

UF^B

Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia

Marcela Rebouças Bomfim

Especialização de Mineração e Meio Ambiente

Avaliação de Impactos Ambientais da Atividade Minerária

SEAD

Superintendência de
Educação Aberta e a Distância

e EaD
UFRB

UAB
UNIVERSIDADE
ABERTA DO BRASIL

Marcela Rebouças Bomfim

Avaliação de Impactos Ambientais da Atividade Minerária

Cruz das Almas - BA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

B695a

Bomfim, Marcela Rebouças.

Avaliação de impactos ambientais da atividade mineraria / Marcela Rebouças Bomfim._ Cruz das Almas, BA: UFRB, 2017.

46p.; il.

ISBN: 978-85-5971-038-0

1.Mineração – Impacto ambiental. 2.Mineração – Aspectos ambientais. 3.Solos – Avaliação.
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Superintendência de Educação Aberta e a Distância.
II.Título.

CDD:574.2

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA - UFRB

Silvio Luiz de Oliveira Soglia

Reitor da Universidade Federal da Bahia - UFRB

Georgina Gonçalves dos Santos

Vice Reitora da Universidade Federal da Bahia - UFRB

SUPERINTENDÊNCIA DE EDUCAÇÃO ABERTA E A DISTÂNCIA-SEAD

Ariston de Lima Cardoso

ariston@ufrb.edu.br

Superintendente – Coordenador UAB

Docente/CETEC

Adilson Gomes dos Santos

adilsongomes@ufrb.edu.br

Coordenador Adjunto UAB

Docente/CETEC

Marcela Rebouças Bomfim

reboucas.marcela@ufrb.edu.br

CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS - CCAAB

Elvis Lima Vieira

e-mail: elvieira@ufrb.edu.br

Diretor

Coordenador do Curso Especialização
em Mineração e Meio Ambiente - Ead

Josival Santos Souza

e-mail: jsouza@ufrb.edu.br

Vice-Diretor

Giselle Chagas Damasceno

gdamasceno@ufrb.edu.br

Vice-Coordenador do Curso Especialização
em Mineração e Meio Ambiente - Ead

EQUIPE DE PRODUÇÃO DA SEAD

Agessandro Azevedo Carvalho

agesandro@ufrb.edu.br

Técnico em Assuntos Educacionais

Sabrina Carvalho Machado

sabrina@ufrb.edu.br

Assistente em Administração

Dayane Sousa Alves

dayane.alves@ufrb.edu.br

Chefe do Núcleo de Mídias

Luiz Artur

luiz.atr@ufrb.edu.br

Assistente em Administração

Jônatas de Freitas Santos

moodle@ufrb.edu.br

Técnico em Informática

Alberto Roque Cerqueira de Azevedo

betoazevedodrums@hotmail.com

Técnico em Audiovisual

Carlos André Lima de Matos

andhremattos@gmail.com

Diagramador - Estagiário

Lailson Brito dos Santos

lailsonsantos10@hotmail.com

Estagiário

Raimar Ramos de Macedo Filho

raimarfilho@hotmail.com

Diagramador - Estagiário

SEAD - UFRB

Casa N° 1 - Campus Universitário. Telefone: (75) 3621-6922.

Rua Rui Barbosa, 710 - Centro. Cruz das Almas-BA

Avaliação de Impactos Ambientais da Atividade Minerária

As atividades de mineração tem causado impactos ambientais de grande relevância, comprometendo o funcionamento dos ecossistemas. A qualidade da água, do ar, do solo, da fauna e da flora é totalmente modificada com a presença de poluentes emitidos da mineração. A exploração de minérios não planejada compromete muito mais o ambiente.

Em tese, para que a exploração mineral seja um pouco mais sustentável, é necessário que os rigores da Lei sejam atendidos. Isto implica no planejamento prévio do uso do solo e da água que estão contemplados nos Estudos e Relatórios de Impactos Ambientais. Nesta perspectiva, está a Avaliação de Impactos Ambientais que investiga o potencial impactante das atividades minerárias e ajusta condicionantes para tornar estes impactos menos agressivos.

Neste livro estão apresentados informações sobre a exploração minerária, seus resíduos, impactos ambientais, avaliação e manejos atenuantes dos impactos ambientais.

Sumário

1	Prospecção e Exploração mineral	9
1.1	Prospecção Mineral	9
1.2	Exploração Mineral	11
2	Beneficiamento Mineral e Impactos Ambientais	15
2.1	Beneficiamento Mineral e Impactos Ambientais	15
2.2	Disposição e tratamentos de resíduos/rejeitos minerais	17
2.2.1	<i>Disposição de resíduos</i>	17
2.2.2	<i>Tratamento de resíduos</i>	20
2.2.3	<i>Aproveitamento dos resíduos</i>	21
3	Mineração e Meio Ambiente	25
3.1	Mineração e Impactos Ambientais	25
3.1.1	Impactos no Ar	27
3.1.2	Impactos na Água	28
3.1.3	Impactos no Solo	30
3.1.4	Impactos na Biosfera	31
3.1.5	Impactos Sociais e a saúde da população	31

3.2	Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)	32
3.2.1	Métodos de Avaliação de Impactos da Mineração	34
3.3	EIA/RIMA	36
4	Manejos atenuantes dos impactos da mineração	39

1. Prospecção e Exploração mineral

1.1 Prospecção Mineral

A Organização das Nações Unidas define a mineração como um processo de extração, elaboração e beneficiamento de minerais encontrados no estado natural sólido, como o carvão, líquido, como o petróleo bruto ou gasoso, como o gás natural.

