
- LEVI-STRAUSS, Claude. *Antropologia estrutural*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1975. 456p. (1.ed. 1958.)
- LEVI-STRAUSS, Claude. *Antropologia estrutural dois*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1976. 366p. (1.ed. 1973.)
- LIVET, Georges. *La Grand'Combe à travers les âges*. Alès, Imp. Compan-Brabo, 1956. 39p.
- LUCAS, Philippe. *La Rumeur minière ou le travail retravaillé*. Paris: P. U. de Lyon, 1985. 168p.
- MAUSS, Marcel. *Ensaio de sociologia*. São Paulo: Perspectiva, 1981. 496p. (1.ed. 1968.)
- NAMER, Gérard. *Mémoire et société*. Paris: Méridiens Klincksieck, 1987. 242p.
- NOIRIEL, Gérard. *Les Ouvriers dans la société française XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècle*. Paris: Seuil, 1986. 321p.
- ORDRE DE SERVICE du 30 novembre 1867. Mines de La Grand-Combe. Programme de la Fête de la Sainte-Barbe, n.530 et 531.
- ORTIZ, Renato. *A consciência fragmentada*. São Paulo: Paz e Terra, 1980. 192p.
- PACZKOWSKI, C.; VIELZEUF, A. *La Grand'Combe en Cévenne, jadis canton de gueules noires...* Nîmes: C. Lacour Editeur, 1989. 206p.
- PINÇON, Michel. *Désarrois ouvriers*. Paris: L'Harmattan, 1987. 184p.
- PUECH. *La Compagnie de la Grand-Combe*. Paris: Ecole Nationale des Mines, 1901. Tome I, 363p.; Tome II, 558p. Manuscrito.
- SEBILLOT, Paul. *Les Travaux publics et les mines dans les traditions et les superstitions de tous les pays*. Paris: Guy Durier, 1979. 623p. (1.ed. 1894.)
- SENNETT, Richard. *Autorité*. Paris: Fayard, 1981. 286p. (1.ed. 1980.)
- SIMONIN, Louis. *La Vie souterraine. Les mines et les mineurs, 1867*. Seyssel: Ed. du Champ Vallon, 1982. 312p. (1.ed. 1867.)
- TREMPE, Rolande. *Les Mineurs de Carmaux 1848-1914*. Paris: Les Editions Ouvrières, 1971. Tome I et II, 1012p.
- TURNER, Victor W. *O processo ritual. Estrutura e antiestrutura*. Petrópolis: Vozes, 1974. 245p. (1.ed. 1969.)
- VILLADARY, Agnès. *Fête et vie quotidienne*. Paris: Les Editions Ouvrières, 1968. 246p.
- ZALUAR, Alba. *Os homens de Deus*. Rio de Janeiro: Zahar, 1983. 127p.

# **ESTUDO SOCIOECONÔMICO SOBRE A COMUNIDADE PESQUEIRA NA REGIÃO CARBONÍFERA**

Alexandre Guimarães Só de Castro  
Cornélia Eckert

## **INTRODUÇÃO**

Em 1961, o Dr. Carlos Alfredo Simch escreveu uma monografia para homenagear o primeiro centenário da instalação da 1ª Câmara Municipal do município de São Jerônimo. Trata-se de uma obra que busca avaliar a região carbonífera nos diferentes campos da realidade social: história, economia, geografia, demografia, botânica, zoologia, entre outros. Nesta monografia, o autor avalia a região como próspera graças à economia da extração do carvão, além da presença de um comércio em ascensão. Mas Simch fala igualmente de uma diversidade de produção, de uma importante população rural e da qualidade ambiental avaliada pelos rios ainda limpos, pesca abundante e belas paisagens naturais. Pela proximidade do rio denominado Jacuí, a pesca desde os primórdios da ocupação açoriana, século XVIII, tornou-se uma prática de produção importante, caracterizando as atividades cotidianas da população que ali habitava.

Toda esta conjuntura e quando assim descritos parecem idílicos, quando contrastados com a situação que encontramos hoje e que investigamos e avaliamos a partir de uma pesquisa desenvolvida no local, junto as comunidades pesqueiras da região, entre 1993 e 1994. Atualmente é difícil acreditar que a região carbonífera do baixo-Jacuí é aquela descrita por Simch. Prosperidade, diversidade de produção, permanência da população na área rural, rios limpos, pesca abundante, diversos centros comunitários, belas paisagens e comércio em ascensão. Mesmo neste cenário, a presença dos pescadores já era descrita. A pesca no Jacuí, tradição açoriana estabelecida na região, era vista como uma atividade integrante do cotidiano das populações que ali habitavam. Hoje a paisagem desfigurante dos ambientes naturais das margens do rio Jacuí faz com que a presença de pescadores seja um fato a ser notado para quem não vive no local.

O presente trabalho teve por objetivos descrever as observações realizadas em campo, a partir do convívio com a comunidade de pescadores que vivem na região do baixo-Jacuí: Charqueadas, São Jerônimo e General Câmara.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Buscar conhecer um pouco quem são as pessoas, os atores sociais, suas condições de vida, seus problemas, dificuldades, críticas e aspirações deve-se ao nosso envolvimento que define nossa área de formação, a Ciência Ambiental. A metodologia de pesquisa deve concatenar muitas variáveis e não limitar a complexidade do problema a um único elemento, conforme DÖRNER (1995). Uma avaliação ambiental com a abordagem da Ciência Ambiental, segundo TAUKE (1991), requer a utilização de conceitos multi e interdisciplinares, tendo como base o cenário pretendido, mediante o conhecimento temático e gradativo da realidade.

Neste projeto partimos do pressuposto de que a busca do conhecimento da realidade vivida pela comunidade pesqueira na região carbonífera do baixo-Jacuí era fundamental para elucidar sua cultura, sua experiência profissional e suas práticas transmitidas de geração em geração. Com esse propósito desenvolvemos uma pesquisa de campo que podemos definir por uma “pesquisa participante” a partir de um convívio com a comunidade alvo, observando os aspectos de viver, seu saber em torno da prática da pesca, a complexidade desta atividade, a organização familiar em função desta atividade econômica, sua inserção na sociedade mais ampla, no mercado, nos setores políticos, bem como pesquisando seus problemas em função da inexistência de interesse político em escala municipal (prefeituras) e federal (IBAMA) por sua condição de vida.

O contato com a comunidade de pescadores limitou-se aos municípios de Charqueadas, São Jerônimo e General Câmara. Por estarem envolvidos em contextos sócio-político-ambientais distintos, os pescadores percebem a realidade de maneira distinta. Adaptaram-se de maneira diferenciada diante destes cenários, mas possuem problemas e necessidades bastante comuns. Os locais de pesquisa foram em Charqueadas, no centro e na Vila Santo Antônio; em São Jerônimo no porto das barcas, na Vila Cinza e na Vila do Conde e em General Câmara, em Santo Amaro.

Em junho de 1993, iniciando-se os trabalhos de campo, buscando a interação com a população local. Dos contatos com os pescadores da região surgiu a necessidade de formar um grupo de colaboradores, para que auxiliassem na etapa de campo do projeto de avaliação ambiental “Avaliação do método de bioindicação de metais-pesados através de parâmetros enzimáticos”, o que direcionou a estruturação de uma pesquisa participativa. Era necessário compreender o conhecimento e a cultura desta comunidade.

Ao chegar pela primeira vez na Vila Santo Antônio, fomos até um bar qualquer, nos apresentamos como estudantes da UFRGS e perguntamos se existia algum pescador no local. Nos indicaram para conversar com “Seu Mansueto”. Antigo mora-

dor do local “Seu Mansueto”, foi pescador durante muitos anos e colaborou na identificação e aproximação junto aos de mais pescadores.

Ao fim dos contatos com os pescadores locais, existia um pescador colaborador junto às coletas. Estes pescadores foram escolhidos em virtude do seu interesse em participar das atividades e pela experiência em relação a região. O dia de coleta sempre era marcado com antecedência para que os pescadores aguardassem. As coletas eram pagas, mas apesar da pobreza destas famílias, este não era o fator principal para a participação nas atividades. Existia uma necessidade desses nativos de serem ouvidos, uma vontade de serem aceitos socialmente. Era difícil, para esta comunidade compreender como tanto esforço e dedicação a atividade pesqueira fosse esquecida pela sociedade e pelos administradores públicos. Percebiam na presença da Universidade, uma possibilidade de saírem do anonimato e da marginalidade. O dinheiro era pouco, perto da satisfação de sentirem-se úteis e indispensáveis por dominarem aquilo que sempre praticaram: o saber sobre a pesca.

Os contatos foram realizados semanalmente (com algumas exceções) durante um ano. Foram em torno de quarenta encontros, onde formou-se naturalmente um processo de observação participante, que mais tarde seria utilizado como técnica fundamental para tentar estruturar um método de “pesquisa participante” (Brandão, 1983).

Para que aprofundássemos nosso conhecimento sobre o modo de vida e de trabalho do grupo, foi montado um questionário com questões fechadas e abertas para que fossem analisadas por seu conteúdo. Para a elaboração do trabalho foram utilizadas as informações de forma global.

Esta técnica de pesquisa, GIL (1987), foi elaborada no intuito de avaliar os órgãos públicos, os órgãos licenciadores e fiscalizadores da pesca e a comunidade, segundo concepções e relações da própria comunidade. Além disto, objetivava-se inventariar e avaliar as perspectivas e dificuldades da comunidade. O critério para delimitação do público alvo foi realizar os contatos apenas com pescadores que vivessem exclusivamente da pesca, independentemente de estarem legalizados ou não.

O número de questionários por área foi definido pela rede de pertencimento. Os próprios pescadores, que indicavam os próximos pescadores que viviam exclusivamente da pesca no local. O trabalho tinha seqüência por indicação do pescador entrevistado, que apontava o próximo colega que devíamos procurar.

Durante a aplicação dos questionários, naturalmente surgiram situações de entrevistas, que, segundo SELLTIZ, (1967), “possibilita a obtenção de informações acerca do que sabem, crêem, esperam, sentem ou desejam, pretendem fazer, fazem ou fizeram, bem como acerca das suas explicações ou razões a respeito das coisas precedentes”.

Foram realizados ainda, vários contatos com a Secretaria de Indústria e Comércio de Charqueadas, bem como com as entidades representativas dos pescadores em cada local e com o Departamento de Pesca do IBAMA, em Porto Alegre. O levantamento bibliográfico realizado para a obtenção de dados pré-existentes sobre a comunidade de pescadores na região, demonstrou a negligência das autoridades sobre este grupo profissional.

## RESULTADOS

### Como se organizam os pescadores do Baixo-Jacuí

Com a extinção da SUDEPE, o IBAMA assume todos os compromissos legais e administrativos em relação a pesca no Estado. Atualmente, os pescadores do Sistema Jacuí/Guaíba possuem basicamente quatro setores onde se organizam:

- na Vila de Itapuã a Colônia de Pescadores de Itapuã.
- na Ilha da Pintada, a Associação dos Pescadores da Ilha da Pintada (Z-5).
- em São Jerônimo, o Sindicato dos Pescadores de São Jerônimo.

É em São Jerônimo onde estão cadastrados a maioria dos pescadores da região de estudo, cerca de 600 profissionais (General Câmara, Triunfo, Charqueadas, São Jerônimo e Taquari). Em Santo Amaro, existe um Departamento de Pesca, junto a Associação dos Veranistas de Santo Amaro (AVASA), que tenta atuar de forma independente das outras quatro entidades. Mesmo com esta divisão, muitos pescadores preferem procurar diretamente o IBAMA em Porto Alegre, por não acreditarem nas Associações e Sindicatos.

O IBAMA em parceria com a Receita Federal, realiza desde 1993 o recadastramento dos pescadores. Dos 90 mil “profissionais” (água doce e mar) em todo o Estado, 40 mil já haviam sido descadastrados até outubro de 1994. O final do recadastramento está previsto para meados de 1997. Espera-se que apenas 10 mil profissionais sejam incluídos nesta categoria. O pescador é um profissional que trabalha em diferentes locais, com características ambientais próprias e conseqüentemente utiliza materiais diferentes em cada local, pesca diferentes espécies em diferentes períodos.

Nos grupos observados, por “competirem” pelo mesmo recurso, o peixe, os pescadores costumam ser bastante individualistas. Percebe-se isto na estratégia de trabalho e para transferir ou repassar informações. Muitas vezes até os locais onde as iscas (sanguessugas ou “chami-chungas” e caramujos) estão mais abundantes não são compartilhados com o receio da escassez. Os locais onde “o peixe” (maneira como se referem ao trabalho, a pesca) “está bom” (refere-se a quantidade pescada e não as espécies e nem a qualidade do pescado) não são divulgados.

Os pescadores com melhores condições de trabalho, pescam em duplas, em “caicos” movidos a gás o que não é permitido legalmente. Normalmente saem para pescar por alguns dias, dependendo do resultado da pesca permanecem no local. Esses pescadores possuem lonas ou barracas para acamparem no mato com algum equipamento como lampiões e fogareiros. Carregam também caixas de isopor com gelo para conservar o pescado. Normalmente pescam com redes quando o acampamento é por alguns dias.

A caça durante esses acampamentos é uma realidade. Capivaras, ratões do banhado, tatus e lontras são as caças mais comuns. Os pescadores com condições piores de trabalho, pescam próximos a suas casas e com “espinhel” (uma linha com vários anzóis em sua extensão, com um peso e uma bóia em suas extremidades). O horário para essa atividade é pela manhã, “repassando o espinhel” (revisar para ver se os peixes foram fisgados ou se as iscas estão presas) duas ou três vezes ao longo do dia. A embar-

cação desses pescadores é a remo, o que dificulta o deslocamento até áreas mais distantes e que possam ser mais produtivas.

A participação dos filhos, quando ocorre, depende da idade. Normalmente só os filhos homens e menores é que participam. Iniciam limpando os peixes, mas desde muito cedo já identificam os tipos (espécies) dos peixes e o seu valor comercial. Depois, passam a auxiliar no remo e no repasse do espinhel. Por fim formam as suas próprias “duplas de pesca”.

O pescado serve tanto para o sustento das famílias, principalmente aquelas com piores condições de trabalho, quanto para a venda. É neste momento que a participação das mulheres torna-se presente, que enquadrando-se nas atividades que possam ser realizadas em casa. As mulheres, com raras exceções, não pescam, mas limpam e conservam os peixes participando de maneira direta e decisiva na venda.

O pescado é vendido para a comunidade local, tanto na própria casa do pescador, quanto de maneira ambulante. No caso da venda ambulante, o pescado é vendido a um preço mais baixo ao “maré” (comerciante que compra o peixe e revende) que passa na casa do pescador e negocia a compra. A presença do “maré” é mais valorizada, em áreas onde o pescado não é tão abundante. O “maré” é visto de maneira positiva pelos pescadores.

Em áreas onde a produção pesqueira é mais intensa e constante, os comerciantes (donos de peixaria, restaurantes, bares e hotéis, bem como particulares) procuram diretamente os pescadores em suas casas. O negócio é feito na rua. O pescado é pesado e avaliado pelo tamanho e espécie. Nesses locais, o pescado é encomendado por compradores fixos, que no momento da compra já acertam o próximo dia de buscar o pescado. Desta forma, os pescadores organizam a sua próxima pescaria, dependendo da quantidade e das espécies de peixe que foram encomendados. Os pescadores escolhem os locais e o tempo de permanência que ficarão acampados.

## **Charqueadas**

Em Charqueadas, os pescadores estão concentrados basicamente na Vila Santo Antônio e no centro, próximo ao arroio do Leão. Na Vila Santo Antônio, nome dado à capela da Vila, a proximidade com as indústrias e a termoeletrica é visível. Os rejeitos de carvão e o óleo advindo das indústrias que se prendem nos “caicos” podem ser vistos nas margens do rio Jacuí. A fumaça constante, os efluentes com temperaturas mais elevadas que a do rio dificultam o dia-a-dia dos pescadores.

No centro os pescadores estão em uma área bastante alagadiça e procuram elevar as casas em palafitas em função das constantes enchentes. Algumas galinhas e porcos são vistos nos arredores das moradias, mas o plantio não é tão característico quanto na Vila Santo Antônio. Os barcos são amarrados com correntes próximos as casas, dentro do rio Jacuí. Não existe um horário definido para encontrarmos os pescadores no rio, esse esforço é determinado pelas condições do rio e do resultado da pesca dos últimos dias, definindo “a condição do peixe”. Não existe nenhuma peixaria no local onde os pescadores moram.

Segundo o Sindicato de Pescadores do Vale do Rio Taquari, em São Jerôni-

mo, existem em Charqueadas cerca de 65 pescadores cadastrados. No total entre cadastrados e não-cadastrados, estima-se em torno de cem, segundo informação do próprio Sindicato e dos pescadores entrevistados. Foram contatados nove pescadores. Esse número de questionários foi determinado pelos próprios pescadores que informavam quais eram os pescadores que viviam exclusivamente da pesca. Segundo os pescadores vivem, em média, seis pescadores “profissionais” em Charqueadas, número confirmado pelas entrevistas.

A idade média dos pescadores entrevistados é de 50 anos, variando entre 22 e 66 anos. O tempo médio de residência no local é de 33 anos e o tempo de moradia fora de Charqueadas, na sua maioria limita-se a cidades próximas ao rio Jacuí. O número de dependentes por pescador é, em média, quatro pessoas. O tempo de pesca desse grupo gira em torno de 22 anos. Todos os pescadores já exerceram outras atividades, principalmente na mineração, agricultura ou alguma atividade ligada ao rio, que variam desde a própria pesca até conserto de embarcações, serviços em estaleiros de pequeno porte e trabalhos embarcados. Através dos questionários, foi possível verificar que a maioria vive realmente da pesca. Mas desses, muitos possuem outra fonte de renda, são aposentados da mineração (recebem em torno de um salário mínimo), sendo que dois saíram da mineração em virtude de acidente no trabalho.

Esses pescadores atualmente além de pescar, plantam, por exemplo, alface, couve, chuchu, cenoura beterraba, mandioca no fundo do quintal. Esses produtos são utilizados para consumo ou para vender em pequena escala. O corte ou “limpeza” do “mato”, realizado em grandes propriedades rurais, com autorização dos proprietários, é utilizado para consumo do fogão a lenha e para vender. A caça, principalmente de capivara (*Hydrocaeris hydrocaeris*) e ratão-do-banhado (*Myocastor coipus*), também é uma situação presente na vida deste grupo.

“Viver da pesca, é o sonho da minha vida”, diz “Totó”, 55 anos, um dos pescadores mais conhecidos da região. O pai era pescador. Há muitos anos tenta conseguir a carteira de pesca profissional, mas sem sucesso. Mora em uma ilha em frente a vila do centro, local onde desemboca o arroio Leão.

O trabalho árduo, o descaso do poder público municipal, o retorno financeiro baixo e a total falta de perspectivas positivas são fatores motivadores para que a pesca não seja um projeto de vida para as famílias. Os pescadores percebem a condição do ambiente natural e confirmaram que a pesca está piorando, ou seja, existe menos quantidade e menos espécies de peixe.

“Há 30 anos atrás, enchia uma sacola de peixe, pescando de linha, hoje em dia não pega nada. O pessoal não compra o peixe por causa da poluição. Preferem compra o peixe do ‘arroio’, ou do outro lado do Rio”, comenta “Nego Rosa”, pescador há 40 anos. Esse pescador, ex-mineiro, mora às margens do rio Jacuí. Reconhecido e respeitado pelo grupo, Nego Rosa como é conhecido por todos, pesca sozinho e apesar de possuir certa influência sobre o grupo, pouco acredita em alguma mudança positiva que os pescadores possam vir a ter. Pescador que acompanhou a transformação ambiental da região e possui uma postura bastante crítica em relação as indústrias da região.

Apenas um pescador inferiu a “falta do peixe” ao fato da construção da barragem de Santo Amaro, afirmando que a barragem segura os peixes naquele lo-

cal, os outros relacionam com a “poluição”. Os pescadores dividem-se quando relacionam a escassez do peixe com a poluição da Aços Finos Piratini. Mesmo assim, esses pescadores afirmam que, a indústria larga um “pinche” no rio Jacuí que gruda no espinhel, nos remos e nos caícos. Geralmente isto ocorre à noite, durante os finais de semana. Os pescadores confirmam a responsabilidade da indústria carbonífera à falta de peixe no rio Jacuí, referindo-se aos rejeitos de carvão depositados nas margens do rio e as cinzas que se depositam na superfície d’água. Apenas um pescador acredita que é o “veneno” (pesticidas ou herbicidas) que pode “matá tudo” (ferindo-se aos peixes). Nas grandes plantações, estes químicos são aplicados de avião sobre as granjas de arroz localizadas até às margens do rio ou até mesmo em ilhas fluviais.

### **Dificuldades identificadas**

Os pescadores de Charqueadas não possuem organização própria, dependendo de outras instituições como o Sindicato de São Jerônimo ou a Colônia Z-5, para que intermediem a obtenção das “carteiras” do IBAMA. Dos nove pescadores entrevistados, somente dois possuem a Licença de Pesca do IBAMA.

Mesmo assim, todos os pescadores concordam com a necessidade de algum tipo de organização, seja para auxiliar na legalização dos pescadores, para auxiliar na venda do pescado, seja para auxiliar na compra de material, ou ainda para fortalecer as reivindicações dos pescadores junto ao Poder Público municipal. Em função disto, os pescadores solicitaram que os auxiliassem a estruturar um estatuto, de uma futura associação que estava sendo organizada.

Os pescadores de Charqueadas são um grupo bastante pequeno e reconhecem a pouca força que possuem para obter alguma conquista junto à prefeitura. Essa situação, somados com a crescente escassez do recurso natural que sustenta a comunidade, compõem as maiores dificuldades que enfrentam os pescadores, por eles assim definidas. Ainda o roubo de material, a poluição, o custo e a falta de material adequado são fatores determinantes para o fim dessa atividade tradicional na região acreditam os pescadores.

### **São Jerônimo**

Em São Jerônimo, os pescadores concentram-se no centro, especificamente, ao lado das barcas. Os “caícos” podem ser avistados a qualquer hora do dia e a presença de pescadores é constante. Suas casas estão em uma área alagadiça e as palafitas são muito comuns. O Sindicato fica localizado no centro, junto à vila dos pescadores. Existem árvores na beira do rio e é nesses locais que os pescadores amarram os seus caícos à noite. Não foram observados, com constância, pequenas hortas e plantios.

Foram realizadas nove entrevistas. O critério para a escolha dos pescadores a serem entrevistados, seguiu a mesma dinâmica que Charqueadas. Segundo a opinião dos entrevistados, cerca de 25 pescadores vivem exclusivamente da pesca. A idade média dos pescadores é de 37 anos. Ainda encontramos a passagem do ofício da pesca entre às gerações na família.

A Vila do Conde, em São Jerônimo, segundo Simch, 1961, na década de 40, conhecida como *Porto do Conde*, era um local extremamente importante, pois era desta zona portuária que escoava a produção de carvão, via fluvial, oriundo de “Butiá”, “Jacuí” e “Leão” para ser queimado em São Jerônimo e Charqueadas. Nesta época, até o final da década de 50, o Porto do Conde possuía uma população de 1.850 habitantes, com duas sociedades recreativas, “Pôrto do Conde” e “Monte Castelo” uma equipe de futebol o “Conde Futebol Clube” e uma associação de classe, a “União dos Ferroviários Gaúchos”. Nesta época, existiam cinco lojas, padaria, açougue, três cafés barbearias, bares e “tendinhas”. Além do mais, o Porto do Conde possuía um teleférico, que transportava o carvão, por via aérea, até General Câmara.

A Vila do Conde, como é conhecida, atualmente com uma população de 600 habitantes é formada, na sua maioria, por aposentados da RFFSA ou da mineração. No final da década de 50, a Vila do Conde começa a estagnar em virtude da suspensão da ferrovia e do declínio na extração de carvão. Hoje, o acesso ao Conde é feito por uma estrada de terra em péssimas condições, afastada completamente do centro de São Jerônimo, a população da Vila, está abandonada pelo Poder Público municipal.

“Antigamente dava pra viver do peixe, piava, dorado, agora não pega mais nada”, observa Mário, mais conhecido pelo cognome “amigo-da-onça”, pescador a mais de 30 anos que mora às margens do arroio do Conde, que colaborou com as coletas dos caramujos. Atualmente consegue sobreviver com uma pequena horta e do transporte de eventuais turistas que queiram atravessar o arroio. Normalmente esses “turistas” são oriundos da região da serra e procuram locais para caçar.

O tempo médio de residência dos pescadores no Conde é de 37 anos. E seus maiores problemas são o roubo de material, a falta de peixe e a desunião. Como não é possível viver só da pesca, alguns pescadores acabam tendo que cortar o “mato” nativo para vender.

Associam a falta de peixe com as “dragas” (extração de areia), à poluição das granjas e ao carvão.

“Não tem mais peixe por causa das draga”, como observa Joel Loureiro, 31 anos, que foi pescador durante 8 anos e atualmente trabalha como zelador da escola da Vila.

Na Vila Cinza, localizada ao lado da Termoeétrica de São Jerônimo, é possível encontrarmos pescadores, mas as condições de vida e as dificuldades de pesca são maiores o que faz com que estes pescadores, normalmente pesquem menos tempo e em locais mais distantes.

“Onde tem poluição o peixe não vai, falta conhecimento pra autoridade”, comenta “Seu Noldo”, 46 anos, 19 anos de pesca. Mora na Vila Cinza, próximo a Termoeétrica de São Jerônimo. Trabalhou durante 15 anos como fiscal de pesca na antiga SUDEPE.

Todos os pescadores entrevistados possuíam a carteira profissional de pesca, fornecida pelo IBAMA. Os pescadores se organizam via Sindicato ou através da Colônia Z-5, na ilha da Pintada. O que não impede ao pescador Sérgio avaliar negativamente a atuação sindical.

“O sindicato não trabalha como deveria, não é participativo. A pesca tá piorando por causa da poluição”. Sérgio, pescador há 23 anos, auxiliou nas coletas dos

caramujos, ao final das incursões a campo, havia conseguido um emprego fora da cidade e abandonou a pesca.

Todos os pescadores comercializam o pescado na cidade por intermédio de um “maré”, com exceção do vice-presidente do Sindicato, que é proprietário de uma peixaria. O tempo de residência da comunidade fica em torno de 29 anos.

Quase a totalidade dos entrevistados afirmam que a pesca está piorando, em virtude da poluição e da construção da “barragem” em Santo Amaro.

“O peixe diminuiu 100%, antigamente tinha piava e dorado, os filho querem pesca, mas eu não vou deixar”. Zé Carlos, pescador há 35 anos.

A poluição é relacionada às indústrias, ao carvão e ao “veneno” das granjas. Segundo os pescadores a barragem “segura” os peixes e por isso o peixe não desce. A maioria pesca com rede e espinhel. Todos acham importante algum tipo de organização, mas afirmam que o sindicato não tem força política. Os entrevistados acreditam que a indústria carbonífera só pode piorar a situação do pescador, por causa da poluição.

“Daqui uns anos, não vai existir mais pescador profissional”. É o que pensa Carlos Alberto, 25 anos, pescador há 10.

Na visão de José da Costa, vice-presidente do Sindicato, “A pesca tá melhorando por causa da fiscalização”.

Afirmam que a Brigada Militar, através do Batalhão Florestal, não possui conhecimento nenhum sobre pesca, bem como o IBAMA. Os pescadores denunciam o tratamento diferenciado que a Brigada faz entre a fiscalização de pessoas conhecidas ou não. As opiniões sobre o incentivo do Poder Público municipal aos pescadores é bastante dividida, mas os pescadores acreditam que a fiscalização é importante.

## **Dificuldades identificadas**

Os maiores problemas que enfrentam os pescadores é a falta de união da categoria, a “falta de peixe”, o roubo de material, a poluição e a falta de apoio na época da piracema, período onde a pesca é proibida.

“A prefeitura larga o esgoto na frente da praia dos pescadores”, observa Nilo, presidente do Sindicato.

Uma melhor estrutura para a venda do pescado poderia trazer benefícios importantes para essa comunidade, tendo em vista que as poucas peixarias do local, acabam estabelecendo o valor a pagar pelo quilo do peixe.

## **Santo Amaro**

Santo Amaro é uma área onde os riscos potenciais de poluição são menores em comparação a Charqueadas e São Jerônimo, por em sua história de ocupação e uso do solo nunca ter sofrido influência, direta ou indireta, da indústria carbonífera e metalúrgica. Além do mais, Santo Amaro está praticamente isolada em torno de 40 km a cima do Jacuí, até as proximidades de Rio Pardo. Santo Amaro atualmente faz parte do 2º distrito de General Câmara, mas durante o século XVIII, um dos 5 primeiros municípios do Estado, era conhecido com Amarópolis. Santo Amaro ainda possui as construções do

século XVIII e tem cerca de 400 habitantes cuja principal atividade econômica é a pesca. Todo o pescado disponível é comercializado.

“Aqui em Santo Amaro, tudo que se pesca se vende”, afirma Hélio Meireles, 28 anos, nascido em Santo Amaro.

Os compradores são comerciantes vindos de Lajeado, Santa Cruz do Sul, Rio Pardo, Cruzeiro do Sul e outros municípios.

O pescado é basicamente jundiá, piava, traíra, cascudo, dourado, pintado e grumatã. Em torno da pesca, os moradores de Santo Amaro obtêm o seu sustento na construção, conserto e comércio de pequenas embarcações.

Para Delmar Ramos, 43 anos, 18 de pesca, “em Santo Amaro, pesca é o único meio”.

Todos os pescadores possuem a Licença de Pesca, embarcação com motor, redes e espinhel. Os turistas, atraídos pela natureza, pelas construções históricas e pela hospitalidade da comunidade de pescadores, também proporcionam algumas atividades ao setor comercial.

Muitos são os eventos que ocorrem ao longo do ano em virtude da pesca como a Festa de Santo Amaro, o Dia do Pescador e a Festa dos Navegantes. Existe na região uma crescente procura de turistas que buscam as festividades, a pesca e o lazer. Os casarões do início do século e as construções em estilo colonial, fizeram com que Santo Amaro fosse considerado um valioso patrimônio histórico-cultural cujo processo de tombamento está em tramitação.

Em Santo Amaro são 34 pescadores profissionais, mas segundo os pescadores existem muitos “amadores” na região. Entre os dias 8/6 e 17/8 de 1994, foram realizadas cinco entrevistas com os pescadores. Também foi realizado contato com o presidente da Associação dos Veranistas de Santo Amaro (AVASA), onde está incorporado um Departamento de Pesca. Criado em 1992, o Departamento de Pesca atuou de forma bastante intensa junto aos pescadores. Atualmente, 90% dos pescadores não fazem parte do Departamento, não possuindo uma organização eficiente. Procuram a Colônia Z-5 para o encaminhamento e atualização das Licenças de Pesca.

Em Santo Amaro, a vida gira em torno da atividade pesqueira.

“A pesca é alma do lugar, não tem outra atividade, mas quero os filhos bem longe do rio, é muito sofrimento”. É o que pensa Luis Carlos, 37 anos, é profissional há doze anos e o filho com seis anos que já ajuda a limpar o pescado e identifica com exatidão o tipo (espécie) de peixe pescado suas qualidades culinárias e valor comercial.

Com fortes aspectos de prática tradicional, incluindo de forma mais direta os demais membros da família. As esposas dos pescadores, quando não são pescadoras profissionais, auxiliam no conserto das redes bem como na preparação do material de pesca, assim como os filhos pequenos. Todos os pescadores entrevistados nasceram em Santo Amaro. A tradição da pesca é transmitida entre as gerações. Como exemplo temos a família dos Meireles que está na quarta geração de pescadores em Santo Amaro.

## **Dificuldades identificadas**

Em 1972, foi iniciada a construção da Barragem de Santo Amaro, no rio Jacuí.

Durante dois anos, muitos pescadores trabalharam na sua construção. Concluídas as obras da barragem, os pescadores afirmam que a pesca foi prejudicada por mais ou menos dois anos. Atualmente os poucos pescadores que acreditam que a pesca está piorando, atribuem a este fato o uso de redes “miudeirinhas” (malha 7, permitida pelo IBAMA). Os problemas mencionados pelos pescadores são a falta de união, o roubo de material e a falta de assistência durante o período de proibição da pesca (piracema).

## **DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS**

Os pescadores são unânimes em avaliar que a “prefeitura” nunca procurou auxiliar a comunidade e o Batalhão Florestal, órgão da Brigada Militar que efetua a fiscalização da área, não orienta os pescadores de maneira adequada, é simplesmente um componente repressor e parcial. Interessante também o questionamento e dúvida destes pescadores em relação a imparcialidade do órgão público referente a postura poluidora da indústria regional.

Os pescadores não acreditam na atuação do IBAMA, e criticam os métodos adotados pelos órgãos licenciadores. Acreditam que o IBAMA prejudica o andamento das atividades da pesca e não cumpre de maneira efetiva os seus objetivos. Encaram o órgão licenciador como fornecedor de carteirinhas e mesmo assim, ineficiente. Em alguns locais, os pescadores possuem verdadeira repulsa ao IBAMA. Ao mesmo tempo reclamam dos muitos pescadores oportunistas, que não possuem a licença de pesca e que pescam com redes de malhas não permitidas pela legislação e nos períodos de piracema. Mesmo assim parece existir um “código de silêncio”, pois os pescadores sabem exatamente quem são estes oportunistas. Muitas vezes roubam o material de pesca dos seus colegas, mas são incapazes de denunciá-los.

A falta de credibilidade no IBAMA, e principalmente no Batalhão Florestal, estimula tal situação. Estes órgãos deveriam ser a estrutura de apoio para as denúncias que os pescadores por ventura viessem fazer. Ao invés disto são vistos como repressores e desqualificados tecnicamente, e não uma estrutura orientadora e fiscalizadora.

Em virtude da constatação da situação degradante em que se encontram os pescadores do baixo-Jacuí, principalmente os de Charqueadas é necessário que sejam implantadas atividades que busquem reverter tal processo.

Durante o período de permanência na Região, foi sugerido e desenvolvido um esqueleto do “Programa de Integração dos Pescadores do Baixo-Jacuí”. O PIPB-J serviria como uma estratégia para as lideranças políticas e empresariais familiarizarem-se com um processo de desenvolvimento que agregue valores ambientais, propiciando as comunidades tradicionais a oportunidade de se reestabelecer.

O Programa teria como um dos seus objetivos devolver aos pescadores a melhoria da qualidade de vida da comunidade, valorizando a profissão no âmbito social. Para tal, proporcionar condições de trabalho adequadas e incentivar a participação da comunidade nos processos sociais. Caberia aos poderes públicos municipais, as indústrias potencialmente poluidoras (MACEDO, 1991) e a própria comunidade o entendi-

mento e a determinação de deveres e obrigações de cada parte integrante do Programa.

Este Programa teria como finalidade:

- propor um fórum de debates para a apresentação, discussão e possíveis alterações do Programa, com a presença das partes envolvidas
- propor ao setor industrial a formulação do Código de Ética Ambiental das Indústrias do baixo-Jacuí;
- propor aos pescadores a formulação do Código de Ética Ambiental dos Pescadores do baixo-Jacuí;
- propor à Universidade a organização de palestras a fim de orientar, esclarecer e informar aos participantes sobre temas de interesse comum, com o objetivo de aproximar as partes envolvidas no Programa e fortalecer a implantação efetiva do mesmo.

As propostas incorporadas no Programa, devem ser adequadas as condições e necessidades de cada grupo de pescadores. Para Charqueadas sugere-se que faça parte das atividades do “Programa”:

- propor aos pescadores a formação de uma entidade representativa;
- propor ao setor industrial, o incentivo aos aposentados a profissionalização na atividade pesqueira. Além de oferecer um plano de doação/financiamento e manutenção de pequenas embarcações e motores;
- propor a prefeitura, a doação ou cedência de uma área para a construção de um ancoradouro para as embarcações e para a estruturação da sede da entidade representativa;
- propor a prefeitura, a licença para a execução da “Feira do Peixe”, atividade semanal onde os pescadores cadastrados no “programa”, venderiam seu pescado, através de arrecadação cooperativa
- propor ao poder público municipal, o incentivo para a criação de um projeto de cultivo de peixes em módulos artificiais, utilizando os pescadores como mão de obra e a Universidade como suporte técnico

No dia 08/09/94, foi convocada uma reunião com os pescadores de Charqueadas, no salão de festas da Capela Santo Antônio. O local foi determinado pelos próprios pescadores. Estiveram presentes nove pescadores e pós-graduandos do curso de ecologia. Nesta ocasião foi apresentada a proposta do “PIPB-J”, onde foram sugeridas alterações por parte dos pescadores. Ficou estabelecido a convocação de uma nova reunião, desta vez organizada pelos próprios pescadores.

A segunda reunião foi realizada no dia 22/9/94 com a presença de desessete pescadores. Nesta ocasião foi definido pelos pescadores a primeira etapa a ser executada, a formação de uma entidade representativa. Foi eleita uma pequena coordenação, para que fossem mantidos os contatos a seguir.

No dia 28/9/94 foi apresentado para o assessor da Secretaria de Indústria e Comércio senhor Scarpacci, a proposta do “PIPB-J”, para que encaminhasse ao Sr. Prefeito. No dia 13/10/94 foi realizado um encontro com o senhor Scarpacci para saber a posicionamento do Prefeito em relação ao “Programa” e suas sugestões. Um abaixo-assinado com 100 assinaturas recolhidas na Vila Santo Antônio em apoio a implantação do “Programa”. Desde o dia 19/10/94 foi solicitado o primeiro encontro entre a Coordenação

nação dos Pescadores de Charqueadas e o Prefeito. Até o final do mandato, não ocorreu este encontro. No dia 25/10/94 foi encaminhado ao Setor de Pesca do IBAMA, a documentação necessária para o pedido de profissionalização de doze pescadores, através da “futura associação”. No dia 20/12/94 foi entregue ao representante dos pescadores, seu Guaraci, uma proposta de estatuto para a formação da entidade representativa, bem como todas as orientações sobre os procedimentos jurídicos. Esta proposta foi avaliada pelos pescadores e refeita. No dia 5/1/95, foi entregue a versão definitiva do estatuto e dada como encerrada a participação do projeto junto aos pescadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANDÃO, Carlos Rodrigues. *Pesquisa participante*. São Paulo: Brasiliense, 1983.
- FERRARO, L.M.W. *A temperatura do ar em ambientes alterados: aplicação ao conforto térmico em Charqueadas, RS*. Porto Alegre, 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia.) - Instituto de Biociências, Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. p.1.
- GIL, Antônio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 1987.
- MACEDO, Ricardo Kohn de. *A importância da avaliação ambiental, análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed. Unesp, 1991.
- SELLITZ, Claire et al. *Métodos de pesquisa nas relações sociais*. São Paulo: Herder, 1967.
- SIMCH, Carlos Alfredo. *Monografia de São Jerônimo*. Edição especial, comemorativa do primeiro centenário da instalação da 1ª Câmara Municipal. São Jerônimo, 1961.
- TAUK, S. M. (Org.). *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: FAPESP, 1991. p.169.

# PERDA DE RENDA EM COMUNIDADES PESQUEIRAS NA REGIÃO CARBONÍFERA

Valdir F. Denardin  
Juvir L. Mattuela

## INTRODUÇÃO

Segundo Cánepa (1996) o meio ambiente, considerado o entorno natural, composto por água, ar e solo, desempenha funções de extrema importância para a sociedade humana. Primeiro, é o local físico onde suas atividades são realizadas; segundo, é fonte provedora de recursos (insumos) e amenidades ambientais, por exemplo: belas paisagens; por fim, atua como fossa receptora e reciclador de resíduos.

Com o excessivo uso de alguns destes recursos naturais renováveis e não-renováveis (exauríveis), seus volumes e/ou estoques passaram a apresentar constantes baixas, preocupando tanto aqueles que os exploram, pois vêm suas receitas futuras comprometidas, bem como uma parcela da sociedade que se preocupa com a possível exaustão dos mesmos.

A pesca, por possuir capacidade de auto-regeneração, é um exemplo de recurso natural renovável, porém isto não significa que não possa tornar-se exaurível, se explorada indiscriminadamente ou ter o ambiente onde se desenvolve afetado.

O iminente risco de exaustão da atividade pesqueira dá-se não só pelo fato de ser um recurso de livre acesso e de propriedade comum, mas também por se desenvolver num ambiente com as mesmas características. Portanto, torna-se difícil coordenar e/ou controlar a entrada de novos pescadores ou evitar a degradação do ambiente onde o recurso se desenvolve.

Na região carbonífera do Estado do Rio Grande do Sul há, por parte dos pescadores, intensas reclamações de que a captura de peixes, devido a mudanças ambientais, vem reduzindo-se nos últimos anos acarretando perda de renda e, conseqüentemente, redução do bem-estar das famílias que vivem desta atividade. Desta forma, o presente artigo tem como objetivos: 1. Verificar o comportamento da renda dos pesca-

dores no tempo; 2. Expor suas opiniões sobre as possíveis alterações ambientais que estão afetando negativamente a atividade pesqueira.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Ao tratar da economia dos recursos naturais, os economistas costumam utilizar a atividade pesqueira para desenvolverem seu modelo básico, que é aplicável às demais biomassas. Estes, ao tratarem a atividade pesqueira buscam responder duas questões básicas: a) Qual o nível ótimo de exploração biológica do recurso que garanta sua sustentabilidade (não exaustão) no longo prazo; b) Estaria o nível ótimo de exploração biológica coincidindo com o nível ótimo econômico, considerando-se que trata-se de um recurso de propriedade comum e livre acesso.

O estoque de peixes, disponível na natureza, apresenta determinada capacidade de crescimento, podendo ser representado por uma função de crescimento,  $F(X)$ , onde  $X$  é o estoque deste recurso. O nível do estoque do recurso, por sua vez, depende de certas condições físicas (ambientais) favoráveis, dentre as quais destacam-se: oferta de alimento, taxa de mortalidade natural e predatória, disponibilidade de oxigênio na água, etc. Estas limitações físicas garantem que o estoque de peixe existente na natureza eleve-se, inicialmente, a uma taxa crescente até atingir um máximo (produção máxima sustentável) e, no decorrer do tempo, decline, até alcançar um equilíbrio biológico ou capacidade de suporte do meio ambiente. Neste contexto, existem três níveis de estoque que apresentam especial interesse: equilíbrio instável, produção máxima sustentável e equilíbrio estável. No primeiro caso, o estoque seria tão pequeno que qualquer redução no mesmo comprometeria a reprodução dos peixes, podendo gerar sua auto-exaustão. Em contraste, o último caso, corresponde à situação onde o estoque de peixes seria tão grande que, dadas as condições ambientais, permitiria apenas a reposição natural do mesmo. Este ponto é conhecido como capacidade de suporte do ambiente, onde se tem uma situação de equilíbrio estável, pois qualquer aumento ou redução do estoque faria com que se voltasse a esta situação. A produção máxima sustentável corresponde ao ótimo biológico, pois seria a situação em que a taxa de crescimento do estoque atinge seu ápice. Neste caso, pode-se colher por tempo indeterminado o máximo permitido para o recurso, sem comprometer seu estoque, desde que a taxa de captura seja igual à taxa de crescimento (HOWE, 1979; TIETENBERG, 1992).

Para passar do modelo biológico para um modelo econômico, deve-se incorporar à análise a receita e o custo total da atividade pesqueira. Para tanto, como pressupostos, assume-se que o preço do pescado é constante e seu custo de produção é diretamente proporcional ao esforço de pesca, desconsiderando-se, neste caso, a possibilidade de existirem economias e deseconomias de escala na atividade. A receita total possível de ser obtida com a comercialização do pescado, por seu turno, está diretamente relacionada com a taxa de crescimento biológico do recurso, pois ela representa o valor monetário da possibilidade de captura.

O pescador, ao exercer sua atividade, parte do princípio de que pode obter um retorno positivo com a implementação da mesma. Ele, como empresário, busca, teoricamente, capturar a quantidade de peixe tal que maximize a diferença entre a receita e o

custo total. Esta condição de maximização de lucros, entretanto, nem sempre condiz com o que é recomendado para manter o estoque do recurso natural em seu nível ótimo (PEARCE & TURNER, 1990).

A característica de livre acesso e propriedade comum, na atividade pesqueira, condiciona os pescadores a atuarem de forma a dar preferência a apropriação da renda no curto prazo, sem levar em consideração as possíveis conseqüências que esta atitude terá no longo prazo. Tanto o pescador que ingressar na atividade como os já existentes, dado a ausência do direito de propriedade, não possuem qualquer interesse em conservar o estoque de biomassa. Nenhum pescador individual tem garantia de que aquilo que deixaria de capturar hoje - que seria um fator para aumentar o estoque - possa lhe estar disponível no futuro. Por esse motivo, quando a pesca é limitada a um ou poucos pescadores, existiria uma certeza maior de que a quantidade não capturada no presente elevará o estoque e a captura futura. Diante do exposto, autores como TURNER e outros (1994), BOGO (1994), dentre outros, admitem que a existência de livre acesso na atividade pesqueira gera uma externalidade dinâmica que somente seria possível de ser totalmente internalizada se existisse um ou poucos pescadores na atividade.

Por outro lado, os rejeitos de atividades produtivas podem interferir, via alterações físicas e químicas, no meio ambiente. A partir do momento em que estas atividades causem prejuízos ao crescimento do recurso, repercutindo em perda de renda a terceiros, diz-se que estão gerando externalidades negativas.

A discussão acima mostra que existem muitos fatores que podem estar relacionados com a possível redução do fluxo da biomassa na região de abrangência do estudo. Face a isto, procurou-se investigar apenas alguns deles, como: a) evolução do esforço de pesca; b) intensidade de uso do material de pesca; c) evolução do número de pescadores; d) variáveis ambientais.

As informações foram obtidas junto a uma amostra de pescadores através de entrevistas diretas. O dimensionamento desta amostra foi intensional, visto que não se dispunha de dados para sua determinação estatística. Porém, para assegurar representatividade ao estudo, estabeleceram-se dois critérios básicos para realizar a seleção dos entrevistados: contemplar todos os pontos de pesca; selecionar os pescadores mais idosos e que dependessem exclusivamente da pesca. Respeitando estes critérios, entrevistou-se um total de sessenta pescadores pertencentes às comunidades pesqueiras dos municípios de Charqueadas, São Jerônimo e General Câmara. Estes exercem suas atividades nos rios Jacuí e Taquari.

A possibilidade de poluição dos mananciais hídricos via rejeitos procedentes do uso e extração do carvão mineral existe, atualmente, nos municípios de Charqueadas e São Jerônimo. O primeiro apresenta atividades de extração e beneficiamento; o segundo não apresenta extração, porém utiliza cinzas e rejeitos de carvão para cobrir áreas alagadiças e pavimentar estradas. O município de General Câmara e seu distrito Santo Amaro não apresentam atividades de extração e depósito de rejeitos.

Em função das especificidades locais, os pescadores classificam a pesca em dois períodos distintos: a) inverno, abrangendo os meses de maio, junho, julho, agosto e setembro; b) verão, contemplando os meses de outubro (primeira quinzena), janeiro (segunda quinzena), fevereiro, março e abril. Salienta-se que a partir da segunda quinze-

na de outubro, durante os meses de novembro, dezembro e a primeira quinzena de janeiro - totalizando três meses - ocorre a piracema, ficando proibida a pesca.

O valor da renda bruta média mensal para cada período (RBMm) e região, compreende o somatório da quantidade capturada (Kg) de cada espécie multiplicado pelos respectivos preços recebidos, dividido pelo número de pescadores entrevistados. Pelo fato de haver diferença de produtividade e espécies capturadas entre os períodos (inverno e verão), a renda bruta média mensal (RBMm) é obtida a partir da média da renda bruta dos dois períodos. Para a determinação da RBMm passada - estimada para o ano de 1985 - utilizou-se o mesmo procedimento de ponderação, porém, adotou-se o preço recebido atualmente para calcular seu valor. Este critério permite eliminar possíveis efeitos de variação de preços na renda bruta avaliada para os dois períodos.

Pelo fato de não haver um padrão quanto ao material utilizado na pescaria, bem como na maneira de pescar das diferentes comunidades de pescadores, tornou-se difícil estimar os custos da atividade que fossem representativos para a mesma. Por este motivo, foi utilizado no trabalho a renda bruta como *proxy* da renda líquida auferida pelos pescadores. Além disso, por ser uma pesca artesanal, os custos envolvidos são relativamente baixos, o que aproxima o valor da renda bruta ao da renda líquida. Este procedimento, portanto, não compromete os objetivos do trabalho.

O esforço de pesca (EP) compreende o tempo (h) médio gasto, por pescaria, nas atividades de: captura de iscas, deslocamentos para os pesqueiros, armar, repassar e retirar equipamentos. Salienta-se que o incremento no uso do material de pesca o eleva, porém não na mesma proporção.

## RESULTADOS

Na tabela 1 são apresentadas, para cada comunidade de pescadores investigada, informações referentes ao volume físico de pescado capturado. Pode-se observar que houve na década examinada, uma sensível queda na quantidade física capturada em todas as comunidades, destacando-se, principalmente, Santo Amaro.

**Tabela 1**  
CAPTURA MÉDIA MENSAL, PER CAPITA,  
NA REGIÃO CARBONÍFERA DO RS - 1985 E 1995

Comunidade	Quant. capturada 1985 (Kg/mês)	Quant. capturada 1995 (Kg/mês)	Taxa % de variação da quant. capturada
Charqueadas	443,78	188,40	- 57,55
S. Jerônimo	499,17	158,22	- 68,30
G. Câmara	321,91	119,68	- 62,82
S. Amaro	933,34	211,60	- 77,33
Média	549,55	169,47	- 69,16

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na tabela 2 encontram-se informações a respeito do esforço de pesca para os períodos estudados. Pode-se observar que, ao longo do tempo, os pescadores estão dedicando, em média, mais tempo para esta atividade sem, entretanto, aumentar a quantidade capturada. Isto indica que os pescadores tentam contrabalancear a escassez de peixes com tempo adicional de trabalho. Em algumas comunidades, como São Jerônimo, por exemplo, embora o esforço de pesca tenha aumentado sensivelmente - mais de 50%, a queda na captura foi ainda mais significativa - cerca de 79%. Observa-se, também, que em meados da década passada, um pescador na comunidade pesqueira de Santo Amaro capturava, em média, 7,5 Kg de peixes por unidade de esforço de pesca (ver tabela 2) - uma hora de trabalho despendido. Atualmente, eles conseguem pescar apenas 1,5 kg

**Tabela 2**  
**ESFORÇO DE PESCA E CAPTURA MÉDIA MENSAL**  
**POR UNIDADE DE ESFORÇO DE PESCA, POR PESCADOR,**  
**NA REGIÃO CARBONÍFERA DO RS - 1985 E 1995**

Comunidade	Esforço de pesca em 1985	Esforço de pesca em 1995	Varição % no esforço de pesca	Quant. capturada por unid. esforço de pesca em 1985 (Kg/h)	Quant. capturada por unid. esforço de pesca em 1995 (Kg/h)	Taxa % de variação da quant. capturada por unid. de esforço de pesca
Charqueadas	5h	6h 38min	32,66	3,41	1,09	- 68,04
S. Jerônimo	4h 32min	7h 03min	55,51	4,23	0,87	- 79,43
G. Câmara	6h 52min	7h	1,94	1,80	0,66	- 63,33
S. Amaro	4h 44min	5h 26min	14,79	7,59	1,50	- 80,24
Média	5h 17min	6h 31min	26,22	4,26	1,03	- 75,76

Fonte: Dados da Pesquisa.

Ao serem questionados sobre os principais fatores que, eventualmente, contribuíram para as alterações ambientais ocorridas na última década na região, os pescadores apontaram apenas aqueles relacionados ao local onde conviviam. Eles não tinham noção de que o estoque de biomassa, em seus locais de pesca, pudesse ser afetado por fatores ocorridos em outros locais. Neste caso, suas percepções em relação às mudanças ambientais eram muito localizadas. A tabela 3 apresenta, em ordem de importância, as principais variáveis citadas pelos pescadores que, em suas opiniões, impedem o desenvolvimento do recurso.

As comunidades de Charqueadas e Santo Amaro indicaram como problema principal a presença da barragem. Os pescadores do primeiro município alegam que a barragem impede o livre trânsito dos cardumes; os do segundo, por realizarem a atividade no interior do lago propiciado pela barragem, apontam o péssimo estado de conservação de algumas comportas, que reduz significativamente o nível da água no período de desova, dificultando a regeneração do estoque, bem como causando a morte de peixes nos banhados antes alagados.

**Tabela 3**  
**VARIÁVEIS AMBIENTAIS APONTADAS PELOS PESCADORES**  
**COMO CAUSADORAS DA REDUÇÃO DA QUANTIDADE CAPTURADA**  
**NA REGIÃO CARBONÍFERA DO RS - 1995**

Ítems	Charqueadas		São Jer.		G. Câm.		S. Amaro	
	1º (%)	2º (%)	1º (%)	2º (%)	1º (%)	2º (%)	1º (%)	2º (%)
Extração de areia	-	-	31,25	25,00	-	-	-	-
Excesso de pesca	6,66	13,33	37,25	-	25,00	16,66	21,43	14,28
Bombas de irrigação	-	-	12,50	6,25	16,66	8,33	-	35,71
Defensivos agrícolas	20,00	13,33	31,25	6,25	16,66	16,66	7,14	-
Presença de barragem	46,66	20,00	12,50	6,25	33,33	8,33	71,43	21,43
Poliuição(1)	26,66	33,33	6,25	6,25	-	16,66	-	-
Não sabe	-	-	6,25	-	8,33	-	7,14	-

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: (1) - Considera-se poluição industrial e urbana.

Em Charqueadas, por ter o maior setor industrial dos municípios pesquisados, os pescadores apontaram a descarga de efluentes industriais e urbanos sem tratamento no rio como o segundo fator a afetar o estoque do recurso.

A comunidade de São Jerônimo indicou em primeiro lugar o excesso de pesca como redutor do nível de captura e, por presenciarem diariamente a extração de areia do leito do rio Jacuí, bem como, existir na região algumas grandes lavouras de arroz, também mencionaram estas atividades como prejudiciais para a manutenção e crescimento do estoque.

Outra variável ambiental que não está contida na tabela citada, que é relevante para a atividade pesqueira, principalmente nos municípios de Charqueadas e São Jerônimo, é a exploração do carvão mineral. Quando questionados se esta atividade tem efeitos negativos na manutenção e crescimento do estoque do recurso, 53,34% dos pescadores de Charqueadas e 64,71% dos pescadores de São Jerônimo disseram que não, sendo que, nesta última, 11,76% não souberam responder.

Quanto ao uso de material de pesca, pode-se observar que houve uma intensificação do mesmo. Na comunidade de Santo Amaro, 93,4% dos pescadores entrevistados utilizam atualmente, em média, 180% mais equipamentos - redes e espinhéis, do que usavam em 1985. Este resultado, em proporções diferentes, é válido para as demais comunidades. Além disso, constatou-se que houve uma tendência de se utilizar redes com malhas cada vez menores. Dos pescadores que usam este equipamento, 50% utilizam malhas já no limite mínimo permitido pelo IBAMA.

As informações quanto à evolução do número de pescadores não permitiram que se chegasse a um resultado consensual. Enquanto alguns entrevistados achavam que o número de pescadores tinha aumentado na última década, outros afirmavam o contrário. Apenas os pescadores de Santo Amaro foram consensuais ao afirmarem que a massa populacional de pescadores mais do que dobrou na última década.

Na tabela 4 estão listados os valores estimados para a renda bruta média auferida, por pescador, nas comunidades investigadas e para os anos observados. Como era esperado, a redução do volume pescado refletiu-se no montante da renda auferida pelos pescado-

res. A maior perda, 77,32%, foi constatada para os pescadores de Santo Amaro e a menor, cerca de 57,55%, para os de Charqueadas, ambas comunidades desenvolvem suas atividades no rio Jacuí. É interessante ressaltar que a comunidade que apresentou a maior perda de renda no período, Santo Amaro, encontra-se fora da região de extração e depósito de rejeitos do carvão. Este resultado nos impede de relacionarmos diretamente a redução do nível de captura com a poluição oriunda da extração do carvão.

**Tabela 4**  
**RENDA BRUTA MÉDIA MENSAL E RENDA BRUTA MÉDIA**  
**POR UNIDADE DE ESFORÇO DE PESCA, POR PESCADOR,**  
**NA REGIÃO CARBONÍFERA DO RS - 1985 E 1995**

Comunidade	Renda Bruta Média mensal 1985 (US\$)	Renda Bruta Média mensal 1995 (US\$)	Taxa % de variação da Renda Bruta Média mensal	Renda Bruta Média por unid. de esforço de pesca 1985 (US\$/h)	Renda Bruta Média por unid. de esforço de pesca 1995 (US\$/h)	Taxa % de variação da Renda Bruta Média por unid. de esforço de pesca
Charqueadas	692,30	293,90	- 57,55	5,33	1,70	- 68,04
S. Jerônimo	748,76	237,33	- 68,30	6,34	1,30	- 79,43
G. Câmara	685,67	254,92	- 62,82	3,84	1,40	- 63,33
S. Amaro	1.157,34	262,38	- 77,32	9,41	1,86	- 80,24
Média	821,02	262,13	- 68,07	6,23	1,56	- 74,96

Fonte: Dados da Pesquisa.

## CONCLUSÃO

Quando o recurso natural tem como característica o livre acesso e propriedade comum, normalmente muitos usuários entrarão na atividade para explorá-lo economicamente, enquanto este propiciar algum benefício. Isto também é válido para a atividade pesqueira desenvolvida ao longo dos rios e lagos de domínio público. A presença de novos pescadores, bem como a intensificação na exploração do recurso tendem a elevar a captura e, se esta superar a capacidade de regeneração - taxa de crescimento - ocorrerá a sobre-exploração e o estoque de peixes gradativamente diminuirá até o ponto em que poderá se exaurir. Porém, não é somente a intensidade de exploração do recurso que pode provocar a reversão de seu fluxo e, eventualmente, sua exaustão. Mudanças drásticas no ambiente em que o mesmo se reproduz também podem ser responsáveis pela redução ou exaustão do seu estoque. A conjugação destes fatores parece ter sido a responsável pela redução que vem ocorrendo no estoque de peixes disponível nos principais rios da Região Carbonífera do Estado do Rio Grande do Sul.

A pesquisa mostrou que, na última década, houve um aumento significativo no esforço de pesca na região, seja através da intensificação das horas trabalhadas ou da tecnologia empregada. Ficou comprovado, também, que ocorreram e ainda estão ocorrendo, mudanças adversas no ambiente onde o recurso se desenvolve. Entre os elementos apontados pelos pescadores como causadores desta degradação ambiental merece-

ram destaque a poluição das águas provocada pelos efluentes industriais e residenciais; a extração de areia do leito dos rios; a construção e má conservação de complexos reguladores da navegação (barragem) ao longo dos rios; o bombeamento de água para irrigação e a poluição das águas pelos agrotóxicos usados nas lavouras. Assim, a persistente queda detectada na quantidade capturada de peixes ao longo dos anos, seja em volume global ou por unidade de esforço de pesca, espelha a interferência deste conjunto de fatores sobre o desenvolvimento deste recurso natural. Estas informações indicam, também, que o estoque deste recurso está caminhando para um estado de exaustão.

A evolução na quantidade de peixes capturados na década observada mostra que a possibilidade dos pescadores da região obterem, através de sua atividade, uma renda adequada ao sustento familiar está cada vez mais limitada. Valendo-se dos resultados da pesquisa, o declínio na renda dos pescadores nas diferentes comunidades pode ser explicado por dois enfoques teóricos distintos. Convém utilizar-se a “economia dos recursos naturais” quando sua redução é explicada via a intensificação do uso do recurso (sobre-exploração). Ao explicá-la por influências externas, não geradas pelos pescadores, no meio ambiente, utiliza-se a “economia da poluição”. No primeiro caso, cada pescador que ingressar na atividade, bem como os que já atuam ao elevarem o esforço de pesca ou o montante de equipamentos, estarão reduzindo o estoque de peixes disponível no futuro para si e para os demais, ou seja, estão gerando uma externalidade negativa recíproca. Interferências no ambiente por atividades produtivas ou não, que limitam o desenvolvimento e a reprodução da biomassa demonstram o segundo grupo. Neste caso, os agentes produtivos estão impondo externalidades negativas aos pescadores, repercutindo em perda de bem-estar.

Neste contexto, a redução gradativa do estoque de peixes disponível na natureza induz os pescadores, no intuito de manterem constante o nível de renda, a elevarem tanto o esforço de pesca como a quantidade de equipamentos utilizados. O resultado desta tentativa é falho, pois tais atitudes somente contribuem para diminuir ainda mais o estoque e, conseqüentemente, a taxa de crescimento da população de peixes, criando-se um círculo vicioso.

A reversão deste quadro é a alternativa para salvar o futuro da atividade pesqueira na região pois, caso contrário ela estará seriamente comprometida. Como solução, no campo da economia dos recursos naturais, sugere-se o maior controle no material de pesca utilizado pelos pescadores, limitar a entrada de novos pescadores e intensificar a fiscalização no período de piracema. Sob a ótica da economia da poluição deve-se, obrigatoriamente, intensificar a fiscalização das atividades produtivas que geram os impactos ambientais. Este conjunto de atividades preventivas que envolve os pescadores e demais agentes produtivos que atuam na região, contribuirá para que ocorra a internalização das externalidades por seus respectivos geradores.

Portanto, para reverter a tendência de exaustão do recurso natural sugere-se o “controle e gerenciamento ambiental”. Este procedimento contribuirá positivamente para o pleno desenvolvimento biológico do recurso, corroborando para a reversão deste quadro de possível exaustão. Neste sentido, os próprios pescadores e o conjunto de atividades citadas por eles como possíveis causadoras da redução da piscosidade são, neste caso, as atividades que merecem maior atenção dos órgãos responsáveis pela fiscalização ambiental no Estado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CÁNEPA, Eugênio M. Economia do meio ambiente e dos recursos naturais. In: SOUZA, Nali de J. de (Org.) *Introdução à economia*. São Paulo: Atlas, 1996, cap.16, p.413-38.
- BOGO, Jorge. La regulacion de la actividad pesqueira: una propuesta de cambio de politica. *Desarrollo económico*, Buenos Aires, v.33, n.132, p.41-62, enero/marzo, 1994.
- HOWE, Charles W. *Natural resource economics: issues, analysis, and policy*. New York: John Wiley & Sons, 1979.
- PEARCE, David W. TURNER, R. Kerry. *Economics of natural resources and the environment*. New York: Harvester Wheatsheaf, 1990.
- TIETENBERG, Tom. *Environmental and natural resource economics*. 3.ed. New York: Harper Collins Publishers, 1992.
- TURNER et all. *Environmental economics: an elementary introduction*. New York: Harvester Wheatsheaf, 1994.

# FREQÜÊNCIAS DE DEFEITOS CONGÊNITOS EM REGIÃO CARBONÍFERA: UM ESTUDO NO RIO GRANDE DO SUL

Júlio César Loguércio Leite  
Lavinia Schüler  
Erica Tatto  
Cíntia Acosta Melo  
Andréia da Silva Nunes  
Suzan L. Brandão  
Roberto Giugliani

## INTRODUÇÃO

Os dados internacionais relacionados à teratogenicidade do carvão são escassos e a maioria envolve estudos experimentais. O carvão contém uma variedade de hidrocarbonetos, nitrogênio e compostos sulfurados, bem como traços de material inorgânico. A exposição ocorre frequentemente sob a forma de cinzas volantes ("fly ash"). Um único estudo aponta para um aumento de aberrações cromossômicas em mineiros (2).

A possibilidade de efeitos deletérios de fatores ambientais sobre o embrião ou feto em desenvolvimento é uma questão que vem sendo frequentemente levantada ao longo deste século. Os efeitos teratogênicos das radiações ionizantes foram relatados em 1920, os da rubéola congênita em 1941, os da aminopterina em 1952 e os da talidomida em 1961 (KALTER e WARKANY, 1983). Especificamente, a apreensão com o papel dos agentes químicos ambientais tornou-se mais aguda após a observação dos efeitos danosos do metilmercúrio no episódio da contaminação dos peixes na baía de Minamata, e dos bifenis policlorinados nos episódios de intoxicação no Japão e Tailândia.

Embora esta discussão acerca dos poluentes ambientais tenha crescido signifi-

cativamente nos últimos anos, ainda não está claro o quanto as exposições crônicas às substâncias químicas tóxicas, presentes no ambiente, ocorrem em doses suficientes para produzir efeitos deletérios na prole.

A comprovação da teratogenicidade de uma substância ou, por outro lado, a afirmação de sua segurança sobre o feto não é uma tarefa simples. Embora um grande número de produtos químicos seja capaz de induzir malformações em animais (cerca de 1200), não mais que 40 são comprovadamente teratogênicos no homem (SHEPARD, 1992). Este dado não significa que os demais sejam seguros, refletindo antes a dificuldade da investigação em humanos.

Assim sendo, para que um agente seja considerado teratogênico, uma avaliação abrangente envolvendo estudos experimentais em animais, evidências epidemiológicas consistentes e conhecimento de mecanismos embriogênicos, deve ser realizada.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Nosso estudo é descritivo, histórico e de base hospitalar. Foram revisados 10.165 prontuários de crianças nascidas no hospital da cidade de São Jerônimo no período de 11 anos que vai de janeiro de 1985 a dezembro de 1995.

Os dados foram transcritos em uma folha previamente criada a partir da já utilizada pelo Programa de Monitorização de Defeitos Congênitos do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, vinculado ao Estudo Colaborativo Latino Americano de Malformações Congênitas (ECLAMC), na qual informações sobre: idade materna, ordem de gravidez, procedência, sexo, dados antropométricos e um campo específico para descrição da malformação serviram de base para a formação de um banco de dados.

Foram comparadas as frequências de sete defeitos congênitos selecionados por sua importância clínica e biológica entre os municípios que compreendem a região. A inclusão da síndrome de Down na amostra serviu como um fator medidor da qualidade dos dados obtidos.

Foi realizada a comparação das características demográficas da amostra do hospital de São Jerônimo com as de outras regiões do Brasil (tabela 10).

As malformações e o respectivo Código Internacional de Doenças utilizadas neste trabalho foram:

55112	ONFALOCELE
55115	GASTROSQUISE
7400	ANENCEFALIA
7420	HIDROCEFALIA
7430	CEFALOCELES
7490A	FENDA PALATINA
749/A	LÁBIO LEPORINO
7593	SÍNDROME DE DOWN

## RESULTADOS

Os resultados obtidos neste estudo estão resumidos nas 11 tabelas a seguir :

**Tabela 1**  
IDADE MATERNA (AMOSTRA TOTAL)

<15	50	0.49%
15-19	1,745	17.17%
20-24	2,989	29.40%
25-29	2,482	24.42%
30-34	1,600	15.74%
35-39	758	7.46%
40-44	210	2.07%
>= 45	23	0.23%
PERDIDOS	308	3.03%
TOTAL	10,165	100.00%

**Tabela 2**  
IDADE MATERNA AVANÇADA (> =35 A) X MF\*

IDADE	N	%	C/ MF	%
< 35 ANOS	8,866	87.22	26	74.29%
>= 35 ANOS	991	9.75	9	27.71%
PERDIDOS	308	3.03	0	0
TOTAL	10,165	100.00	35	100.00%

\* n° crianças malformadas

**Tabela 3**  
FREQÜÊNCIA DE GESTAÇÕES

GESTA 1	3,402	33.47%
GESTA2	2,791	27.46%
GESTA 3	1,634	16.07%
GESTA 4	861	8.47%
GESTA 5	388	3.82%
GESTA > 5	566	5.57%
PERDIDOS	523	5.15%
TOTAL	10,165	100.00%

**Tabela 4**  
Nº DE NASCIMENTOS X MORTALIDADE X ORDEM DE GRAVIDEZ

	TOTAL	%	G 1	%	G>=4	%
NATIVIVOS	10,011	98.48	3,360	33.05	1,769	17.40
NATIMORTOS	124	1.22	34	1.00	40	2.04
PERDIDOS	30	0.30	3	0.09	6	0.33
TOTAL	10,165	100.00	3,397	33.42	1,815	17.40

**Tabela 5**  
SEXO

FEMININO	4,849	47.70%
MASCULINO	5,265	51.80%
PERDIDOS	51	0.50%
TOTAL	10,165	100.00%

**Tabela 6**  
BAIXO PESO (<2500g) X NATIMORTALIDADE

	N<2500	%	%/TOTAL NASC
NATIVIVOS	629	94.59	6.19
NATIMORTOS	34	5.11	0.33
PERDIDOS	2	0.30	0.02
TOTAL	665	100.00	6.54

**Tabela 7**  
MALFORMAÇÕES X NATIMORTALIDADE

NATIVIVOS	35	100.00%
NATIMORTOS	0	0%
PERDIDOS	0	0%
TOTAL	35	100.00%

**Tabela 8**  
Nº. DE CRIANÇAS MALFORMADAS

MF CARVAO	35	0.34%
OUTRAS MF	235	2.31%
SEM MF	9,486	93.32%
PERDIDOS	409	4.02%
TOTAL	10,165	100.00%

**Tabela 9**  
NASCIMENTOS POR PERÍODO

1985	1,069	10.52%
1986	1,006	9.90%
1987	1,093	10.75%
1988	1,122	11.04%
1989	1,077	10.60%
1990	1,039	10.22%
1991	1,019	10.02%
1992	696	6.85%
1993	632	6.22%
1994	667	6.56%
1995	745	7.33%
TOTAL	10,165	100.00%

**Tabela 10**  
CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

Características demográficas	São Jerônimo		Resto
	N	%	
Nascimentos	10,165		389,618
Nascidos vivos	10,011	98.48	382,419
Nascidos mortos	124	1.22	1.85
Mortos à alta	ignorado		1.49
Mortalidade perinatal	ignorado		3.34
Razão sexual masculina	5,265	51,80	51.19
Idade materna >= 35 anos	991	9.75	10.64
Primíparas	3,402	33.47	34.85
Múltiparas >= 4	1,815	17.85	20.29
Peso ao nascer <= 2500gr	665	6.54	13.38
Taxa de autópsia	ignorado		34.90
Gemelaridade	ignorado		2.32
Malformados vivos	35	3,49	3.69
Malformados mortos	0	0	6.04

**Tabela 11**  
**CLASSIFICAÇÃO DA MF X PROCEDÊNCIA**

Procedência	Nasc	%	MF 1	MF 2	MF 3	MF 4	MF 5	MF 6	MF 7	MF 8	TotMF	%MF/Tot MF	%MF/Pop Proc
Atroto dos Ratos			0	0	1	1	0	0	0	1	3		0.38
Charqueadas		23.48	0	0	1	3	0	2	1	3	10	22.22	0.42
São Jerônimo	3,693	36.33	0	0	0	2	4	3	1	2	12	26.67	0.32
Minas do Butiá	1,916	18.85	0	1	1	2	4	3	3	3	17	37.78	
Minas do Leão	591		1	0	0	0	0	0	0	1	2	4.44	0.34
Barão do Tuiunfo	297	2.92	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2.22	0.34
Guaíba/Eldorado do Sul		0.89	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Poa/Grande Poa			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Indeterminado		3.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	10,165	100.0	MF1	1	3	8	8	9	5	10	45*		
%MF/Tot MF			2.22	2.22	6.67	17.78	17.78	20.00	11.11	22.22	100.0		

\* N° total de MF e não de crianças malformadas

Legenda: MF1 ONFALOCELE  
 MF2 GASTROSCUISE  
 MF3 ANENCEFALIA  
 MF4 HIDROCEFALIA  
 MF5 CEFALOCELE  
 MF6 FENDA PALATINA  
 MF7 LÁBIO LEPORINO  
 MF8 SÍNDROME DE DOWN

## COMENTÁRIOS

Não se observaram diferenças nas características demográficas dos nascimentos de São Jerônimo com relação às outras regiões comparadas (tabela 10). A diferença quanto ao peso ao nascer talvez deva-se ao tamanho da amostra. Os valores "resto" referem-se a dados obtidos do ECLAMC (3).

Não se observaram aumentos nas frequências das malformações para a região quando comparadas aos dados do ECLAMC obtidos em região próxima (Montenegro). Um leve aumento na frequência de Hidrocefalia e Cefalocele foi observado na região. Este aumento já havia sido detectado em estudo anterior realizado pelo ECLAMC em município vizinho, tendo sido estatisticamente não significativo.

Quando comparamos os municípios da região entre si, observamos uma maior frequência de malformados provenientes de Butiá. Estes dados deverão ser analisados com mais cautela já que o tamanho da população envolvida ainda é pequeno (tabela 11).

O número de crianças com a síndrome de Down é o esperado para a população, que é em torno de 1/1000 nascimentos. Não houve aumentos temporais graduais nem epidêmicos nas frequências dos sete defeitos congênitos. Para uma média de mil nasci-

mentos por ano espera-se ao acaso, segundo uma distribuição de Poisson, de zero a cinco casos por ano para uma malformação com uma frequência de 10/10.000 nascimentos. Nenhuma malformação ocorreu com frequência superior a cinco casos por ano.

## CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Não foram observados aumentos nas frequências nas oito malformações no hospital de São Jerônimo que serviu como referencial para a coleta dos dados. A qualidade destes dados, os melhores registros de nascimentos comparados com os outros hospitais da região, sugerem que não temos evidências de ação teratogênica de um contaminante ambiental no município.

As seguintes sugestões são levantadas:

- Implantação de programas de monitorização de defeitos congênitos nos hospitais da região, visando a obtenção de dados de qualidade que permitirão a vigilância prospectiva de prováveis agentes ambientais;
- Treinamento dos profissionais de saúde destes municípios com vistas à detecção de defeitos congênitos em recém-nascidos na região;
- Um monitoramento prospectivo das crianças nascidas no hospital de Butiá para confirmação ou não das alterações congênitas detectadas nos nascimentos provenientes deste município.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTILLA, E.; CAMPAÑA, H.; CAMELO, J. L. *Vigilância epidemiológica para os municípios de Montenegro e Triunfo*. Estudo colaborativo latino-americano de malformações congênitas, 1995.
- KALTER, H.; WARKANY, J. Congenital Malformations. *N. Engl. Med.*, n.308, p.424-31, 1983.
- REPRODUCTIVE Toxicity Review (REPROTOX), 1996.
- SCHNEIDER, A.W. Contribuição ao estudo dos principais recursos minerais do Rio Grande do Sul. Companhia Rio-Grandense de Mineração. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1978.
- SHEPARD, T. H. Catalog of teratogenic agents. The Johns Hopkins University Press. 7.ed. 1992.
- SRAM, R. J. et al.; Chromosomal abnormalities in soft coal open-cast mining workers. *Mutation Research*, n.144, p.271-275, 1985.

# **AVALIAÇÃO DO EFEITO DO USO DO CARVÃO EM SAÚDE PÚBLICA: BIOINDICAÇÃO ENZIMÁTICA E MONITORAMENTO DE METAIS PESADOS EM SANGUE HUMANO**

Maria Teresa Raya Rodriguez  
Stella Maris Leonardi  
Liege Abel  
Paulo Duro  
Carla Ruschel  
Fernanda Abreu dos Santos

## **INTRODUÇÃO**

Este estudo tem por principal objetivo o estabelecimento de valores médios e extremos na concentração de Pb, Cd, Cr, Mn, Cu, Zn e Ni em sangue humano de habitantes hígidos da região de Charqueadas - São Jerônimo e aplicar a metodologia da atividade da enzima d-ALA-D como bioindicador do efeito de metais pesados sobre a população acima referida.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **COLETA DE AMOSTRAS**

Foram realizadas seis saídas a campo na área de Charqueadas - São Jerônimo para coleta de material. Esta coleta foi organizada de duas maneiras, uma amostragem funcional (funcionários de uma mesma empresa com atividade sabidamente não expos-

tas a metais) e uma amostragem de conveniência (indivíduos hígidos escolhidos aleatoriamente entre a população da região).

As datas das coletas efetuadas com o devido número de habitantes amostrados foram:

#### I - Amostragem funcional

- a) Data: 22.06.93  
Empresa: COPELMI - Charqueadas  
Número de amostras: 42
- b) Data: 15.07.93  
Empresa: CEEE - São Jerônimo  
Número de amostras: 33
- c) Data: 22.10.93  
Empresa: ELETROSUL - São Jerônimo  
Número de amostras: 47

#### II - Amostragem de conveniência

- a) Data: 02.07.93  
Empresa: Banco de Sangue do Hospital de São Jerônimo  
Número de amostras: 44
- b) Data: 29.07.93  
Empresa: Laboratório de Análises Ltda. - São Jerônimo  
Número de amostras: 41
- c) Data: 24.08.93  
Empresa: Laboratório de Análises Ltda. - São Jerônimo  
Número de amostras: 31

#### III - Número total de amostras de sangue coletadas: 238

Para cada amostra coletada era preenchido um formulário onde constam os seguintes dados: Nome, sexo, idade, altura, peso, profissão, endereço residencial, endereço profissional e histórico de doenças.

As amostras de sangue heparinizado eram resfriadas logo após a coleta e trazidas imediatamente para laboratório onde processava-se no mesmo dia a determinação do parâmetro enzimático e procediam-se as diluições com Triton X-100 para análise posterior de metais pesados.

### **Determinação dos elementos-traço por espectrofotometria de absorção atômica**

A espectrofotometria de absorção atômica vem sendo amplamente empregada para a determinação de elementos-traço em material biológico. Para a obtenção dos

baixos limites de detecção necessários, esta técnica possui diferentes configurações analíticas, utilizando sempre o mesmo equipamento básico (RUBESKURA, 1988 e BEATTY, 1978).

Para cada elemento analisado variam as condições de operação do equipamento e as técnicas de atomização, que podem ser: chama ar-acetileno (FAAS) e forno de grafite (GFAAS).

Testes de exatidão são realizados através da análise de material de referência certificado e pela participação em programas de controle de qualidade interlaboratoriais.

Neste trabalho utilizou-se o Espectrofotômetro de Absorção Atômica PERKIN ELMER, modelo 2380 equipado com atomização em chama, Forno de Grafite HGA 400 e Amostrador Automático AS40. Para obtenção dos dados analíticos, utilizou-se impressora modelo PRS-10. As técnicas específicas para cada metal analisado são descritas a seguir.

### **Atomização eletrotérmica em forno de grafite**

Os elementos-traço que foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica com forno de grafite são cádmio, manganês, cromo, níquel e chumbo. O equipamento é calibrado num comprimento de onda, fenda e concentração da curva analítica que dependem do elemento-traço a ser determinado (PERKIN ELMER, 1982). Foram utilizadas lâmpadas de descarga sem eletrodos para cádmio e chumbo (Electrodeless Discharge Lamp) e lâmpadas de cátodo oco para cobre, níquel, manganês e cromo.

Calcula-se através da curva padrão a Massa Característica do elemento-traço, ou seja, a massa do analito que produz uma absorbância de 0,0044, para verificação da sensibilidade de análise. Provas em branco são testadas a cada dez leituras e as amostras são determinadas em duplicata.

A metodologia de atomização utiliza o conceito STPF (Stabilized Temperature Platform Furnace), essencial para obtenção de correlações reproduzíveis entre a massa de analito e o sinal gerado de absorbância (SCHLEMMER, 1988).

Para este fim, vários parâmetros interagem de modo a minimizar as interferências durante a atomização (YIN e outros., 1987; SCHLEMMER e WELZ, 1986; SLAVIN e MANNING, 1980 e HINDERBERGER e outros, 1981):

- utilização de um modificador químico;
- correção contínua de sinal de absorção não específica;
- quantificação por área de pico;
- uso de tubos de grafite pirolíticos com plataforma de L'Vov;
- alcance instantâneo de temperatura de atomização;
- etapa de atomização sem fluxo interno de gás inerte (argônio).

A tabela 1 reúne as condições de operação do equipamento necessárias para cada elemento-traço analisado.

**TABELA 1**  
**CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO**  
**PARA DETERMINAÇÃO DE Cd, Mn, Cu, Cr, Ni e Pb POR GFAAS**

Parâmetros	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Mn
Comprimento de onda (nm)	228,8	324,7	357,9	232,0	283,3	279,5
Fenda (nm)	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2
Modificador químico	0,010mgMg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	---	0,05mg Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,05mgMg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,2mgPO <sub>4</sub>	---
Temperatura de Pirolyse (°C)	800	1.000	1650	1.400	700	1.200
Temperatura de Atomização (°C)	2.000	2.500	2.500	2.500	2.500	2.200
Volume de amostra (ml)	20	20	20	20	20	20
Limite de detecção (mg/l)	0,003	0,02	0,01	0,2	0,05	0,01

## ATOMIZAÇÃO EM CHAMA

A determinação de zinco é realizada por atomização em chama ar-acetileno, cujo limite de detecção é 0,8 mg/l (PERKIN ELMER, 1982).

O instrumento é calibrado num comprimento de onda de 213,9 nm com fenda de 0,7 nm utilizando-se lâmpada de cátodo oco e aplicando-se uma corrente de 25 mA. Soluções padrão de 10, 50, 100 e 250 mg/l de Zn preparadas diariamente em HNO<sub>3</sub> diluído constituem a curva de padronização.

O sistema nebulizador com pérola de vidro e queimador é ajustado no caminho ótico e a composição da chama ajustada com a solução teste de sensibilidade que gera uma absorbância de 0,200.

Provas em branco, duplicatas das amostras e correção de fundo possibilitam a avaliação dos problemas de interferência e de contaminação.

## δ-ALA-DEIDRATASE DE ERITRÓCITO HUMANO

Como fonte enzimática utilizou-se sangue venoso heparinizado de adultos voluntários considerados hígidos, conforme a ficha de coleta.

O sangue total foi hemolisado com água deionizada numa proporção de 1:4 (sangue/água) e, imediatamente colocado em banho de gelo.

A técnica para a determinação de atividade da δ-ALA-Deidratase foi essencialmente a proposta pelo Conselho da Comissão da Comunidade Européia, KOM (1975). Foi adaptada para as nossas condições de trabalho quanto aos volumes usados, BELLINASSO (1985).

Quando se estudou o efeito do DTT ditioneitol (13,3mM) sobre a enzima, o mesmo foi pré-incubado juntamente com o material enzimático, de acordo com o esquema da tabela 2.

**Tabela 2**  
**ENSAIO DA MEDIDA DA ATIVIDADE**  
**DA  $\delta$ -ALA DEIDRATASE DE ERITRÓCITO HUMANO**

	Banco (ml)	Ensaio (ml)
H <sub>2</sub> O deionizada	0,28	0,28
Sangue diluído 1:4 (V/V)	0,10	0,10
<b>Pré-incubação - 10 min, 37°C</b>		
TCA-HgCl <sub>2</sub>	0,25	-
$\delta$ -ALA tamponado pH 6,4	0,25	0,25
<b>Incubação - 60 min, 37°C</b>		
TCA-HgCl <sub>2</sub>	-	0,25
<b>Centrifugação 3000g - 10 min.</b>		
Alíquota sobrenadante	0,5	0,5
H <sub>2</sub> O deionizada	0,5	0,5
Reativo de Ehrlich	1,0	1,0
<b>Tempo (estabilização - cor) - 5 min.</b>		
<b>Absorbância a 555 nm</b>		

Com os dados das atividades enzimáticas calculou-se para cada amostra o parâmetro denominado  $\Delta\%$  (deltapercentual), que representa a atividade residual da enzima  $\delta$ -ALA-D. Tomando-se como base (100%) a atividade da enzima com adição de DTT, a diferença percentual entre esta atividade e a obtida conforme a técnica padrão (sem DTT), representa o parâmetro enzimático bioindicador  $\Delta\%$  (delta %).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores encontrados para os metais Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni, Mn e para o parâmetro enzimático D% encontram-se tabelados em Anexo.

No tratamento estatístico destes resultados (Tabela 3) calculou-se a média das concentrações de cada parâmetro avaliado e o desvio padrão por tipo de amostragem (de conveniência e funcional). Também foi realizado esta estatística para a totalidade das amostras, chamada neste caso de amostragem geral.

**Tabela 3**  
MÉDIA E DESVIO-PADRÃO DAS ANÁLISES DE METAIS PESADOS  
E BIOINDICAÇÃO ENZIMÁTICA EM SANGUE HUMANO  
DA REGIÃO DE CHARQUEADAS - SÃO JERÔNIMO

AMOSTRAGENS	DE CONVENIENCIA		FUNCIONAL		GERAL	
	N = 116		N = 122		N = 238	
	Média	Des. - P	Média	Des. - P	Média	Des. - P
Cu (mg/l)	0,61	0,17	0,59	0,13	0,60	0,15
Pb (mg/dl)	20,1	3,4	19,9	3,2	20,0	3,3
Zn (mg/l)	5,5	2,1	5,5	1,3	5,5	1,8
Cd (mg/l)	2,9	0,72	2,8	0,69	2,8	0,71
Cr (mg/l)	5,0	1,7	3,8	1,0	4,4	1,5
Ni (mg/l)	4,8	1,3	4,4	1,2	4,6	1,2
Mn (mg/l)	10,1	3,5	10,7	3,6	10,4	3,5
Delta %	25,5	8,8	24,8	8,8	25,2	8,8

Desta avaliação verificou-se estatisticamente, que não existem diferenças significativas ( $\alpha=0,05$ ) entre as médias das concentrações de cada parâmetro estudado para os dois tipos de amostragem (funcional e convencional). Desta forma, a média da amostragem geral pode representar a totalidade das coletas realizadas como valores de referência, ALESIO *et alii* (1991) e APOSTOLI e ALESIO (1991).

A aplicação da metodologia da atividade residual da enzima d-ALA-D utilizando-a como bioindicador do efeito de metais pesados sobre as amostras de sangue humano coletadas (D%), pode ser visualizada pelas figuras onde se contrasta, para cada amostra, a concentração determinada para cada metal com o parâmetro enzimático obtido. Os gráficos estão representados na Figura 1 para Cu, Figura 2 para Pb, Figura 3 para Zn, Figura 4 para Cd, Figura 5 para Cr, Figura 6 para Ni e Figura 7 para Mn.

Verifica-se, com excessão do Cu, uma tendência clara de correlação positiva entre a bioindicação enzimática e a presença do metal pesado.

Os valores médios das concentrações de metais pesados em amostras de sangue humano da região de Charqueadas - São Jerônimo foram comparadas com as obtidas para população urbana de Porto Alegre AMAZARRAY e outros (1989) e com as atividades mundiais relacionadas por TSALEV (1984), Tabela 4.

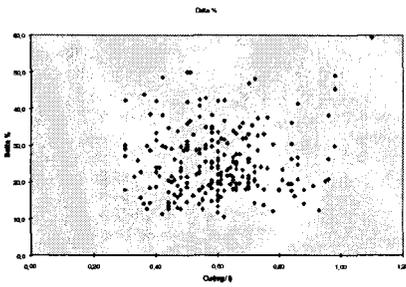


Figura 1 - Cobre em sangue humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

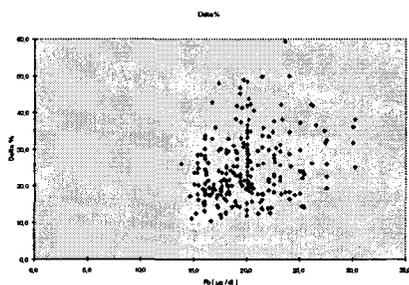


Figura 2 - Chumbo em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

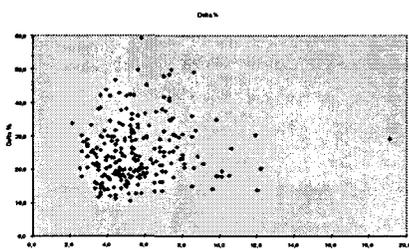


Figura 3 - Zinco em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

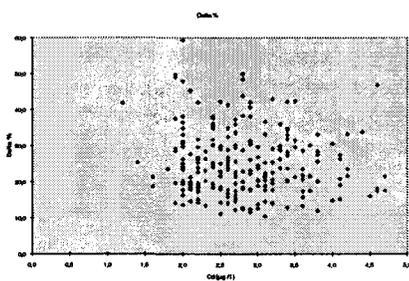


Figura 4 - Cádmiio em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas e São Jerônimo

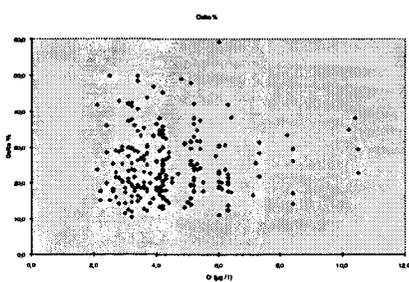


Figura 5 - Cromo em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

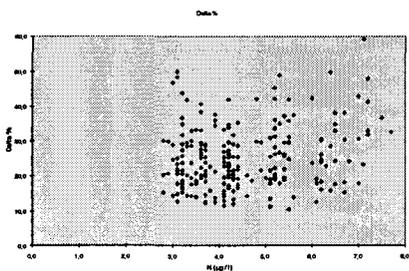


Figura 6 - Níquel em Sangue Humano e bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

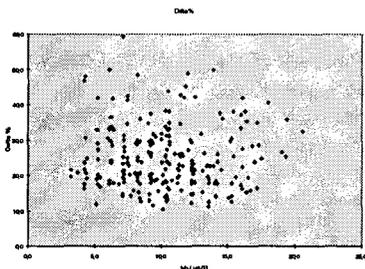


Figura 7 - Manganês em Sangue Humano e-bioindicação enzimática da região de Charqueadas - São Jerônimo

**Tabela 4**  
QUADRO COMPARATIVO DAS MÉDIAS OBTIDAS NESTE PROJETO  
PARA METAIS PESADOS EM SANGUE HUMANO

AMOSTRAGENS	PROJETO 1993 N = 238	PORTO ALEGRE 1989/90 N = 296	TSALEV MÉDIA MUNDIAL
Cu (mg/l)	0,60 + 0,15	0,76 + 0,18	0,64 - 1,31 (1,0)
Pb (mg/dl)	20,0 + 3,3	21,1 + 5,3	7,0 - 20,0 (12,5)
Zn (mg/l)	5,5 + 1,8	4,9 + 1,2	2,6 - 11,2 (5,7)
Cd (mg/l)	2,8 + 0,71	5,1 + 1,7	2,0 - 6,0 (3,8)
Cr (mg/l)	4,4 + 1,5	6,8 + 4,3	2,0 - 6,0 (2,9)
Ni (mg/l)	4,8 + 1,2	5,9 + 2,2	2,9 - 7,0 (4,8)
Mn (mg/l)	10,4 + 3,5	10,1 + 5,4	3,8 - 15,1 (9,0)

Verifica-se que as médias obtidas de metais pesados na amostragem geral realizada na região de Charqueadas - São Jerônimo encontram-se dentro dos limites de normalidade mundialmente aceitos. Também as médias obtidas se situam dentro do intervalo de concentrações obtido na amostragem da população urbana normal de Porto Alegre.

O parâmetro enzimático (D%) também foi comparado com a média obtida na amostragem de Porto Alegre (Tabela 5).

**Tabela 5**  
QUADRO COMPARATIVO DE BIOINDICAÇÃO ENZIMÁTICA (D%)

	Charqueadas - São Jerônimo	Porto Alegre 1989/90
$\Delta\%$	25,2 + 8,8	30,1 + 12,4

Verifica-se que as médias obtidas nas amostragens de Charqueadas - São Jerônimo e de Porto Alegre para a bioindicação enzimática encontram-se num mesmo intervalo de gradença, o que estaria indicando que ambas as populações avaliadas não demonstram, em nível enzimático, efeito deletério proveniente da presença de metais pesados em sangue humano.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho possibilitam concluir que:

– Os valores de referência (nível de inidicação na população em geral não ocupacional exposta)) para os metais pesados estudos em sangue humano da região de Charqueadas - São Jerônimo (RS) são:

Cu:	0,60	±	0,15 mg/l
Pb:	20,0	±	3,3 mg/l
Zn:	5,5	±	1,8 mg/l
Cd:	2,8	±	0,71 mg/l
Cr:	4,4	±	1,5 mg/l
Ni:	4,6	±	1,2 mg/l
Mn:	10,4	±	3,5 mg/l

Estes valores de referência constituem a base fundamental para estudos ecotoxicológicos destes poluentes, já que estes índices podem variar de continente a continente, bem como entre localidades geográficas específicas.

– A quantificação dos efeitos tóxicos dos metais pesados em sangue humano da população estudada pode ser avaliada pela bioindicação enzimática, através do parâmetro % e pela bioindicação enzimática, através do parâmetro D% e que na população amostrada apresentou o valor de  $25,2 \pm 8,8\%$ ;

– A amostragem de exposição (médias das concentrações de metais pesados em sangue humano) juntamente com o indicador biológico (efeito tóxico) da população amostrada de Charqueadas - São Jerônimo, quando comparados com a população Urbana normal de Porto Alegre, encontram-se num mesmo intervalo de valores;

– Esta avaliação realizada em população não exposta da área em estudo fornece as bases para uma nova pesquisa em grupos de indivíduos sabidamente expostos ocupacionalmente ou por impactos ambientais outros;

– Sob o ponto de vista dos metais pesados o presente “status” de qualidade da saúde da população amostrada encontram-se dentro do intervalo da normalidade.

# ANEXO

## Concentrações de Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni, Mn e Bioindicação Enzimática nas amostras coletadas.

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu [mg/l]	Pb [ug/dl]	Zn [mg/l]	Cd [ug/l]	Cr [ug/l]	Ni [ug/l]	Mn [ug/l]	Delta %
1	0,45	23,1	3,3	4,7	6,3	3,1	12,5	21,5
2	0,50	21,0	3,7	3,5	8,4	5,4	10,6	29,6
3	0,62	23,2	5,4	3,4	5,2	5,2	11,7	42,2
4	0,47	21,4	4,6	2,7	4,2	4,2	10,3	33,8
5	0,38	18,9	3,6	2,8	6,4	3,6	10,3	38,4
6	0,60	22,0	5,6	2,7	8,2	5,2	16,0	33,5
7	0,42	23,3	3,5	2,9	10,4	6,7	16,3	38,2
8	0,54	21,4	3,8	3,0	6,3	5,6	10,3	13,9
9	0,53	17,8	4,4	2,7	7,3	5,4	11,2	22,0
10	0,48	18,9	6,3	2,8	10,5	6,3	13,5	22,9
11	0,44	14,6	5,7	2,2	8,4	4,2	16,0	17,3
12	0,61	23,1	5,5	3,1	6,3	3,6	16,1	22,5
13	0,46	16,8	4,6	3,1	6,3	3,7	9,3	20,5
14	0,37	21,0	4,3	3,0	8,4	4,9	8,2	29,7
15	0,50	16,8	4,8	2,7	6,3	4,1	15,6	19,7
16	0,40	23,1	7,0	2,9	7,3	5,2	10,4	31,4
17	0,46	13,8	4,7	2,9	8,4	6,2	11,3	26,2
18	0,61	18,9	3,7	3,6	5,1	6,4	16,7	15,9
19	0,43	23,1	6,1	2,7	10,5	5,5	12,3	29,5
20	0,40	25,2	2,9	3,0	6,2	3,7	17,0	23,9
21	0,38	15,3	4,2	2,3	7,3	3,3	16,8	28,5
22	0,48	21,5	4,6	2,9	6,3	4,1	15,3	17,8
23	0,40	26,2	4,1	2,9	6,3	5,5	16,1	42,0
24	0,34	23,1	3,6	2,7	7,2	5,4	10,3	25,7
25	0,58	27,3	5,3	2,6	10,2	5,3	17,2	35,0
26	0,54	25,2	6,6	2,9	4,3	5,2	12,3	22,3
27	0,30	21,0	2,6	3,1	4,1	4,1	13,6	17,8
28	0,38	25,4	3,3	2,6	8,4	3,4	15,3	14,3
29	0,38	23,6	3,8	2,4	6,1	3,7	12,3	18,4
30	0,55	21,1	3,6	2,9	6,3	3,9	13,6	12,5
31	0,48	16,1	4,0	3,3	5,3	3,2	14,2	23,9
32	0,37	15,2	5,5	3,0	6,3	3,7	15,3	12,7
33	0,48	17,8	4,7	2,6	7,1	4,4	17,2	16,7
34	0,42	18,9	4,2	3,3	5,1	4,2	9,3	29,7
35	0,50	18,7	5,4	2,9	4,9	5,1	9,6	31,0
36	0,50	25,2	4,3	3,1	4,4	3,7	12,3	14,6
37	0,56	24,1	4,4	3,2	5,3	5,1	11,4	25,5

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
38	0,40	20,0	4,8	3,1	3,5	4,1	10,6	33,3
39	0,35	21,2	3,4	2,7	3,9	4,3	9,8	15,7
40	0,35	20,3	3,9	2,7	4,7	3,8	13,7	22,7
41	0,36	22,0	4,0	3,2	5,1	3,5	14,1	14,1
42	0,42	14,8	4,4	2,5	6,0	5,1	13,6	11,2
43	0,33	19,3	3,5	2,7	4,5	4,3	12,3	21,4
44	0,47	20,4	6,5	2,6	4,2	3,8	11,5	15,9
45	0,81	25,4	8,0	2,0	6,0	7,1	12,3	23,3
46	0,96	20,1	6,9	2,0	5,2	6,5	10,6	38,2
47	0,98	19,3	6,1	2,1	4,2	5,2	11,8	45,3
48	0,84	17,5	11,9	2,4	6,0	6,2	10,0	30,3
49	0,88	22,3	9,6	1,9	5,1	4,1	14,1	14,2
50	0,75	21,5	12,0	2,0	4,2	3,9	15,1	13,7
51	0,96	26,1	10,6	2,0	4,0	5,4	13,2	26,3
52	0,65	20,4	10,5	4,6	4,0	6,7	10,4	18,2
53	0,80	18,3	9,8	2,1	5,2	5,3	9,2	18,0
54	0,72	19,5	12,2	2,0	6,1	3,3	10,1	20,2
55	0,98	17,3	8,5	2,0	5,4	4,2	6,2	29,7
56	0,76	19,4	7,1	1,9	5,4	5,6	9,2	37,5
57	0,84	20,6	10,1	2,0	4,2	5,0	5,4	19,5
58	0,75	21,4	9,9	2,9	4,2	6,1	11,2	18,0
59	0,98	19,6	8,6	1,9	4,8	5,3	12,0	49,0
60	0,65	23,2	10,1	2,0	5,5	3,5	10,1	17,8
61	0,69	27,4	5,3	3,4	5,3	7,2	10,0	31,9
62	0,51	26,5	5,3	2,0	4,0	7,5	6,2	36,6
63	0,66	30,2	7,3	2,0	4,2	3,6	7,4	25,2
64	0,84	24,5	7,5	4,6	5,2	6,5	5,2	17,6
65	0,76	18,7	3,4	1,8	5,2	6,0	4,2	23,7
66	0,60	19,6	5,3	2,0	6,2	7,0	4,3	30,7
67	0,86	20,1	8,1	3,0	6,0	3,2	8,0	20,6
68	0,58	20,0	5,7	1,9	5,1	4,2	3,2	19,7
69	0,60	21,4	6,9	2,0	4,2	3,2	4,2	16,3
70	0,86	22,6	7,7	2,6	4,3	5,3	9,0	26,7
71	0,75	16,7	6,2	2,0	5,2	7,2	5,1	33,0
72	0,60	18,4	8,0	2,0	5,4	6,5	6,2	24,3
73	0,86	19,5	7,3	2,6	3,2	7,2	7,4	41,3
74	0,72	17,3	7,0	2,0	5,1	7,2	4,3	48,0
75	0,70	16,0	6,2	2,0	4,2	6,5	5,2	33,0
76	0,60	21,4	8,0	4,0	6,0	6,2	6,0	30,6
77	1,10	23,6	5,8	2,0	6,0	7,1	7,1	59,3

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
78	0,81	20,4	8,6	3,0	4,5	5,2	9,2	20,5
79	0,66	19,8	7,1	2,1	3,2	5,2	8,2	19,3
80	0,74	25,3	7,0	2,2	5,2	6,2	10,4	24,0
81	0,56	22,4	7,4	2,4	5,3	6,5	9,0	34,8
82	0,84	21,5	6,5	2,2	3,4	5,2	11,0	26,3
83	0,67	20,3	9,8	2,0	4,2	3,2	10,6	34,9
84	0,70	19,7	9,1	2,5	5,2	4,3	7,2	21,6
85	0,68	19,6	8,7	2,2	5,4	3,2	9,4	31,8
86	0,55	20,0	3,6	4,1	2,2	6,7	8,3	15,2
87	0,56	18,0	3,6	2,5	3,1	2,9	8,2	30,0
88	0,55	16,0	8,5	4,0	3,4	3,1	7,1	14,9
89	0,60	16,3	3,4	4,1	3,6	4,2	9,2	26,4
90	0,65	16,0	2,1	4,4	4,1	5,2	6,2	33,8
91	0,66	19,0	4,4	4,1	3,6	3,2	10,4	27,5
92	0,54	20,3	5,2	3,5	3,2	6,0	7,4	42,4
93	0,53	15,6	4,5	3,6	4,4	4,1	9,2	28,7
94	0,62	20,0	3,8	3,5	5,1	5,2	7,2	31,5
95	0,61	16,0	5,1	3,6	3,5	4,1	7,9	15,8
96	0,60	21,0	3,2	3,8	4,2	3,2	11,6	25,7
97	0,64	15,0	5,7	3,4	4,2	3,4	8,5	23,8
98	0,62	20,0	4,4	3,4	4,4	4,2	12,0	27,4
99	0,58	15,4	2,5	3,4	4,5	2,8	8,2	20,3
100	0,66	18,0	4,2	4,2	3,3	3,1	7,1	23,5
101	0,64	18,3	3,4	3,6	4,1	4,4	4,2	21,8
102	0,60	16,0	2,7	3,4	3,7	5,2	7,2	28,2
103	0,66	16,0	3,3	3,0	5,2	6,2	5,2	24,6
104	0,58	18,0	3,1	2,5	3,7	3,1	8,2	25,1
105	0,70	19,0	2,6	3,1	4,2	4,4	10,3	25,4
106	0,60	20,0	3,4	3,3	5,1	4,2	9,2	26,3
107	0,61	15,0	2,9	3,4	4,2	5,2	7,2	20,5
108	0,63	16,3	3,2	3,7	3,3	3,2	3,2	21,6
109	0,64	15,8	5,4	4,1	6,0	4,4	4,4	19,2
110	0,67	16,0	2,9	3,8	3,1	3,7	5,2	27,5
111	0,60	15,3	3,9	3,6	4,2	4,2	6,2	23,7
112	0,58	20,0	4,1	3,4	3,4	3,9	7,4	34,5
113	0,70	20,0	4,1	4,1	5,2	3,5	3,7	20,9
114	0,96	16,0	4,1	3,6	4,2	2,9	4,3	20,8
115	0,78	20,0	4,1	3,8	3,2	4,3	5,1	12,0
116	0,88	18,3	3,7	3,2	3,3	5,1	6,1	17,8
117	0,50	20,0	7,6	3,7	3,7	3,4	12,2	30,2
118	0,60	16,0	6,5	3,6	4,9	4,3	10,5	13,3

Amostragem de Conveniência e Funcional

Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
119	0,57	16,0	6,1	3,1	4,0	5,1	9,7	19,0
120	0,41	18,0	6,4	4,2	4,1	5,1	14,5	21,6
121	0,61	20,0	8,1	2,7	2,7	4,9	11,3	21,6
122	0,52	18,2	5,2	3,4	3,9	3,4	10,5	33,0
123	0,30	22,0	4,0	3,3	4,2	4,8	9,2	30,0
124	0,41	20,0	8,8	2,6	3,2	3,4	7,4	23,9
125	0,56	18,0	6,8	3,3	4,1	3,6	8,1	29,1
126	0,50	24,0	7,3	3,3	3,4	4,4	10,6	28,8
127	0,58	20,0	7,8	2,5	3,2	3,6	9,1	29,6
128	0,30	18,0	2,9	2,6	2,7	3,0	8,1	29,0
129	0,58	20,0	7,5	2,2	2,9	4,1	9,2	25,4
130	0,42	20,0	7,3	2,8	3,4	3,1	8,2	48,4
131	0,48	20,0	7,9	2,5	2,7	4,2	7,5	23,0
132	0,60	22,0	7,4	3,1	3,3	3,1	10,3	21,9
133	0,50	24,0	7,4	2,8	2,5	3,1	6,1	49,9
134	0,50	18,0	5,8	3,1	4,0	4,2	7,1	21,4
135	0,50	19,0	7,0	1,2	2,1	3,3	6,3	41,8
136	0,30	20,1	2,9	3,0	3,5	4,1	7,2	27,0
137	0,44	20,0	6,9	2,3	4,1	5,1	8,4	13,5
138	0,40	20,2	4,3	2,5	3,3	4,7	6,1	18,7
139	0,50	20,0	5,9	1,9	2,9	4,3	5,2	29,2
140	0,49	20,1	4,9	1,9	2,4	3,4	6,3	28,6
141	0,48	18,0	6,8	1,4	2,6	4,2	7,1	25,4
142	0,54	20,0	5,5	2,8	2,8	3,7	8,2	28,8
143	0,55	24,0	6,6	2,8	3,6	3,2	10,3	18,5
144	0,47	20,0	4,5	3,0	3,4	4,3	5,1	19,0
145	0,44	18,1	6,1	3,0	3,1	4,3	8,2	20,4
146	0,45	19,0	19,1	2,5	3,3	3,7	9,3	29,1
147	0,48	20,1	6,8	1,6	3,1	3,1	7,1	21,3
148	0,48	18,2	5,2	2,2	3,2	3,3	8,4	29,6
149	0,44	24,0	7,3	3,4	4,1	4,2	11,4	34,7
150	0,30	26,0	3,6	2,5	3,1	4,8	12,5	42,2
151	0,44	22,2	5,8	2,8	3,6	3,1	10,4	12,8
152	0,50	18,2	4,6	1,6	3,0	3,5	9,5	18,6
153	0,44	19,3	3,6	2,2	3,0	3,3	10,4	14,4
154	0,47	18,0	3,6	3,4	4,2	4,1	9,1	13,0
155	0,45	18,2	4,9	2,8	3,8	5,2	11,3	20,0
156	0,40	19,3	4,6	3,2	4,1	4,2	13,4	22,6
157	0,36	20,1	3,9	2,8	3,7	3,2	10,5	43,8
158	0,46	24,0	5,0	2,7	3,4	4,2	10,5	16,5

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
159	0,73	22,5	5,3	3,8	3,7	6,4	17,3	28,5
160	0,54	20,6	7,3	2,9	3,4	3,6	18,0	40,6
161	0,50	21,5	8,5	2,7	4,2	5,5	19,4	35,9
162	0,63	22,7	7,5	2,9	3,7	6,7	15,3	30,5
163	0,73	27,5	5,6	2,6	4,3	7,7	20,6	32,5
164	0,65	20,0	7,0	2,4	5,1	3,7	19,3	25,4
165	0,71	20,0	7,5	2,4	3,6	4,4	16,4	35,4
166	0,66	18,7	7,5	2,6	3,2	4,3	15,4	25,5
167	0,65	20,3	6,8	2,2	3,5	3,6	19,0	26,7
168	0,58	30,2	5,0	2,4	4,1	6,7	15,4	38,2
169	0,73	25,0	6,6	2,7	3,1	5,4	16,0	37,3
170	0,70	27,5	5,4	2,6	4,0	3,6	14,2	26,1
171	0,68	22,5	5,4	2,9	4,2	4,2	12,4	23,2
172	0,54	22,5	3,8	2,1	5,9	3,6	16,1	27,7
173	0,62	17,5	5,6	2,7	6,4	3,4	12,3	17,6
174	0,61	30,0	4,4	2,4	5,1	4,3	13,0	31,8
175	0,83	27,5	5,6	2,7	5,2	4,3	11,2	19,5
176	0,70	25,0	5,7	2,8	4,3	5,1	12,5	18,1
177	0,91	22,0	6,1	2,2	6,0	5,4	13,6	18,9
178	0,84	30,0	5,6	2,4	3,3	5,2	14,6	36,1
179	0,93	17,5	4,4	2,7	3,7	3,7	12,3	12,3
180	0,60	20,0	5,6	2,7	4,3	3,2	16,4	15,3
181	0,86	20,4	5,3	2,6	5,2	3,0	17,5	24,8
182	0,54	22,5	5,4	2,5	6,0	4,1	11,6	22,8
183	0,65	22,5	5,9	2,3	5,5	4,2	12,4	20,4
184	0,70	17,5	5,9	2,4	3,5	3,2	10,8	18,7
185	0,72	27,5	5,6	2,2	3,8	4,4	13,9	22,7
186	0,66	22,5	5,1	2,4	4,1	6,2	14,1	18,4
187	0,54	25,0	4,8	2,6	4,2	4,1	12,3	24,1
188	0,66	17,5	6,9	2,4	5,1	3,4	16,5	19,5
189	0,70	25,0	6,1	2,5	3,2	5,5	15,2	29,8
190	0,54	22,5	4,7	2,4	3,2	3,9	14,4	37,7
191	0,65	22,0	6,9	2,1	4,3	3,9	13,1	21,3
192	0,54	15,3	5,3	2,6	2,2	3,1	14,0	17,8
193	0,52	15,4	6,8	2,0	3,2	3,2	16,1	16,3
194	0,51	21,4	5,6	1,9	3,4	6,4	13,9	49,8
195	0,58	17,6	4,9	2,0	2,1	3,2	10,0	23,8
196	0,63	16,1	5,4	2,3	3,6	4,2	11,3	23,1
197	0,60	20,0	4,6	2,2	3,4	3,6	9,2	19,5
198	0,66	15,4	4,7	2,4	4,2	5,5	4,4	24,9

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
199	0,60	17,6	5,2	2,1	2,4	3,7	9,1	20,0
200	0,66	16,0	4,4	2,1	2,6	3,5	8,2	18,4
201	0,60	20,0	5,0	2,2	3,1	4,2	5,2	42,0
202	0,70	20,1	5,5	3,2	3,2	4,1	13,5	19,7
203	0,66	17,2	4,0	4,7	2,6	4,1	14,2	17,7
204	0,85	18,0	3,3	4,5	2,7	6,2	10,6	16,1
205	0,56	16,7	4,6	3,2	2,8	7,0	11,4	42,8
206	0,73	17,0	5,9	2,2	4,1	5,2	9,2	19,0
207	0,68	17,0	5,6	3,3	2,4	3,9	8,4	36,0
208	0,65	18,1	3,9	3,8	3,6	4,6	7,6	20,2
209	0,72	17,3	4,7	3,2	2,8	4,6	7,7	14,3
210	0,60	16,0	6,0	3,7	3,7	3,1	8,4	17,6
211	0,58	20,0	3,1	4,2	3,9	3,5	6,1	33,3
212	0,70	19,3	4,4	4,6	3,9	3,0	4,2	46,8
213	0,66	19,4	5,2	3,8	4,2	3,6	6,4	33,1
214	0,78	16,0	2,6	2,7	2,9	2,8	7,2	30,2
215	0,95	18,5	5,7	3,8	2,9	3,6	5,2	20,2
216	0,60	19,0	3,7	2,7	5,0	4,1	9,1	14,8
217	0,58	20,0	5,3	2,0	4,9	5,5	10,6	31,2
218	0,61	16,7	4,4	2,1	3,6	6,1	7,2	19,2
219	0,69	18,0	4,7	2,5	4,1	7,0	6,4	18,0
220	0,72	17,3	5,5	2,4	5,2	6,8	8,2	24,2
221	0,67	16,4	4,4	2,1	3,2	5,4	7,1	19,6
222	0,80	16,3	4,9	2,2	2,6	3,2	6,8	17,7
223	0,60	16,0	4,9	2,2	2,5	2,8	13,1	15,2
224	0,58	17,2	5,0	2,1	3,2	3,1	12,4	14,7
225	0,50	18,1	4,9	3,2	2,7	3,2	9,4	29,2
226	0,48	19,3	4,3	2,6	3,1	4,2	10,6	23,4
227	0,60	20,4	3,5	2,2	4,2	5,2	8,2	19,7
228	0,58	16,7	4,8	2,2	3,7	6,2	7,2	18,3
229	0,70	15,3	5,3	2,3	4,2	4,2	11,5	26,4
230	0,62	20,0	6,0	3,1	5,2	3,2	6,2	36,7
231	0,56	17,1	4,1	2,6	4,1	3,2	5,4	16,9
232	0,46	18,6	4,7	2,5	3,8	3,0	7,1	14,4
233	0,72	19,4	3,5	3,2	2,9	3,1	8,4	20,7
234	0,54	16,5	5,2	3,6	3,0	4,4	4,2	17,5
235	0,68	17,5	3,3	3,5	2,8	3,7	7,1	21,4
236	0,60	17,6	3,5	2,9	3,0	4,1	9,4	11,6
237	0,48	18,0	5,1	2,8	3,1	6,1	8,5	12,6
238	0,62	16,6	5,2	3,1	3,2	5,5	10,1	10,5

Amostragem de Conveniência e Funcional								
Amostras	Cu[mg/l]	Pb[ug/dl]	Zn[mg/l]	Cd[ug/l]	Cr[ug/l]	Ni[ug/l]	Mn[ug/l]	Delta %
Média	0,60	19,97	5,56	2,80	4,41	4,50	10,24	25,17
S	0,15	3,25	2,06	0,68	1,52	1,19	3,65	8,82
Média (1a116)	0,61	20,02	5,57	2,90	5,23	4,77	9,89	25,54
s	0,17	3,25	2,32	0,71	1,64	1,24	3,61	8,77
Media (117 a 238)	0,59	19,91	5,55	2,72	3,64	4,25	10,57	24,82
Desvio Padrão	0,13	3,24	1,79	0,63	0,86	1,08	3,66	8,84

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALESSIO, L.; APOSTOLI, P.; DELA ROSA, H. V.; Toxicology of metals. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v.4; n.1/2, p.1-5, 1991.
- AMAZARRAY, M. T. RAYA; BERNARDO, R; DICK, T. Levels of heavy metals in human blood (normal urban population), Porto Alegre - Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOXICOLOGIA, 6. *Resumos 1-13*, São Paulo, 1989.
- AMAZARRAY, M. T. RAYA; BERNARDO, R; DICK, T. Enzymatic reactivation test for the assessment of heavy metal pollution impact in normal human population. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOXICOLOGIA, 6. *Resumos 1-14*. São Paulo, 1989.
- APOSTOLI, P.; ALESSIO, L. Identification of reference values for metals in the general population. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v.4, n.1/2, p.7-10.
- BEATY, R.D. *Concepts instrumentation and techniques in atomic absorption spectrophotometry*. USA: Perkin Elmer, 1978. 49p.
- BELLINASSO, M. L. *Estudo comparativo da d-aminolevulinato desidratase em eritrócitos humanos e fígado de peixes e o efeito de metais pesados*. Dissertação (Mestrado em Bioquímica). Departamento de Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985.
- HINDERBERGER, E. J.; KAISER, M. L.; KOIRTYOHANN, S. R. Furnace atomic absorption analysis of biological samples using the L'Vov Platform and Matrix Modification. *Atomic Spectroscopy*, v.2, p.1-7, 1981.
- KOM. (Conselho da Comissão da Comunidade Européia). d-ALA desidratase. Analytische methoden. *Analysen in Biol. Material*, Bruxelas, n.166, 1975.
- PERKIN ELMER. *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy*, West Germany, n.332, 1982.
- RUBESKA, I. Determination of trace elements by atomic absorption spectrometry. In: WEST, T. S.; NURNBERG, H. W. *The determination of trace metals*. London: Blackwell Scientific Publications, 1988. p.91-104.
- SCHLEMMER, G.; WELZ, B. Palladium and magnesium nitrates a more universal modifier for graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Spectrochimica Acta*. v.41B, p.1157-1165, 1986.
- SCHLEMMER, G. The STPF concept. *Applied Atomic Spectrometry*, West Germany: Perkin Elmer, v.1, n.3E, 1988.
- SLAVIN, W.; MANNING D. C. The L'Vov Platform for furnace atomic analysis. *Spectrochimica Acta*, v.35B, p.701-714, 1980.
- TSALEV, D. L. *Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice*. USA: CRC Press, 1983. 547p.
- YIN, X; SCHLEMMER, G.; WELZ, B. Cadmium determination in biological materials using graphite furnace atomic absorption spectrometry with palladium nitrate. Ammonium nitrate modifier. *Analytical Chemistry*, v.59, p.1462-1466, 1987.

# NÍVEIS DE PESTICIDAS ORGANOCOLORADOS EM SANGUE HUMANO DA POPULAÇÃO DE SÃO JERÔNIMO/RS

Graciema Formolo Pellini  
Tuiskon Dick  
Maria Teresa Raya Rodriguez

## INTRODUÇÃO

Os pesticidas organoclorados são compostos lipossolúveis e com a características de ação prolongada no meio.

O objetivo desta pesquisa foi o de avaliar os níveis de pesticidas organoclorados no sangue da população humana de São Jerônimo e comparar estes níveis com os resultados de pesquisas em outras localidades.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Coleta de materiais

Os pesticidas organoclorados avaliados pela pesquisa são: aHCH, bHCH, Lindane, HCB, heptacloroepóxido, pp'DDE., pp'DDT e oxiclordane.

As amostras de sangue foram coletadas pelo Laboratório de Análises Ltda. De São Jerônimo(RS) com a supervisão do doutor Paulo Duro.

Foram coletadas 121 amostras de sangue na cidade de São Jerônimo(RS).

O critério da amostragem foi aleatório, visando amostrar, no mínimo, 0,5% da população, valor este considerado como representativo pelo IBGE (1991).

Cada doador preencheu um questionário (anexo 1), preenchimento este que foi supervisionado pelo Laboratório de Análises Ltda.

Os tubos de ensaio foram previamente tratados para análise de resíduos, ou

seja, lavados com Extran® alcalino, enxaguados com água deionizada e acetona, cada tubo continha 0,2ml de solução de oxalato de potássio a 20g% usado como anticoagulante. Após a coleta (10ml), o sangue foi centrifugado e o plasma separado para um segundo tubo de ensaio, também tratado para análise de resíduos, onde foi mantido em freezer até o momento da análise.

## ANÁLISES

As análises foram realizadas no Laboratório de Cromatografia a Gás do Centro de Ecologia - UFRGS.

A metodologia utilizada para as análises é a descrita por DALE *et alii* (1966) que consiste em extração com 6ml de n-Hexano de uma alíquota de 3ml de plasma. Os tubos eram colocados em um agitador de deslocamento horizontal por um período de 30 minutos. Uma alíquota de 4ml da fase de n-Hexano era retirada com pipeta volumétrica e colocada em um tubo de ensaio. Esta alíquota era submetida a corrente de nitrogênio super seco até evaporação total do n-hexano. No tubo de ensaio, onde foi realizada a evaporação, adicionou-se com pipeta volumétrica 1ml de n-Hexano e uma alíquota de 8 microlitros era injetada no cromatógrafo.

Para cada lote de 20 amostras, foi feita uma duplicata.

Foram feitos recuperados cuja média de recuperação considerada boa é de 80 a 105%.

## Condições de análises

Utilizaram-se dois cromatógrafos a gás Varian e duas colunas cromatográficas (tabela 1). Na primeira coluna foi feita a identificação e quantificação dos princípios de organoclorados. Na segunda coluna foi feita a confirmação destes princípios. Para se fazer a identificação, foi utilizado um *pool* de pesticidas organoclorados (tabela 2) com concentrações concluídas.

**Tabela 1**  
CONDIÇÕES CROMATOGRÁFICAS

CONDIÇÕES	COLUNA 1	COLUNA 2
Material	vidro	vidro
Comprimento	1,80m	1,80m
Fase Líquida	1,5% OV 17 + 1,95% OV 210	5% OV 101
Fase Estacionária	chromosorb w100 - 120 mesh	chromosorb w100-120 mesh
Temp. Coluna	198 - 210 °C	180 °C
Temp. Detector	280 °C	300 °C
Temp. Injetor	230 °C	230 °C
Fluxo n2	40 ml/min	40ml/min
Atenuação	8	16

**TABELA 2**  
**POOL DE PESTICIDAS ORGANOCLORADOS**  
**COM AS CONCENTRAÇÕES EM ng/μl.**

<b>Princípio Ativo</b>	<b>ng/μl</b>
HCB	0,0050
α-HCH	0,0050
β-HCH	0,0200
Lindane	0,0050
Heptacloro	0,0100
Aldrin	0,0100
Oxiclordane	0,0100
Heptacloro epóxido	0,0100
Trasnonacloro	0,0100
pp' DDE	0,0125
Dieldrin	0,0100
op' DDD	0,0100
Endrin	0,0300
op' DDT	0,0300
pp' DDD	0,0300
pp' DDT	0,0340
Mirex	0,0300
Metoxicloro	0,0500

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na tabela 3 encontram-se o número de representantes em cada grupo de idade e a distribuição quanto ao sexo, tipo de residência, profissão e tabagismo.

**Tabela 3**  
DISTRIBUIÇÃO GERAL DE DOADORES

GRUPO DE IDADE	< 20	20 + 40	40 + 60	≥ 60	TOTAL
número de amostras	26	36	40	19	121
sexo masculino	11	14	23	6	54
sexo feminino	15	22	17	13	67
residência urbana	26	27	37	16	106
residência rural	-	9	3	3	15
profissão não rural	7	28	37	16	88
profissão rural	-	8	3	3	14
crianças	19	-	-	-	-
fumante	1	20	13	4	38
não fumante	25	16	27	15	83

Na tabela 4, relacionamos os valores médios em ng/ml em plasma humano com os respectivos desvio padrão, número de ocorrências (n) para os 8 princípios de organoclorados e limite inferior ( $L_i$ ) e limite superior ( $L_s$ ) dos valores encontrados.

Foram considerados como limite inferior valores iguais ou maiores que 0,1 ng/ml. O valor não detectado (nd) é inferior a 0,1 ng/ml.

**Tabela 4**  
VALORES MÉDIOS ( $\bar{x}$ ) EM ng/ml, DESVIO PADRÃO (DP),  
NÚMERO DE OCORRÊNCIA (n), O MENOR VALOR ENCONTRADO ( $L_i$ ),  
O MAIOR VALOR ( $L_s$ ). NÃO DETECTADO (nd) < 0,1ng/ml.

GRUPO DE IDADE n total	< 20	20 + 40	40 + 60	≥ 60
	n = 26	n = 36	n = 40	n = 19
<b>PRINCÍPIOS DE OCS</b>				
<b><math>\alpha</math> HCH</b>				
X ± DP	1,51 ± 1,27	0,86 ± 0,31	1,36 ± 0,83	0,98 ± 1,04
n	7	8	6	5
$L_i$ - $L_s$	0,51 - 3,94	0,31 - 1,40	0,70 - 1,62	0,22 - 2,76
<b><math>\beta</math> HCH</b>				
X ± DP	1,86 ± 1,13	2,05 ± 1,39	2,43 ± 1,73	4,60 ± 3,03
n	11	23	23	18
$L_i$ - $L_s$	0,18 - 3,63	0,34 - 6,24	0,36 - 6,60	1,36 - 11,97
<b>LINDANE</b>				
X ± DP	0,30 ± -	0,75 ± -	1,06 ± 0,64	1,38 ± -
n	1	1	4	1
$L_i$ - $L_s$	nd - 0,30	nd - 0,75	0,57 - 1,95	nd - 1,38
<b>HCB</b>				
X ± DP	1,20 ± 0,76	0,94 ± 0,60	1,46 ± 1,59	1,95 ± 1,48
n	23	27	31	17
$L_i$ - $L_s$	0,15 - 3,06	0,11 - 2,62	0,12 - 7,90	0,18 - 4,77
<b>HEPTACLOROEPÓXIDO</b>				
X ± DP	0,90 ± -	0,89 ± 0,03	0,24 ± 0,05	0,46 ± -
n	1	2	2	1
$L_i$ - $L_s$	nd - 0,90	0,87 - 0,91	0,12 - 0,49	0,21 - 0,46
<b>pp' DDE</b>				
X ± DP	0,70 ± 0,35	1,73 ± 2,07	3,74 ± 4,03	4,22 ± 3,81
n	17	23	26	11
$L_i$ - $L_s$	0,13 - 1,11	0,15 - 9,90	0,33 - 19,20	0,94 - 13,06
<b>pp' DDT</b>				
X ± DP	-	1,08 ± -	0,56 ± 0,01	1,57 ± -
n	0	1	2	1
$L_i$ - $L_s$	-	nd - 1,08	0,55 - 0,57	nd - 1,57
<b>OXICLORDANE</b>				
X ± DP	0,94 ± 0,43	1,43 ± 0,96	2,94 ± -	0,62 ± 0,26
n	5	7	1	7
$L_i$ - $L_s$	0,28 - 1,41	0,34 - 2,70	nd - 2,94	0,42 - 0,81

O tratamento estatístico aplicado foi ANOVA, através do qual verificou-se a existência ou não de diferenças significativas entre os grupos etários estudados. Quando a diferença era constatada, foi aplicado o teste de Tukey para identificar em que grupos a diferença era significativa.

Na Tabela 5 observa-se o resultado da ANOVA geral para um alfa de 0,05.

**Tabela 5**  
ANOVA – GERAL

	ANOVA geral alfa 0,05	TUKEY
alfa HCH	NS	-
beta HCH	S	A-D; B-D; C-D
Lindane	NS	-
HCB	S	B-D
Heptacloroepóxido	NS	-
pp'DDE	S	A-C; A-D
pp'DDT	NS	-
Oxiclordane	S	C-D

Convenção:

< 20 anos - A

20 † 40 anos - B

40 † 60 anos - C

> 60 anos - D

NS - não significativo

S - significativo

Foi feito o mesmo tratamento estatístico com informações, da tabela 3, como sexo, profissão, residência e tabagismo. Os resultados estão expressos nas tabelas abaixo.

**Tabela 6**  
ANOVA – SEXO

	ANOVA sexo alfa 0,05	TUKEY
alfa HCH	NS	-
beta HCH	S	E-H; F-H; G-H
Lindane	NS	-
HCB	NS	-
Heptacloroepóxido	NS	-
pp'DDE	S	E-H
pp'DDT	NS	-
Oxiclordane	NS	-

Convenção:

A < 20 anos - sexo masculino

B 20 † 40 anos - sexo masculino

C 40 † 60 anos - sexo masculino

D > 60 anos - sexo masculino

E < 20 anos - sexo feminino

F 20 † 40 anos - sexo feminino

G 40 † 60 anos - sexo feminino

H > 60 anos - sexo feminino

NS - não significativo

S - significativo

**Tabela 7**  
ANOVA – TABAGISMO

	ANOVA Tabagismo alfa 0,05	TUKEY
alfa HCH	NS	-
beta HCH	S	F-H
Lindane	NS	-
HCB	NS	-
Heptacloroepóxido	NS	-
pp'DDE	S	E-G
pp'DDT	NS	-
Oxiclordane	S	A-G;D-F;D-G;F-H;G-H

Convenção:

A < 20 anos - fumante

B 20 | 40 anos - fumante

C 40 | 60 anos - fumante

D > 60 anos - fumante

E < 20 anos - não fumante

F 20 | 40 anos - não fumante

G 40 | 60 anos - não fumante

H > 60 anos - não fumante

NS - não significativo

S - significativo

**Tabela 8**  
ANOVA – RESIDÊNCIA

	ANOVA Residência alfa 0,05	TUKEY
alfa HCH	NS	-
beta HCH	S	A-D;B-D;C-D;D-F
Lindane	NS	-
HCB	S	B-D
Heptacloroepóxido	NS	-
pp'DDE	S	A-D;A-G;B-D;B-G;F-G
pp'DDT	NS	-
Oxiclordane	NS	-

Convenção:

A < 20 anos - res. urbana

B 20 | 40 anos - res. urbana

C 40 | 60 anos - res. urbana

D > 60 anos - res. urbana

E < 20 anos - res. rural

F 20 | 40 anos - res. rural

G 40 | 60 anos - res. rural

H > 60 anos - res. rural

NS - não significativo

S - significativo

**Tabela 9**  
ANOVA – PROFISSÃO

	ANOVA Profissão alfa 0,05	TUKEY
alfa HCH	NS	-
beta HCH	S	B-D;C-D
Lindane	NS	-
HCB	NS	-
Heptacloroepóxido	NS	-
pp'DDE	S	D-I
pp'DDT	NS	-
Oxiclordane	NS	-

Convenção:

A < 20 anos - profis. não rural

B 20 | 40 anos - profis. não rural

C 40 | 60 anos - profis. não rural

D > 60 anos - profis. não rural

E < 20 anos - profis. rural

F 20 | 40 anos - profis. rural

G 40 | 60 anos - profis. rural

H > 60 anos - profis. rural

I crianças

NS - não significativo

S - significativo

O HCH (hexaclorociclohexano) também conhecido como BHC, é composto por uma mistura de isômeros: alfa, beta e gama (lindane). Dos isômeros, o lindane é o que apresenta maior ação inseticida. É insípido e inodoro. Após a ingestão, é rapidamente metabolizado a clorofenóis solúveis em água e a clorobenzenos que são excretados (Ware, 1978).

Dos isômeros do HCH, o  $\beta$ HCH é o mais estável e simétrico, sendo assim é o mais persistente. É eliminado cinco vezes mais lentamente do corpo que os outros isômeros, sendo 10 a 30 vezes mais cumulativo no tecido gorduroso que o lindane (Leal e outros, 1984).

Os resultados analíticos do  $\alpha$ HCH,  $\beta$ HCH e lindane, muitas vezes são expressos como HCH total que é somatório dos isômeros.

Leal e outros (1984) fizeram uma avaliação em dois grupos de trabalhadores da agricultura de Pernambuco: aplicadores de produtos e selecionadores de sementes. Nos aplicadores foi encontrado um valor médio de  $\beta$ HCH no sangue de 6,6 ng/ml e para os selecionadores de sementes um valor médio de 11,0 ng/ml.

No anexo 2 é registrado que em São Jerônimo o valor médio de  $\beta$ HCH é de 2,75 ng/ml.

A população examinada por Leal e outros, em 1984, era ocupacionalmente exposta a OCs e o uso de organoclorados na agricultura ainda era permitido. Existe uma diferença de 11 anos entre a amostragem em Pernambuco e a amostragem em São Jerônimo, o que justifica valores quase 3 a 5 vezes maiores em Pernambuco quando comparados com os verificados em trabalhadores de São Jerônimo.

Willrich & Dick (1989) encontram em plasma humano da população de Porto Alegre, RS valores médios de  $\beta$ HCH de 0,80 ng/ml. O valor médio da população de São Jerônimo é de 2,75ng/ml. A amostragem de São Jerônimo foi realizada 6 anos após a amostragem de Porto Alegre mesmo assim os valores de São Jerônimo são mais de 3 vezes maiores que os valores de Porto Alegre. Isto pode ser justificado pela composição da amostragem. Na tabela 4 encontramos para a população = 60 anos a maior média de  $\beta$ HCH (4,60 ng/ml) e o maior limite superior 11,97 ng/ml. Este valor exemplifica a estabilidade do  $\beta$ HCH no organismo humano.

Santos Filho e outros (1993) avaliaram, em Cubatão, SP o sangue de uma população de 242 crianças distribuídas em dois grupos etários: 1-5 anos e 5-11 anos. Houve distribuição também quanto ao sexo. Foi encontrado um valor de HCH total de 0,28  $\mu$ g/l. O maior valor encontrado de HCH total foi de 5,1 $\mu$ g/l. Não houve diferença significativa entre os grupos para um nível de significância de 5%. Na tabela 4, faixa etária < 20 anos, nos limites superiores para  $\alpha$ HCH,  $\beta$ HCH e Lindane o maior limite superior é para o  $\alpha$ HCH 3,94 ng/ml, valor menor que o encontrado por Santos Filho e outros (1993). O valor médio de HCH total encontrado por Santos Filho e outros (1993) foi diluído, pois os valores menores que o limite de detecção do método foram considerados como sendo zero e para efeito de média foi considerado o número total da amostra (242).

Sasaki e outros (1991) realizaram um estudo para a determinação de organoclorados em tecido adiposo e em sangue na população do Japão, com o objetivo de avaliar a relação dos OCs nos dois tecidos. Para o  $\beta$ HCH no sangue, foi encontrado um valor médio de 2,0  $\mu$ g/l e para tecido adiposo 0,84 mg/kg. No Japão o uso de OCs foi proibido em 1971. No Rio Grande do Sul a proibição foi em 1982. Comparando-se o valor médio de  $\beta$ HCH no sangue da população de São Jerônimo que é de 2,75ng/ml com o valor do Japão 2,0 $\mu$ g/l observamos que o valor é quase o mesmo. Na amostragem do Japão a idade média dos doadores é de 56 anos. Os resultados indicam uma exposição ao HCH no passado talvez maior que a exposição da população de São Jerônimo.

Krauthacker (1991) analisou leite e soro humano coletados de mães lactantes da Iugoslávia. Na gordura do leite foi encontrado  $\beta$ HCH com um valor médio de 5,0  $\mu$ g/kg e para soro sanguíneo um valor médio de 18  $\mu$ g/l, no soro foi encontrado também  $\alpha$ HCH com um valor médio de 2,0  $\mu$ g/l. A população de São Jerônimo apresentou um valor para o  $\beta$ HCH menor que a população da Iugoslávia. Para  $\alpha$ HCH a população de São Jerônimo apresentou um valor médio de 1,17 ng/ml, valor próximo ao da população da Iugoslávia.

Krauthacker (1993) coletou amostras de sangue da população de Zagreb no período de 1985-90. Foram encontrados para o ano de 1987/88 um valor médio de HCH total de 3,0 ng/ml e para 1990, um valor médio de HCH total de 0,5 ng/ml. Para os demais anos não foi detectado HCH. As amostras dos trabalhos de Krauthacker em 1991 e 1993 foram coletadas em lugares diferentes da Iugoslávia. A tendência segundo Krauthacker, é que estes valores continuem decrescendo, pois há quase vinte anos foram adotadas medidas de restrição ao uso de pesticidas organoclorados.

Mes (1992) avaliou resíduos de pesticidas organoclorados em sangue humano da população de British Columbia (Canadá). Encontrou para  $\alpha$ HCH valor médio de

0,04 ng/g e  $\beta$ HCH 0,13ng/g. Estes valores quando comparados com os valores do anexo 2 para  $\alpha$  e  $\beta$ HCH são bem menores que para a população de São Jerônimo.

Nair & Pillai (1992) monitoraram resíduos de DDT e HCH em componentes bióticos e abióticos do meio ambiente em Delhi, Índia. Encontraram para o sangue humano valores de  $\alpha$ HCH de 450ng/ml e  $\beta$ HCH 20ng/ml e Lindane 1120ng/ml. Fizemos comparações com resultados de pesquisas anteriores e concluíram que a população havia sido exposta recentemente ao DDT e ao HCH, provavelmente através dos gêneros alimentícios. A exposição recente também é justificada pelo alto valor do lindane, sendo que este é o isômero de HCH que mais rapidamente é eliminado. Se compararmos os resultados em Delhi com os resultados médios de São Jerônimo para um  $\alpha$ HCH 1,17ng/ml,  $\beta$ HCH 2,75 ng/ml e lindane 0,95ng/ml (Anexo 2), observamos que para o lindane existe uma diferença de mais de 1000 vezes. Isto explica a exposição recente em Delhi e a não-exposição recente em São Jerônimo. Deve ser lembrado que na Índia o uso de DDT e HCH foi muito intenso em campanhas de combate a vetores de doenças, podendo ainda ser usado em casos emergenciais.

Na tabela 6 observamos que para o  $\beta$ HCH as diferenças significativas acontecem somente no sexo feminino, talvez por diferenças metabólicas entre os sexos. Na tabela 4 observamos que a média para o  $\beta$ HCH é crescente nas faixas etárias. A tabela 5 mostra que existe diferenças significativas para o  $\beta$ HCH entre todas as faixas etárias, comprovando a estabilidade e a demora na eliminação do  $\beta$ HCH do organismo.

Na tabela 7 verificamos diferença significativa para  $\beta$ HCH no grupo dos não-fumantes. Isto pode indicar que o tabagismo não é fator de influência sobre o acúmulo de  $\beta$ HCH no grupo estudado.

Mesquita e outros (1989) encontraram no sangue de uma população em Samaritá (SP) residente próximo a um depósito de lixo químico, cujo principal componente era o HCB, valores que variaram de 0,5 - 17,8 ng/ml. Da população amostrada a frequência de aparecimento do HCB foi de 59,4%.

Na pesquisa realizada por Santos Filho e outros (1993), das 251 crianças analisadas, apenas 2 (0,83%) apresentaram HCB no sangue. Os níveis encontrados foram de 0,5 e 0,8ng/ml.

Mes (1992) detectou para a população de British Columbia (Canadá) um valor médio de HCB no sangue de 0,11ng/g e como valor máximo de 0,34 ng/g

Krauthacker (1991) na área adriática da Iugoslávia descobriu no sangue da população estudada valores médios de HCB de 2,0 $\mu$ g/l, com uma variação 1,0 - 4,0 $\mu$ g/l.

Krauthacker (1993) encontrou para moradores de Zagreb República da Croácia (Iugoslávia) valores de HCB no sangue que variaram de 0 - 7,0 $\mu$ g/l.

Burse e outros (1994) relacionaram o aparecimento de HCB e pp'DDE com PCBs. Segundo Burse e outros, pessoas com altos níveis de PCBs, cuja origem pode ser ocupacional ou alimentar, tendem a apresentar níveis elevados de HCB e pp'DDE.

Amostras de soro de 23 pessoas residentes em New Bedford, Massachusetts com PCB médio de 44,5 ng/ml apresentaram valor de HCB de 0,19 ng/ml. Amostras de soro de 45 pessoas, cujos níveis médios de PCB eram de 4,58 ng/ml apresentaram HCB médio de 0,11ng/ml.

Na população de São Jerônimo o valor médio para HCB foi de 1,34 ng/ml

(anexo 2). A maior frequência de aparecimento está na faixa etária = 60 anos 89,5% (figura 5) e também a maior média está na faixa etária = 60 anos 1,95 ng/ml (tabela 4).

Nas faixas etárias estudadas, existe diferença significativa para os grupos de idade 20 - 40 anos e = 60 anos. Não foi comprovada diferença significativa em relação ao sexo, tabagismo e profissão. Se compararmos os resultados verificados de São Jerônimo com os resultados da literatura, observamos que a diferença é muito pequena.

O heptacloroepóxido é o resultado da oxidação do heptacloro no organismo vivo. A forma epóxida tem caráter inseticida maior que o próprio heptacloro (Fuchs e Schröder, 1983). O heptacloro foi usado como inseticida de solo e também no tratamento de sementes.

O heptacloroepóxido na população de São Jerônimo apresentou valor médio de 0,61 ng/ml (anexo 2). Não houve diferença significativa nas faixas etárias e nem em relação ao sexo, residência e tabagismo. Dos 121 amostras estudadas, o heptacloroepóxido foi detectado em apenas 6 amostras (4,96%). Como o número de amostras positivas é pequeno, isto dificulta uma avaliação detalhada. A literatura para este organoclorado em sangue também não é abundante.

O oxiclordane está presente na composição técnica do clordane, que foi usado como inseticida desde a década de 40. As propriedades lipofílicas e a persistência no meio ambiente possibilitam a detecção dos resíduos de clordane e seus metabólitos em amostras ambientais e humanas.

Sasaki e outros (1991) estudaram resíduos de oxiclordane em sangue humano e tecido adiposo. Para o sangue foi encontrado um valor médio de oxiclordane de 0,08 ng/ml. A população analisada foi dividida em relação ao sexo. A faixa etária da população avaliada era de 40 anos até 78 anos.

Em São Jerônimo foi encontrado um valor médio de oxiclordane de 1,14 ng/ml. Se juntarmos as faixas etárias de 40 a 60 anos e  $\geq$  60 anos, podemos comparar o presente estudo com os resultados de Sasaki e outros, considerando a distribuição quanto ao sexo.

SEXO AUTOR	SEXO FEMININO Valor Médio ng/ml	SEXO MASCULINO Valor Médio ng/ml
Sasaki e outros Coleta 1986/88	0,12	0,05
Hirai & Katsumaro Coleta 89/90	nd - 0,62	nd - 0,59
Hirai & Katsumaro Coleta 1991	0,08 - 0,70	0,08 - 0,47
Presente estudo Coleta 1994	1,80	0,24

Em todos os trabalhos, a média se apresenta maior para o sexo feminino. Segundo Hirai e Katsumaro (1993), as variações entre homens e mulheres podem ser causadas por diferenças no metabolismo do oxiclordane.

Entre os metabólitos do DDT, o DDE é o mais freqüente no meio ambiente e em fluídos biológicos.

Na tabela 10 abaixo estão relacionados alguns resultados da literatura para pp'DDE em sangue humano.

**Tabela 10**  
RESULTADOS DA LITERATURA PARA pp'DDE EM SANGUE HUMANO.

PAÍS \ AUTOR	ANO PUBLICAÇÃO	ANO AMOSTRAGEM	pp'DDE (ng/ml)
Almeida (Brasil)	1972	-	155 117
Schvartsman et al (Brasil)	1974	-	Sangue materno: 23,73 Sangue do cordão umbilical: 10,40
Costa (Brasil)	1975	-	7,68
Procianoy & Schvartsman (Brasil)	1981	-	Mãe/Filho: 9,23 / 13,63 Mãe/Prematuro: 20,0 / 18,75
Procianoy & Schvartsman (Brasil)	1982	-	22,03 9,73
Leal et al (Brasil)	1984	1983	2,0 - 50,0
Willrich & Dick (Brasil)	1989	1988	2,3
Santos Filho e outros (Brasil)	1993	1989	0,85
Radomski e outros (Argentina)	1971	-	8,13 5,56
Barquet e outros (USA)	1981	-	18,4
Siddiqui e outros (Índia)	1981	-	Mãe: 9,2 Cordão umbilical: 4,8
Sasaki e outros (Japão)	1991	-	4,9
Nair & Pillai (Índia)	1991	1988/89	870,0
Mes (Canadá)	1992	-	0,87
Krauthacker (Iugoslávia)	1993	1985	7,0
		1987/88	4,0
		1989/90	8,0
		1990	2,0
Frank e outros (USA)	1993	1986	3,3
Bauwman e outros (África)	1994	nov - 1986	103,4
		mar - 1987	127,1
		jun - 1987	109,7
		nov - 1987	107,9

Para a população de São Jerônimo, o pp'DDE apresenta com um valor médio de 2,54ng/ml. Na tabela 4 observa-se que o valor médio é crescente com as faixas etárias. A maior média, 4,22 ng/ml está na faixa etária = 60 anos. Houve diferença significativa

entre as faixas de idade de < 20 anos e 40 | 60 anos e < 20 anos e = 60 anos (tabela 5). Isto comprova o efeito cumulativo do pp'DDE.

Numa avaliação cronológica dos trabalhos nacionais, é possível observar o decréscimo dos níveis de pp'DDE. Isto se deve às medidas de controle do uso de OCs, fazendo com que a exposição ao DDT seja menor. Após 1985, a exposição acontece através dos alimentos provenientes de áreas onde foram usado OCs.

Willrich & Dick (1989) coletaram em 1988, 55 amostras de sangue da população de Porto Alegre. A coleta aconteceu 6 anos após a proibição do uso de OCs no estado do Rio Grande do Sul. O valor médio obtido para o pp'DDE foi de 2,3 ng/ml. Em São Jerônimo a coleta de amostras de sangue da população foi feita em 1994, 12 anos após a proibição do uso de OCs e o resultado médio encontrado foi de 2,54 ng/ml. Praticamente não houve diferença entre os dois resultados. A faixa etária da amostragem de Porto Alegre foi de 15 a 60 anos. Pode ser que na amostragem de São Jerônimo haja mais pessoas idosas que na amostragem de Porto Alegre, pois em São Jerônimo foram coletadas 121 amostras.

A tabela 3 indica que 55,37% da população amostrada de São Jerônimo é do sexo feminino e 44,62% do sexo masculino. Nas figuras 58, 59, 60 e 61 observamos que o valor médio para o sexo masculino de pp'DDE é 2,09 ng/ml e para o sexo feminino, 2,75ng/ml.

Na tabela 6 verificamos que houve diferença significativa entre o sexo feminino nas faixas de < 20 anos e = 60 anos. Embora o valor médio de pp'DDE nas mulheres seja maior que nos homens, não foi comprovada diferença significativa entre eles.

Sasaki e outros (1991) encontraram para uma população no Japão valores médios de pp'DDE de 4,9ng/ml. Para os homens a média foi de 4,33ng/ml e para as mulheres a média foi de 5,2ng/ml. As mulheres no Japão também apresentam valores médios de pp'DDE maiores que os homens. O valor médio de pp'DDE encontrado no Japão é quase duas vezes maior que a média encontrada em São Jerônimo. Segundo Sasaki e outros (1991), a fonte de contaminação da população para o pp'DDE pode ser alimentar, já que o uso de DDT no Japão está proibido desde 1971.

Nair & Pillai (1991) monitoraram resíduos de DDT em componentes bióticos e abióticos em Delhi, Índia durante 1988 e 1989. Foram encontrados os resultados abaixo. Concluíram que pode também ter havido contaminação das pessoas através dos alimentos e que os níveis de DDT, quando comparados com trabalhos anteriores, estava diminuído. A população de São Jerônimo apresenta um valor médio para o pp'DDE de 342 vezes menor que a população da Índia, quando comparado com o estudo de Nair e Pillai (1991).

	Amostras Humanas				
	Solo	Minhoca	Sangue	Leite Materno	Tecido Adiposo
	mg/kg n=25	mg/kg n=13	mg/l n=12	mg/l n=20	mg/kg n=8
<b>pp'DDE Média</b>	0,01	0,10	0,87	0,60	0,71

Segundo Beretta (1991), o pp'DDE aparece no leite materno da população de Porto Alegre com um valor de 2,53 mg/l e para tecido adiposo 2,38 mg/kg. Se conside-

rarmos que as coletas feitas por Beretta (1991) e Nair e Pillai (1991) foram realizadas quase na mesma época 87/88 e 88/89, respectivamente, podemos sugerir que as diferenças dos hábitos da população da Índia e da população do Brasil expliquem que, em Porto Alegre, haja uma concentração maior de pp'DDE no tecido adiposo e leite materno. Se compararmos o resultado obtido por Willrich & Dick (1989) para pp'DDE no sangue da população de Porto Alegre observamos que este é 378 vezes menor que o valor obtido na Índia por Nair e Pillai (1991).

Segundo Bouwman e outros (1994), existem diferenças entre a farmacocinética em crianças e pessoas mais velhas. A análise estatística do trabalho sugere que os níveis de DDT são reduzidos antes que os de DDE nos jovens. Em torno dos 29 anos inicia a predominância para a acumulação do DDE e DDT e os níveis encontrados começam a aumentar.

Kashyap e outros (1994) avaliaram tipos de alimentos da Índia, classificados como alimentos sem gordura, alimentos com gorduras, bebidas e água. Para o pp'DDE e o DDT total foi obtido:

Pesticidas	Alimentos sem gordura	Alimentos com gordura		Água (µg/kg)	Bebidas (µg/kg)
	(µg/kg)	Vegetais (µg/kg)	Leite (µg/kg)		
pp'DDE	2,65 ± 0,91	167,3 ± 144,0	306,3 ± 80,1	3,21 ± 1,69	0,74 ± 0,66
DDT total	14,4 ± 4,21	381,3 ± 144,0	631,0 ± 231,0	8,93 ± 2,82	3,24 ± 1,88

A FAO/WHO estabelece como máximo aceitável de ingestão diária de DDT 20µg por kg de peso corporal.

Os resultados deste estudo mostram que, se o consumo dos alimentos acima for feito de uma maneira equilibrada, o limite estabelecido pelo FAO/WHO não será atingido.

Frank e outros (1993) encontraram para a população de Ontário valores de DDE no sangue de 3,3 µg/kg. O estudo avaliou também a concentração de pesticidas nos alimentos. Encontraram para alimentos, um valor médio de DDE de 0,03 µg/kg. Concluíram que parte dos resíduos de DDE no sangue são provenientes dos mesmos.

A literatura consultada avalia resíduos de OCs em sangue, tecido adiposo e leite materno de diferentes pessoas. A simples comparação dos resultados obtidos destes compartimentos biológicos torna-se prejudicada, em função de diferenças nos hábitos alimentares, condições socioeconômicas, raça, localização geográfica e temporal. Para que se obtenha uma relação real dos resíduos de OCs de uma região, sugere-se que seja avaliado simultaneamente sangue, tecido adiposo e, se possível, leite materno de uma mesma pessoa, obtendo-se assim um perfil completo de resíduos de OCs no homem.

As medidas de proibição e controle de uso de pesticidas OCs, adotadas por quase todos os países, vem mostrando um resultado positivo, pois há uma tendência evidente na diminuição nos níveis de resíduos de OCs no homem e no meio ambiente.

## CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos desse estudo chegamos às conclusões relacionadas a seguir.

– Os resultados da avaliação de OCs (organoclorados) na população de São Jerônimo quando comparados com os resultados obtidos da literatura nacional e estrangeira, permitem concluir que a população de São Jerônimo não sofreu exposição recente aos OCs.

– Os valores de OCs encontrados na população maior que 20 anos pode ter sido resultado de uma exposição direta no passado. Para a população menor que 20 anos a fonte de fornecimento de níveis de OCs deve ser alimentar, considerando que o uso de OCs no Estado está proibido há 14 anos.

– Fazendo-se comparações cronológicas dos resultados de OCs em sangue, obtidos na literatura brasileira, constata-se um decréscimo gradual da concentração de resíduos OCs na população brasileira.

– O isômero bHCH apresenta maior média na população maior que 60 anos, confirmando a estabilidade e a demora de eliminação deste isômero.

– O pp'DDE apresenta um valor médio crescente com as faixas etárias confirmando o efeito cumulativo do DDT.

– O pp'DDT é pouco freqüente, confirmando exposição não recente a OCs

– Os baixos níveis de lindane confirmam também a não exposição recente a OCs.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, W. F. *Níveis sanguíneos de DDT em indivíduos profissionalmente expostos e em pessoas sem exposição direta a este inseticida no Brasil*. Tese de doutorado. Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 1972.
- BARQUET, A.; MORGADE, C.; PFAFFENBERGER, C.D. Determination of organochlorine pesticides and metabolites in drinking water, human blood, serum and adipose tissue. *J. Toxicol. Environ. Health*, n.7, p.469-79, 1981.
- BERETA, M. *Organoclorados em leite materno e tecido adiposo humano na cidade de Porto Alegre, RS*. Porto Alegre, 1991. Dissertação. (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências da UFRGS.
- BOUWMAN, H.; BECKER, P. J.; SCHUTTE, C. H. J. Malaria control and longitudinal changes in levels of DDT and its metabolites in human serum from Kwazulu. *Bull. of the World Health Organization*, v.72, n.6, p.921-30, 1994.
- BURSE, V. W.; GROCE, D. F.; CAUDILL, S. P.; KORVER, M. P.; PHILLIPS, D. L.; McCLURE, P. C.; LAPEZA JR, C. R.; HEAD, S. L.; MILLER, D. T.; BUCKLEY, D. J.; NASSIF, J.; TIMPERI, R. J.; GEORGE, P. M. Determination of polychlorinated biphenyl levels in the serum of residents and in the homogenates of seafood from the New Bedford, Massachusetts, area: a comparison of exposure sources through pattern recognition techniques. *The Science of the Total Environment*, n.144, p.153-77, 1994.
- COSTA, M.C.L. *Correlação entre os níveis séricos de DDT e os títulos de anticorpos antidiféricos circulantes em*

- meninas pré-escolares de creches municipais na cidade de São Paulo, em 1975. Tese de doutorado. Faculdade de Saúde Pública da USP. São Paulo 1976.
- DALE, W. E.; CURLEY, A.; CUETO, O. Hexane extractable chlorinated insecticides in human blood. *Life Sciences*, n.5, p.47, 1966.
- FRANK, R.; BRAUN, H. E.; THORPE, B. Comparison of DDE and PCB residuos in the general diet and human blood - Ontario 1986-87. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n.51, p.146-52, 1993.
- FUCHS, R. A.; SCHÖDER, R. Agents for control of animal pests. *Chemistry of Pesticides*. Ed. K.H. Büchel, n.2, p.9-48, 1983.
- HIRAI, Y.; KATSUMARO, T. Levels of chlordane, oxychlordan and nonachlor on human skin and in human blood. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n.50, p.316-24, 1993.
- IBGE. *Censo demográfico 1991*. IBGE.
- KASHYAP, R.; IYER, L. R.; SINGH, M. M. Evolution of daily dietary intake of dichloro - diphenyl - trichloroethane (DDT) and Benzene Hexachloride (BHC) in India. *Arch. of Environ. Health*, v.49, n.1, p.63-6, 1994.
- KRAUTHACKER, B. Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in human serum collected from the general population from Zagreb (1985-1990). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n.50, p.8-11, 1993.
- KRAUTHACKER, B. Levels of organochlorin pesticides and polychlorinated biphenyls (PCBs) in human milk and serum collected from lactating mothers in the Northern Adriatic Area of Yugoslavia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n. 46, p.797-802, 1991.
- LEAL, W. S.; MACHADO, J. D.; LIMA, M. A. Resíduos de pesticidas organoclorados em sangue de trabalhadores da agricultura de Pernambuco (Brasil). In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS, 8. *Relatório...* São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.67-80, 1984.
- MES, J. Organochlorine residues in human blood and biopsy fat and their relationship. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n.48, p.815-20, 1992.
- MESQUITA, A. S.; BARRETO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K.; LEMES, D. R. R. Níveis de hexaclorobenzeno (HCB) no sangue e leite materno da população de Samaritá - São Vicente, SP (1989). In: ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE RESÍDUOS DE PESTICIDAS, 13. *Relatório...* São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1989. p.80-4.
- NAIR, A.; PILLAI, M. K. K. Trends in ambient levels of DDT and HCH residues in humans and the environment of Dehli, India. *The Science of the Total Environment*, n.121, p.145-57, 1992.
- PROCIANOY, R.; SCHVARTSMAN, S. Serum DDT levels in an urban nonoccupationally exposed pediatric population (São Paulo, Brazil). *J. Trop. Pediatr.*, n.28, p.308-9, 1982.
- PROCIANOY, R.; SCHVARTSMAN, S. Blood pesticide concentration in mothers and their newborn infants. *Acta Pediatr. Scand*, n.70, p.925-8, 1981.
- RADOMSKI, J. L.; ASTOLFI, E.; DEICHMANN, W. B.; REY, A. Blood levels of organochlorine pesticides in Argentina: occupationally exposed adults, children and newborn infants. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, n.20, p.186-93, 1971.
- SANTOS, F.; SILVA, R. S.; BARRETO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K.; LEMES, V. R. R.; SAKUMA, A. M.; SCORSAFAVA, M. A. Concentrações sanguíneas de metais pesados e praguicidas organoclorados em crianças de 1 a 10 anos. *Revista de Saúde Pública*, v. 27, n.1, p.59-67, 1993.
- SASAKI, K.; ISHIZAKA, T.; SUZUKI, T.; TAKEDA, M.; UCHIYAMA, M. Accumulation levels of organochlorine pesticides in human adipose tissue and blood. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, n.46, p.662-9, 1991.
- SCHVARTSMAN, S.; ALMEIDA, W. F.; VAZ, F. A. C.; CORRADINE, H. B.; PIGATI, P.; GAETA, R.; UNGARO, M. T. Blood levels of DDT in nonoccupationall exposed mothers and newborn infants in a city in Brazil. *Environ. Qual. Saf.*, n.3, p.154-6, 1974.

- SIDDIQUI, M. K. J.; SAXENA, N. C.; BHARGAVA, A. K.; SETH, T. D.; MURTI, C. R. K.; KUTTY, D. Agrochemicals in the maternal blood, milk and cord blood: a source of toxicants for prenatals and neonates. *Environ. Res.*, n.24, p.24-32, 1981.
- WARE, G. W. *The pesticide book*. Freeman. San Francisco, USA: Ed. W.H.Freeman, 1978. p.2-9.
- WILLRICH, F. C.; DICK, T. Background pollution: chlorinated hydrocarbon pesticides residues in human blood (normal urban population - Porto Alegre, RS - 1988). *Revista da Sociedade Brasileira de Toxicologia*, v.2, 1989. Suplemento especial. VI Congresso Brasileiro de Toxicologia.

# ANEXO 1

## QUESTIONÁRIO DE COLETA

1. NOME: \_\_\_\_\_

2. IDADE: \_\_\_\_\_ 3. SEXO \_\_\_\_\_

4. PESO: \_\_\_\_\_ 5. ALTURA \_\_\_\_\_

6. TEMPO DE RESIDÊNCIA NO ENDEREÇO ATUAL: \_\_\_\_\_

( ) PERÍMETRO URBANO ( ) PERÍMETRO RURAL

7. TEMPO DE RESIDÊNCIA NO ENDEREÇO ANTERIOR: \_\_\_\_\_

( ) PERÍMETRO URBANO ( ) PERÍMETRO RURAL

8. ATIVIDADE PROFISSIONAL: \_\_\_\_\_

LOCAL: \_\_\_\_\_

TEMPO QUE EXERCE: \_\_\_\_\_

OCUPAÇÃO ANTERIOR: \_\_\_\_\_

### 9. HÁBITOS

#### 9.1 ALIMENTARES

                                  muito                                  médio                                  pouco                                  nada

carne gorda

leite

verdura

ovos

farináceos

beb. alcoólicas

9.2 FUMANTE ( ) SIM ( ) NÃO

10. ATIVIDADE ZONA RURAL ( ) SIM ( ) NÃO

11. TEM OU TEVE CONTATO DIÁRIO COM ALGUM PESTICIDA?

( ) SIM ( ) NÃO

ONDE: TRABALHO ( ) SIM ( ) NÃO

RESIDÊNCIA ( ) SIM ( ) NÃO

OUTRO ( ) SIM ( ) NÃO

# AUTORES

ADÃO LUIZ DOS SANTOS

Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS

AIDA ANDREAZZA

CPG Ecologia - UFRGS

ALBANO SCHWARZBOLD

Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

ALETÉA DE OLIVEIRA SEVERO

Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS

ALEXANDRE GUIMARÃES SÓ DE CASTRO

CPG Ecologia - UFRGS

ANA LUIZA BURLIGA MIRANDA

CPG Ecologia - UFRGS

ANATÉIA DE OLIVEIRA SEVERO

Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS

ANDREAS JOACHIM KRELL

Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

ANDRÉIA DA SILVA NUNES

Bolsista Iniciação Científica - CNPq

ANTONIO EDUARDO LANNA

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS

ARACI DA SILVA EXTERKOTTER  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

ARNILDO KONZEN  
Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas -  
UFRGS

CAIO VIDOR  
Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS

CARINA M.S. PORTELA  
Bolsista Iniciação Científica - CNPq - Centro de Ecologia - Instituto de Biociências -  
UFRGS

CARLA ALVES SIMÕES PIRES  
CPG Ecologia - UFRGS

CARLA RUSCHEL  
Bolsista Apoio Técnico - FAPERGS - Centro de Ecologia - UFRGS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS

CARLOS EDUARDO GÜNTZEL  
Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UFRGS

CATARINA PEDROZO  
Centro de Ecologia - UFRGS

CÉSAR ANTÔNIO LEAL  
Departamento de Engenharia Nuclear - Escola de Engenharia - UFRGS

CÍNTIA ACOSTA MELO  
Bolsista Iniciação Científica - CNPq

CIRANO IOCHPE  
Instituto de Informática - UFRGS

CLEBES PINHEIRO BRUM  
CPG Ecologia - UFRGS

CORNÉLIA ECKERT  
Departamento de Antropologia - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - UFRGS

CRISTIANE MARIA WEIRICH ALMADA

Bolsista Aperfeiçoamento - Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UFRGS

DAVID M. L. DA MOTTA MARQUES

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS

EDISON DAUSACKER BIDONE

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica - Instituto de Química - Universidade Federal Fluminense

EDSON LUIZ LINDNER

CPG - Ecologia - UFRGS

ELIANE SANGUINÉ VISNIEVSKI

Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS

ELISEU JOSÉ WEBER

Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

ÉLVIO GIASSON

Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS

ERICA TATTO

Bolsista Aperfeiçoamento - CNPq

FELICIANO E. V. FLORES

Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

FERNANDA ABREU DOS SANTOS

Bolsista Apoio Técnico - FAPERGS

GERALDO MARIO ROHDE

CPG Ecologia - UFRGS

GERVÁSIO RODRIGO NEVES

Departamento de Geografia - Instituto de Geociências - UFRGS

GRACIEMA FORMOLO PELLINI

CPG Ecologia - UFRGS

HANS GEORG FLICKINGER

Departamento de Filosofia - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas - UFRGS

HARDY PUNDT

Institut für Geoinformatik - Westfälische Wilhelms-Universität Münster

HEINRICH HASENACK

Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

HUMBERTO BOHNEN

Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS

JEFERSON LUÍS BITTENCOURT

CPG Economia - UFRGS

JOSÉ FRANCISCO P. DA SILVA

Museu de Ciências - PUCRS

JOSÉ GINORIS MARTÍN

Department of Chemical and Nuclear Engineering - University of Massachusetts, EUA

JUGURTA LISBOA FILHO

Departamento de Informática - Universidade Federal de Viçosa

JÚLIO CÉSAR LOGUÉRCIO LEITE

Unidade de Genética Médica - Hospital de Clínicas de Porto Alegre

JUVIR L. MATTUELA

Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS

KAREN BELTRAME BECKER

Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas - UFRGS

LARISA B. GAIVIZZO

CPG Agronomia - UFRGS

LAVÍNIA SCHÜLER

Departamento de Genética - Instituto de Biociências -UFRGS

LIANE BIEHL PRINTES

CPG Ecologia - UFRGS

LIEGE ABEL

Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

LILIAN WAQUIL FERRARO  
CPG Ecologia - UFRGS

LUIS CARLOS ZANCAN FILHO  
CPG Ecologia - UFRGS

LUIZ FERNANDO FRITZ FILHO  
Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas -  
UFRGS

LUIZ ROBERTO MALABARBA  
Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UFRGS

MARCELO COTRIM  
Bolsista Iniciação Científica - FAPERGS

MARCELO DONDÉ DE ALEXANDRE  
Bolsista Iniciação Científica - CNPq

MARCELO MAISONETTE DUARTE  
PPG em Ecologia e Recursos Naturais - Universidade Federal de São Carlos

MÁRCIO SUMINSKY  
CPG Recursos Hídricos e Saneamento - UFRGS

MARCO AURÉLIO LOCATELI VERDADE  
CPG Ecologia - UFRGS

MARIA BEATRIZ CAMINO BOHRER  
Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UFRGS

MARIA DAS GRAÇAS ARÊDE  
Centro de Estudos e Pesquisas Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas -  
UFRGS

MARIA ELAINE DE OLIVEIRA  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

MARIA LUIZA PORTO  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

MARIA TERESA RAYA RODRIGUEZ  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

MARINO J. TEDESCO  
Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS - Bolsista CNPq

MIGUEL VASSILIOU  
CPG Ecologia - UFRGS

MIRIAM BECKER  
Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UFRGS

NALI DE JESUS DE SOUZA  
Departamento de Ciências Econômicas - Faculdade de Ciências Econômicas -  
UFRGS

NELSON AUGUSTO FLORES MACHADO  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

NESTOR KÄMPF  
Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS - Bolsista CNPq

NORMA LUIZA WÜRDIG  
Departamento de Zoologia - Instituto de Biociências - UFRGS

OLAF NOELLE  
Institut für Geoinformatik - Westfälische Wilhelms-Universität Münster

OZÓRIO MENEZES FONSECA  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

PATRÍCIA DE FREITAS CERUTTI  
CPG Ecologia - UFRGS

PAULO DURO  
Laboratório de Análises Ltda. - São Jerônimo - RS

PAULO FREIRE MELLO  
Bolsista Iniciação Científica - CNPq

PAULO LUIZ DE OLIVEIRA  
Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências -UFRGS

PAULO SCHNEIDER  
Departamento de Solos - Faculdade de Agronomia - UFRGS - Bolsista CNPq

ROBERTO GIUGLIANI  
Departamento de Genética - Instituto de Biociências UFRGS

RODRIGO AGRA BALBUENO  
CPG Ecologia - UFRGS

SÉRGIO JOÃO DE LUCA  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS

STELLA MARIS LEONARDI  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

SUZAN L. BRANDÃO  
Estagiária - Unidade de Genética Médica - HCPA

SYLVIA HELENA AYRES CHAVES  
Bolsista PROPESP - UFRGS

TANIA RENATA PROCHNOW  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

TERESINHA GUERRA  
Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

TUISKON DICK  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

VALDIR F. DENARDIN  
CPG Economia Rural - UFRGS

VERA LÚCIA ATZ  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

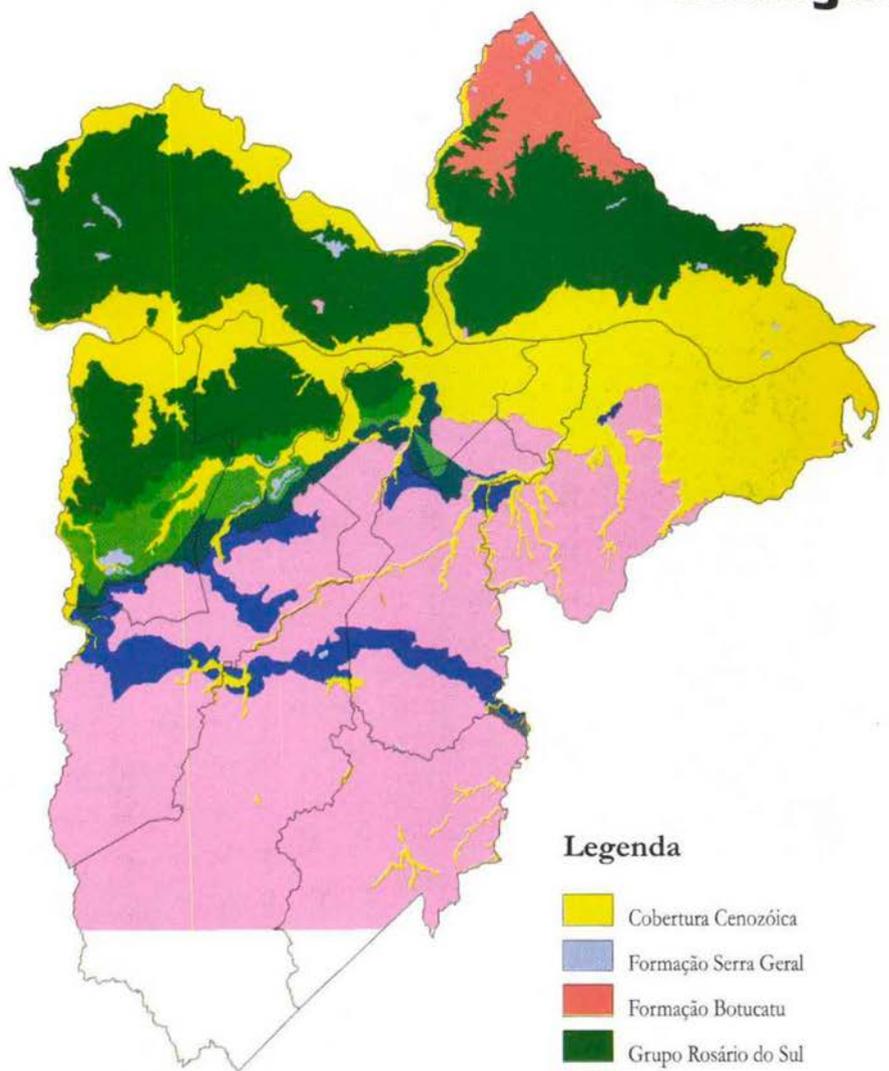
WILLY BRUSCHI JÚNIOR  
Centro de Ecologia - Instituto de Biociências - UFRGS

ZULEICA CARMEM CASTILHOS  
CPG Geoquímica - Universidade Federal Fluminense

# Apêndices

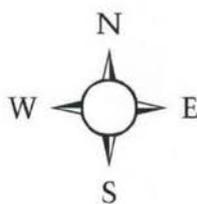


## Apêndice 1 **Geologia**



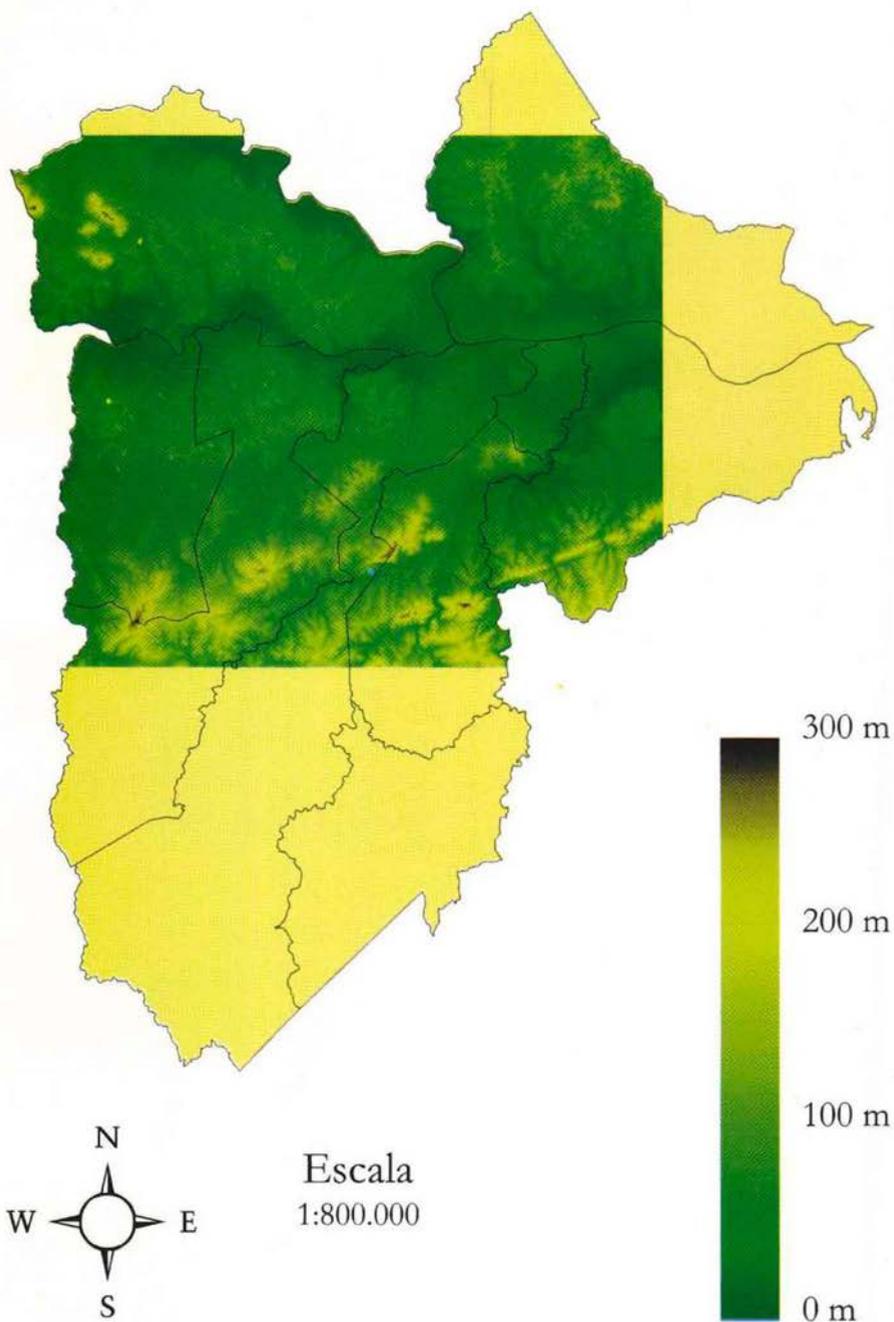
### Legenda

-  Cobertura Cenozóica
-  Formação Serra Geral
-  Formação Botucatu
-  Grupo Rosário do Sul
-  Formação Rio do Rastro
-  Formação Estrada Nova/Irati
-  Formação Palermo
-  Formação Rio Bonito
-  Formação Rio do Sul
-  Embasamento Sul-rio-grandense

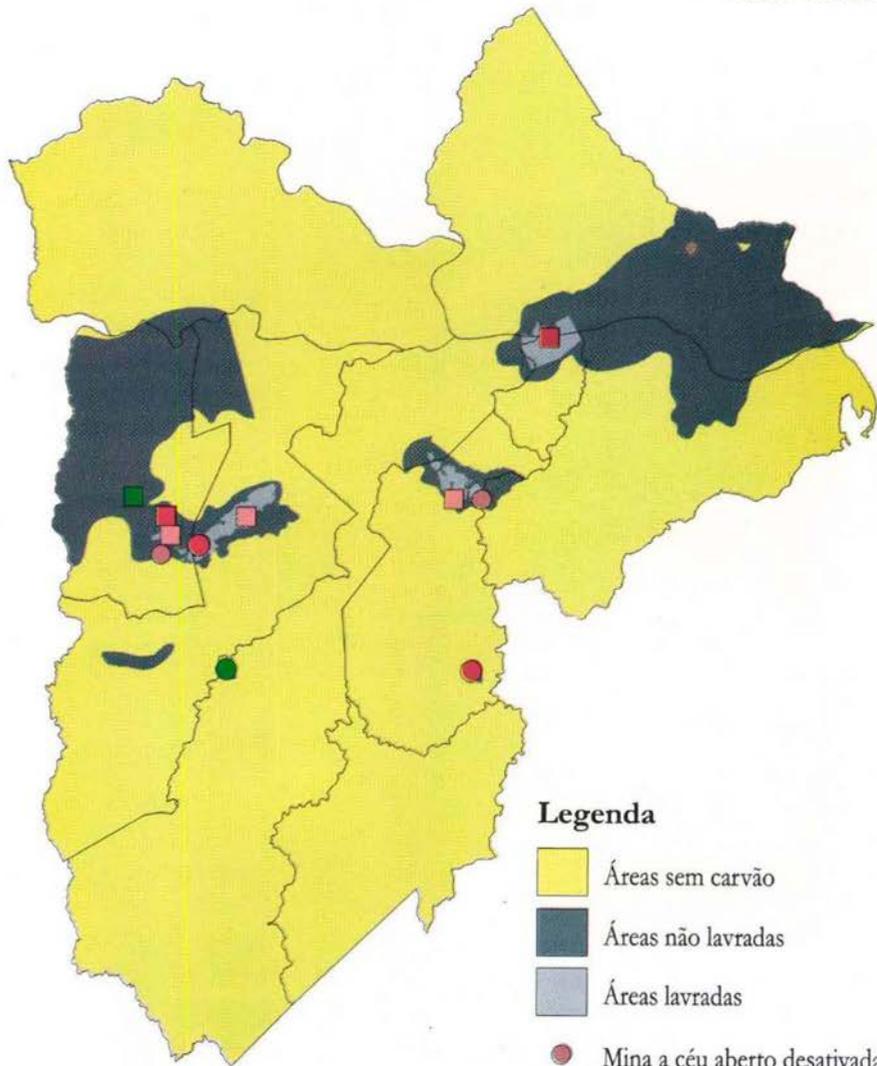


Escala  
1:800.000

## Apêndice 2 Relevo

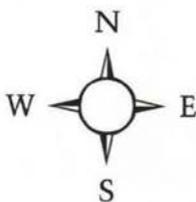


## Apêndice 3 Carvão



### Legenda

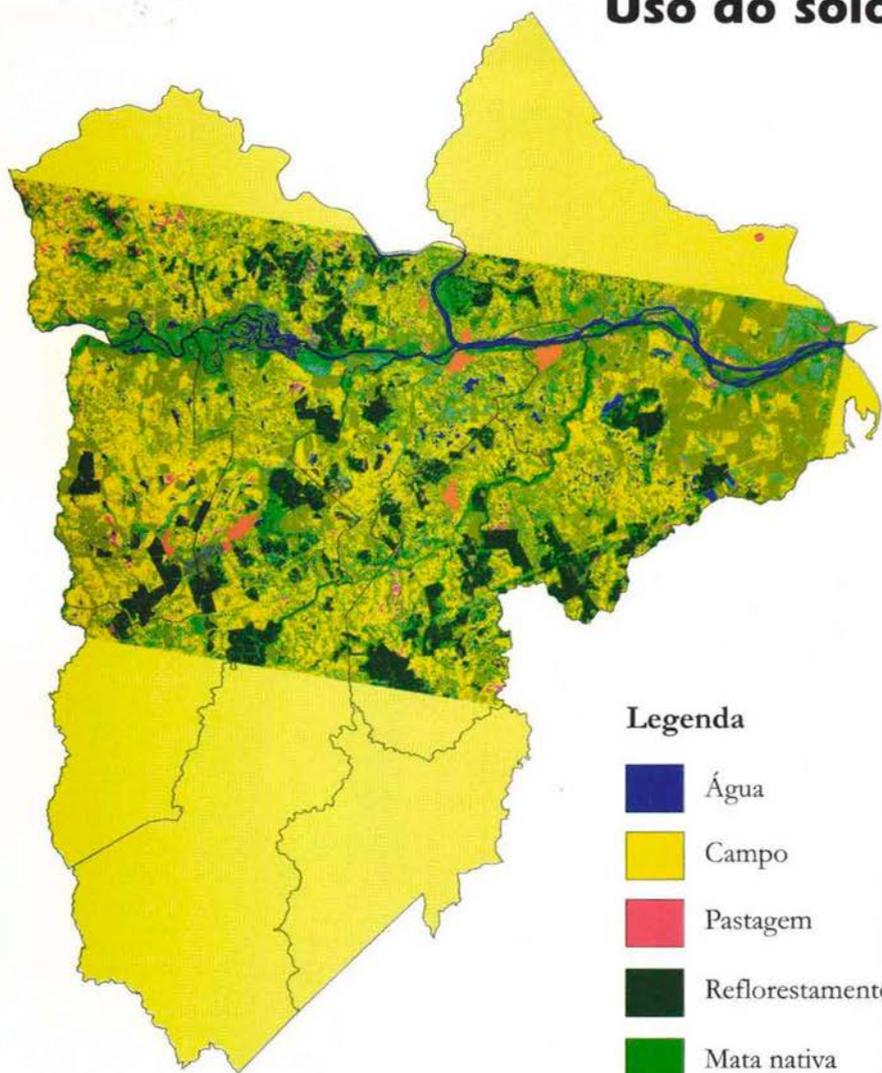
-  Áreas sem carvão
-  Áreas não lavradas
-  Áreas lavradas
-  Mina a céu aberto desativada
-  Mina a céu aberto potencial
-  Mina a céu aberto ativa
-  Mina subterrânea desativada
-  Mina subterrânea potencial
-  Mina subterrânea ativa



Escala  
1:800.000

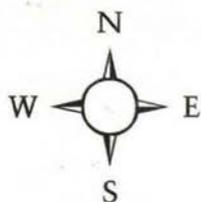
## Apêndice 4

# Uso do solo



### Legenda

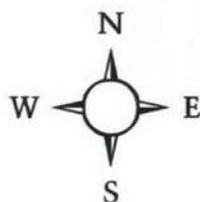
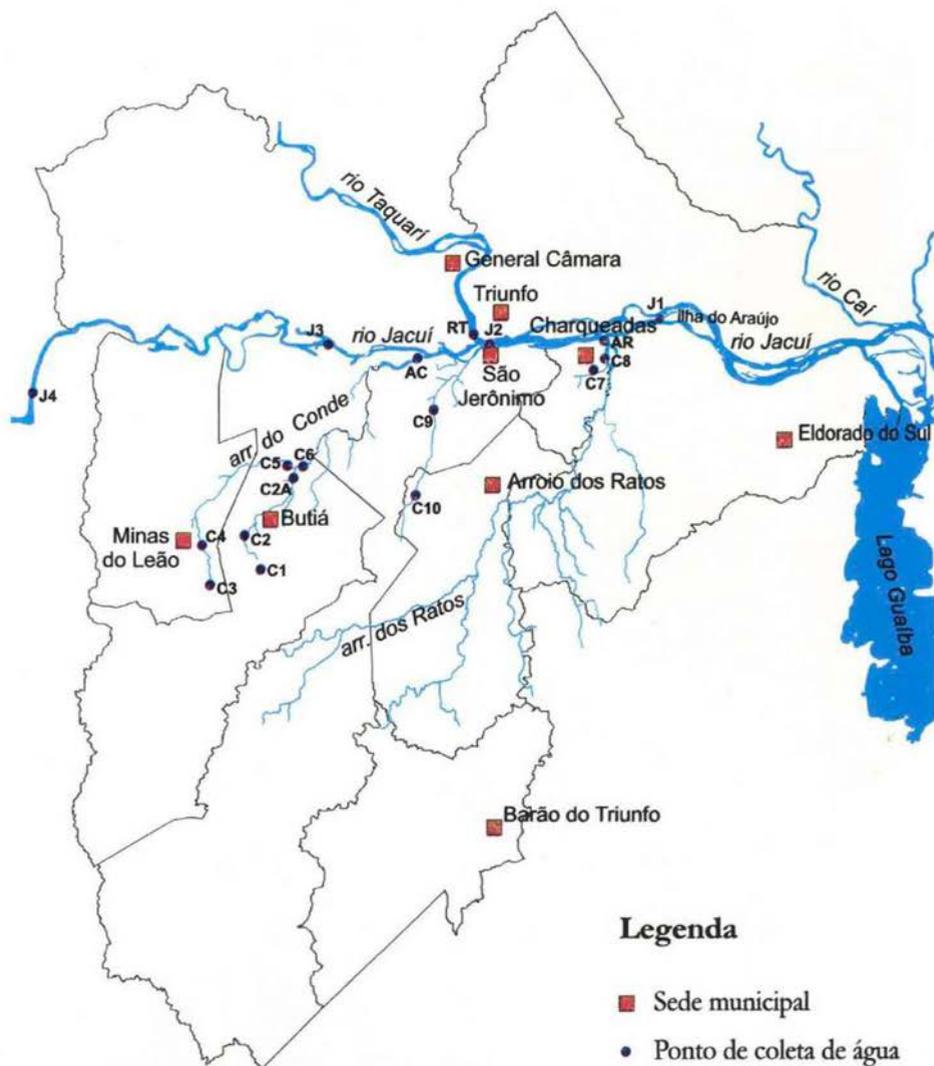
- Água
- Campo
- Pastagem
- Reflorestamento
- Mata nativa
- Banhado
- Mineração
- Solo nu
- Área urbana



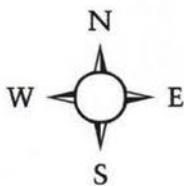
Escala  
1:800.000

## Apêndice 5

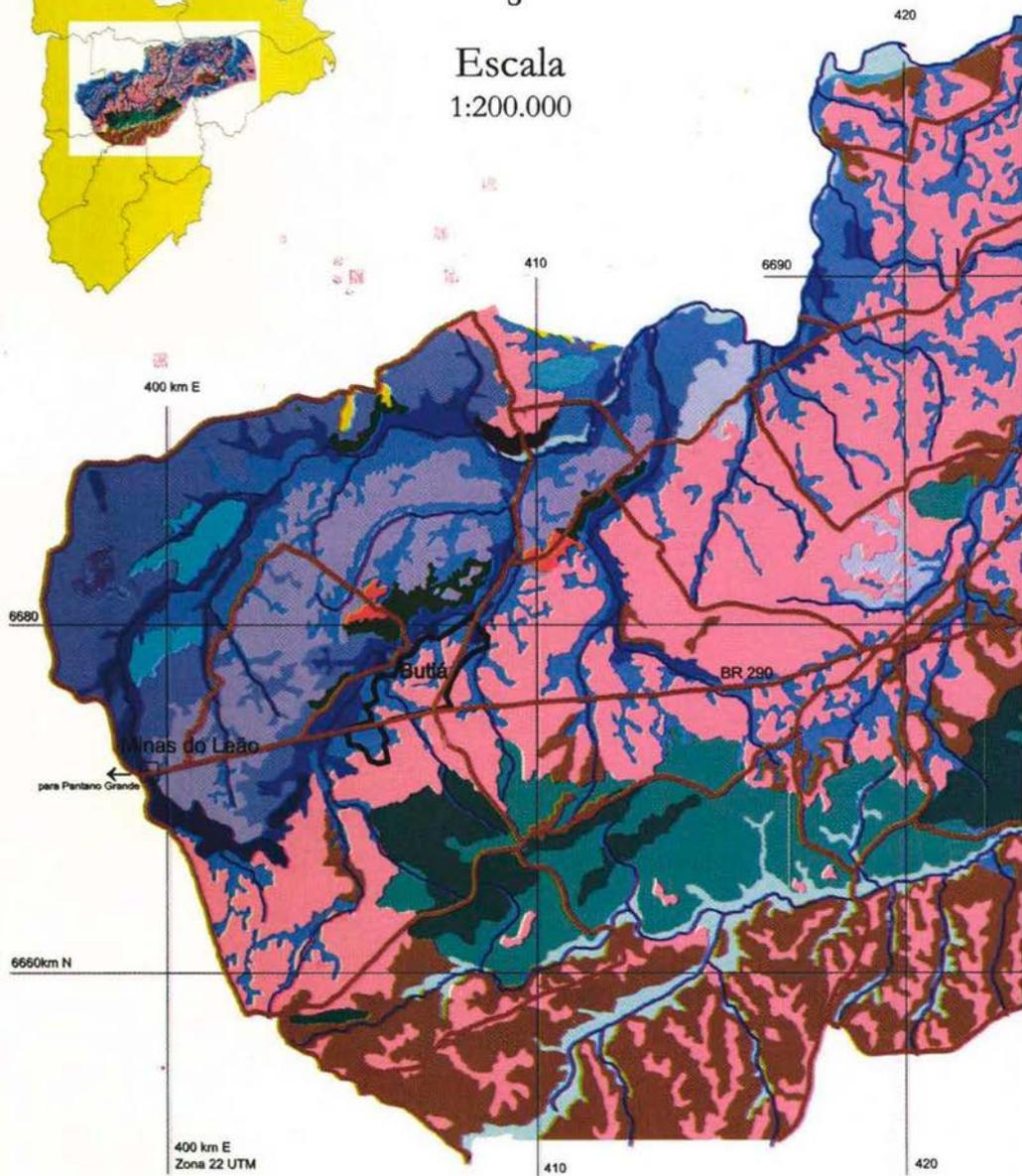
# Pontos de coleta de água



Escala  
1:800.000



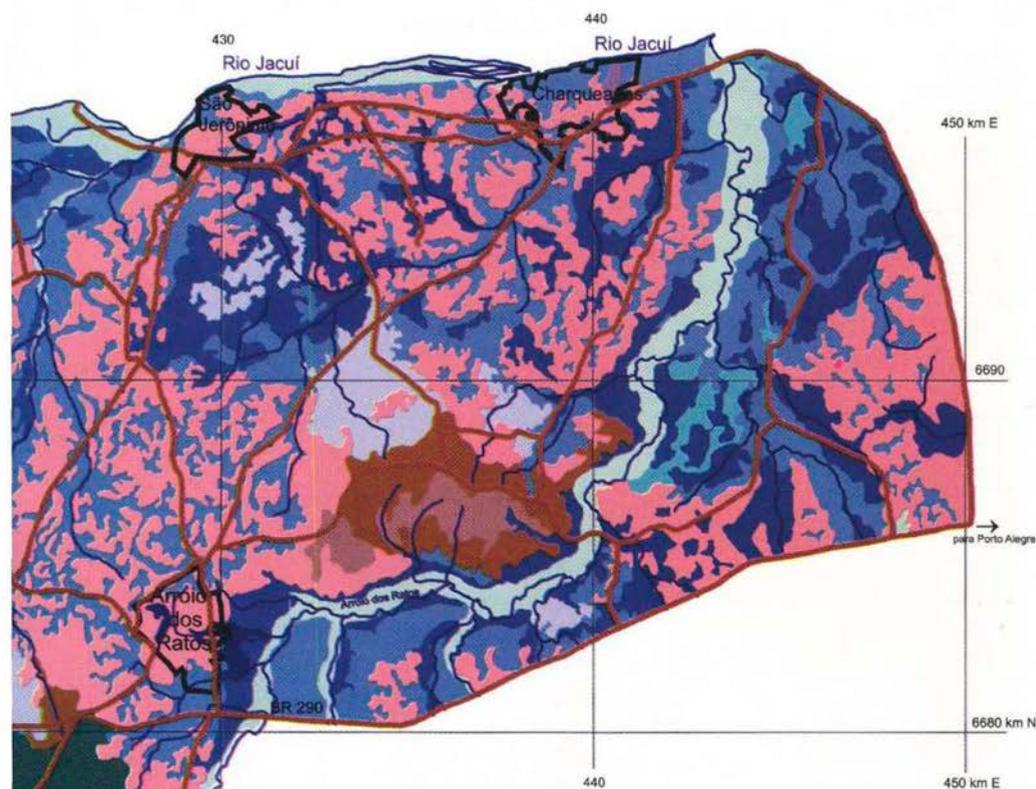
Escala  
1:200.000



Executores: Paulo Schneider, Nestor Kämpf e Elvio Giasson

DEPARTAMENTO DE SOLOS - FACULDADE DE AGRONOMIA - UFRGS - 1996

## Apêndice 6 Solos



### Legenda

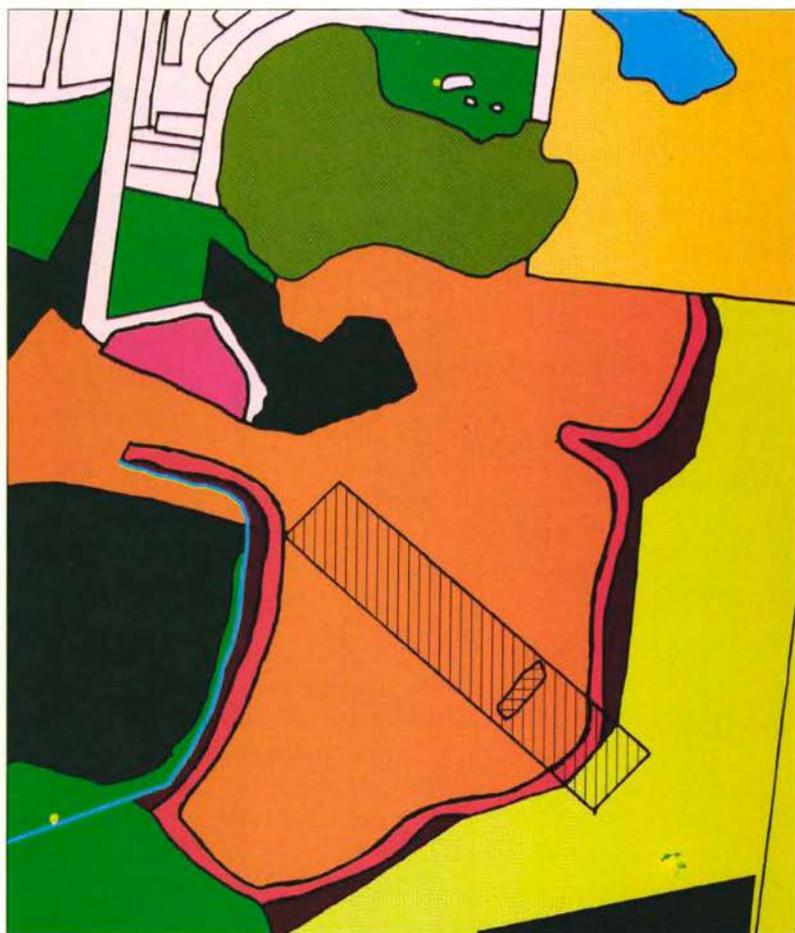
- PE1 - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO LATOSSÓLICO ALÍCO Tb A Moderado text. argilosa subst. granitos e migmatitos
- PE2 - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO EUTRÓFICO e DISTRÓFICO Tb A proemin. text. média/arg. subst. siltitos e argilitos
- PE3 - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO DISTRÓFICO Tb A moderado textura arenosa/argilosa substrato arenito
- PE4 - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO transicional para TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTRÓFICO Tb A moderado textura argilosa/muito argilosa substrato diabásio
- PB1 - PODZÓLICO BRUNO ACINZENTADO PLANOSSÓLICO Endoeutrófico Tb A proem. text. média/silt. subst. argiloso/siltito
- PT1 - PLINTOSSOLO DISTRÓFICO e EPIÁLICO Tb A moderado textura média/argilosa
- PE5 - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO (UM PE1) + CAMBISSÓLICO (UM C)
- PE6 - PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO (UM PE2) + LITÓLICO EUTRÓFICO Tb A moderado text. argilosa subst. diabásio
- PB2 - PODZÓLICO BRUNO-ACINZENTADO (UM PB1) + LITÓLICO EUTRÓFICO (UM PE6)
- C - CAMBISSOLO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A proeminente textura argilosa/muito argilosa substrato granito alterado + PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO (UM PE1) + LITÓLICO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO (UM R1)
- R1 - LITÓLICO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO Tb A proeminente text. arg. subst. granito alterado + CAMBISSOLO (UM PE5)
- R2 - LITÓLICO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO (UM R1) + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO
- PT2 - PLINTOSSOLO (UM PT1) + PODZÓLICO VERMELHO ESCURO (UM PE1) + PLANOSSOLO EPIDISTRÓFICO ENDOÁLICO E DISTRÓFICO Tb A proeminente textura média/argilosa
- PT3 - PLINTOSSOLO (UM PT1) + PLANOSSOLO (UM PT2) + GLEI POUCO HÚMICO (UM HGP) + GLEI HÚMICO (UM HGP)
- HGP - GLEI POUCO HÚMICO EUTRÓFICO Tb A moder. text. argilosa/muito arg. + GLEI HÚMICO ENDOÁLICO Tb A proemin. textura média/argilosa e argilosa + PLANOSSOLO (UM PT2)
- A - SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS e DISTRÓFICOS Tb A mod./A fraco text. variada + GLEI POUCO HÚMICO (UM HGP) + GLEI HÚMICO (UM HGP)
- MR - Minas de carvão a céu aberto + rejeitos de carvão
- TP - Áreas terraplanadas

Rios  
Estradas  
Área urbana

Apêndice 7

# Áreas de estudo de rejeitos de carvão

Capão da Roça – Charqueadas



### Legenda

- Floresta tropical úmida
- Monocultura de eucalipto
- Monocultura de acácia-negra
- Campos úmidos
- Área urbana
- Área de recreação
- Água

- Aterro de carvão**
- Platô superior
- Declive
- Platô inferior
- Paióis abandonados
- Campo de cultivo experimental
- Área de experimentação

Escala  
1:8.000

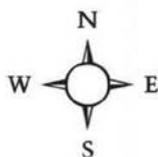




FIGURA 1 - Perfil representativo do Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico da Unidade de Mapeamento Pe1

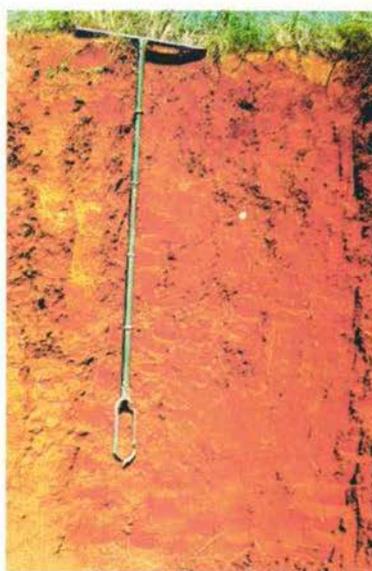


FIGURA 3 - Perfil representativo do Podzólico Vermelho-Escuro Eutrófico da Unidade de Mapeamento Pe2



FIGURA 2 - Em segundo plano, vê-se a paisagem onde ocorre o Podzólico Vermelho-Escuro Latossólico

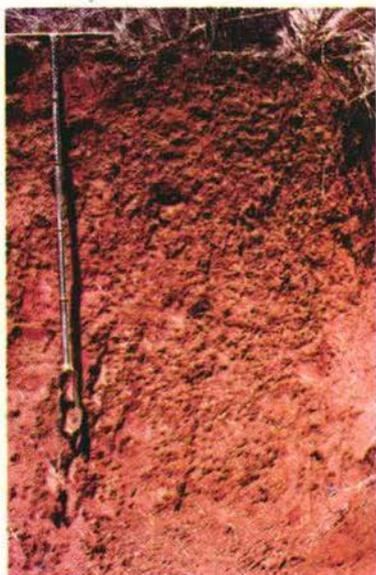


FIGURA 4 - Perfil representativo do Podzólico Vermelho-Escuro transicional para Terra Roxa Estruturada da UM Pe4



FIGURA 6 - Perfil representativo do Podzólico Bruno Acinzentado Planossólico da Unidade de Mapeamento Pb1



FIGURA 5 - Paisagem onde ocorre o Podzólico Vermelho-Escuro transicional para Terra Roxa Estruturada

FIGURA 7 - Paisagem em que ocorre o Podzólico Bruno Acinzentado



FIGURA 8 - Perfil representativo do Podzólico Vermelho Amarelo Cambissólico Epidistrófico Endoálico da Unidade de Mapeamento PV

FIGURA 9 - Paisagem onde ocorre o Podzólico Vermelho Amarelo Cambissólico Epidistrófico Endoálico





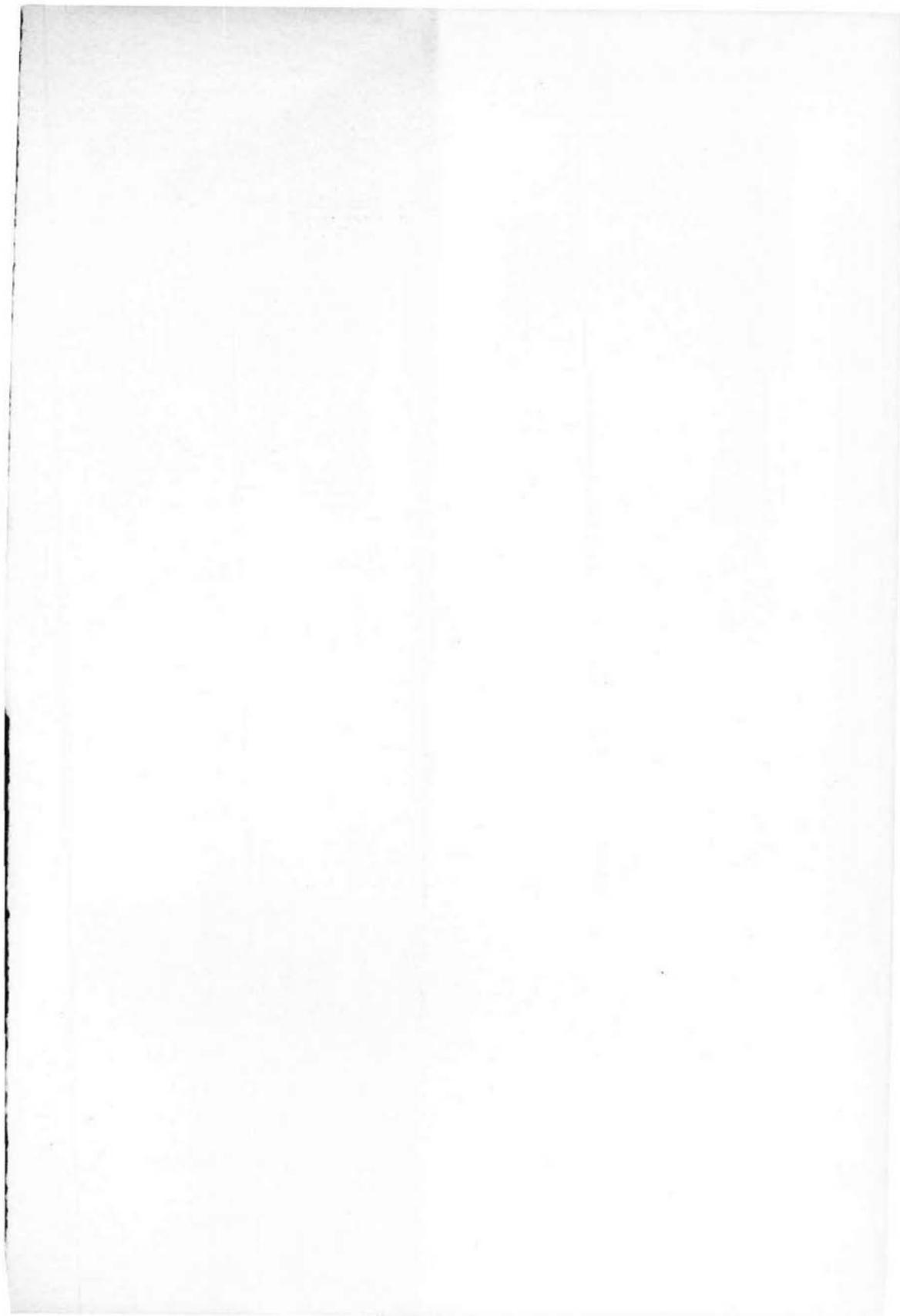
FIGURA 10 - Perfil representativo do Litólico Epidistrófico Endoálico da Unidade de Mapeamento R1



FIGURA 12 - Perfil representativo do Litólico Eutrófico da UM Pe6



FIGURA 11 - Paisagem onde ocorre o Litólico Epidistrófico Endoálico



RESERVA TÉCNICA  
Editora da UFRGS

*Fotolitos da capa*  
Seleção Fotolitos  
Av. Quintino Bocaiúva, 451 - Porto Alegre, RS  
Fone/Fax (51) 346-2111

*Impressão*  
Editora Evangraf  
Rua Waldomiro Schapke, 77 - Porto Alegre, RS  
Fone (51) 336-0422 e 336-2466

# Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul



Adão Luiz dos Santos  
Aida Andreazza  
Albano Schwarzbald  
Aletéia de Oliveira Severo  
Alexandre Guimarães Só de Castro  
Ana Luiza Burliga Miranda  
Anatéia de Oliveira Severo  
Andreas Joachim Krell  
Andréia da Silva Nunes  
Antonio Eduardo Lanna  
Arnildo Konzen  
Caio Vidor  
Carina M. S. Portela  
Carla Alves Simões Pires  
Carla Ruschel  
Carlos Alberto Bissani  
Carlos Eduardo Güntzel  
Catarina Pedrozo  
César Antônio Leal  
Cíntia Acosta Melo  
Cirano Iochpe  
Clebes Pinheiro Brum  
Cornélia Eckert  
Cristiane Maria Weirich Almada  
David M. L. da Motta Marques  
Edison Dausacker Bidone  
Edson Luiz Lindner  
Eliane Sanguiné Visnievski  
Eliseu José Weber  
Élvio Giasson  
Erica Tatto

Feliciano E. V. Flores  
Fernanda Abreu dos Santos  
Geraldo Mario Rohde  
Gervásio Rodrigo Neves  
Graciema Formolo Pellini  
Hans Georg Flickinger  
Hardy Pundt  
Heinrich Hasenack  
Humberto Bohnen  
Jeferson Luís Bittencourt  
José Francisco P. da Silva  
José Ginoris Martín  
Jugurta Lisboa Filho  
Júlio César Loguércio Leite  
Juvir L. Mattuela  
Karen Beltrame Becker  
Larisa B. Gaivizzo  
Lavinia Schüler  
Liane Biehl Printes  
Liege Abel  
Lilian Waquil Ferraro  
Luis Carlos Zancan Filho  
Luiz Fernando Fritz Filho  
Luiz Roberto Malabarba  
Marcelo Cotrim  
Marcelo Dondé de Alexandre  
Marcelo Maisonette Duarte  
Márcio Suminsky  
Marco Aurélio Locateli Verdade  
Maria Beatriz Camino Bohrer  
Maria das Graças Arêde

Maria Elaine de Oliveira  
Maria Luiza Porto  
Maria Teresa Raya Rodriguez  
Marino J. Tedesco  
Miguel Vassiliou  
Miriam Becker  
Nali de Jesus de Souza  
Nelson Augusto Flores Machado  
Nestor Kämpf  
Norma Luiza Würdig  
Olaf Noelle  
Ozório Menezes Fonseca  
Patrícia de Freitas Cerutti  
Paulo Duro  
Paulo Freire Mello  
Paulo Luiz de Oliveira  
Paulo Schneider  
Roberto Giugliani  
Rodrigo Agra Balbuena  
Sérgio João de Luca  
Stella Maris Leonardi  
Suzan L. Brandão  
Sylvia Helena Ayres Chaves  
Tania Renata Prochnow  
Teresinha Guerra  
Tuiskon Dick  
Valdir F. Denardin  
Vera Lúcia Atz  
Willy Bruschi Júnior  
Zuleica Carmem Castilhos



Editora  
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ISBN 85-7025-563-2



9 788570 255631