A importância socioeconômica dos minerais vem desde o início das civilizações, em que o ferro e o carvão eram utilizados na cocção de alimentos na Revolução Industrial. A demanda por bens minerais e o mercado consumidor têm crescido, desde aquela época proporcionando maior geração de renda. Hoje a indústria da mineração é considerada uma das atividades de maior representatividade econômica de países como África do Sul, Austrália, Brasil, Canadá e Estados Unidos. No Brasil, a mineração está entre as atividades econômicas mais antigas e tradicionais.

As áreas com potencial para exploração mineral são identificadas através da prospecção mineral, que é um termo da geologia utilizado para conceituar trabalhos minerários e geológicos em busca de jazigos minerais ou petrolíferos. A prospecção é a primeira etapa de utilização de um depósito mineral, considerada a mais primitiva e sistemática das explorações. Segundo Pereira (2012), o projeto de mineração consta de planejamento, compilação de dados, pesquisa bibliográfica, reconhecimento, identificação e testes de alvos, desenvolvimento de estudos

sobre o depósito mineral, desenvolvimento da mina e da mineração. A prospecção ocorre em três etapas: **exploração geológica, avaliação de depósitos através de furos de sonda e a prospecção superficial** através de amostragens sejam em poços, trincheiras, afloramentos, trabalhos geofísicos ou geoquímicos (FERREIRA *et al.*, 2009).

A prospecção é iniciada com mapeamento e sensoriamento remoto, os quais permitem detectar falhas ou pontos geológicos indicativos da presença de minerais. Quando identificados, amostras são coletadas e encaminhadas para análises. Detectores de metais, concentradores e separadores de minerais também são de uso na prospecção (DARLING, 2011). A depender da identificação das rochas e minerais, pode-se optar pelos métodos geológicos *geofísicos* ou *geoquímicos*, que por sua vez dependem do tamanho da região e informações necessárias.

Os métodos geofísicos têm sido considerados os mais eficientes e são complementares aos dados obtidos em mapeamentos geológicos e amostragens geoquímicas. Muitos depósitos podem estar em profundidades elevadas e para minimizarem os impactos ambientais, as metodologias *geofísicas* são as mais indicadas para a prospecção mineral. Com a evolução das técnicas, imagens e modelos 3D tem sido amplamente utilizados. Alguns métodos geofísicos são apresentados a seguir:

- a) **Métodos sísmicos** - ocorrem através de pesquisas de reflexão, utilizados para exploração de petróleo e levantamentos de refração utilizados em investigações locais para engenharia civil onde a espessura das camadas tem grande importância. Este método é mais prevalente em explorações de petróleo e em alguns casos de ouro (Au);
- b) **Métodos Magnéticos** – utilizados na identificação de minérios magnetizados e minerais precipitados, ou seja, é um método que detecta corpos condutores (exemplo falhas preenchidas por minerais argilosos), com o princípio de que quanto maior a susceptibilidade magnética da rocha, mais forte será o campo magnético local. Aplicados em mapeamentos, pórfiros, complexos alcalinos, sulfetos metálicos, entre outros;
- c) **Método da Gravidade** – podem ser identificados sulfetos e rochas ígneas densas e corpos menos densos. A gravidade tem sido utilizada para encontrar pedras preciosas como diamante e ouro, mas também aplicada para hematita, carbonáticos, níquel e sulfetos;
- d) **Métodos elétricos** – indicados para levantamento de resistividade, visto que muitas rochas

são maus condutoras e apresentam alta resistividade. Pode ser utilizado nos estudos da profundidade do lençol freático, identificação de depósitos de sulfetos metálico;

- e) **Método Sísmico** – é mais prevalente em explorações de petróleo e em alguns casos de ouro (Au);
- f) **Método Radiométrico** – utiliza-se contadores Geiger ou cintilômetro para determinar a presença de elementos radioativos.

Os métodos geoquímicos compreendem avaliações químicas das rochas, solos, sedimentos, águas (hidrogeoquímica) e vegetação (geobotânica), plantas em prol da identificação de anomalias indicativas de áreas para exploração mineral (PEREIRA, 2012). São mais aplicados à localização de depósitos e jazidas minerais.

O Estado da Bahia é o quinto produtor brasileiro de bens minerais. Como resultado das prospecções realizadas no Estado, foram descobertas reservas de tálio (mineral de alto valor comercial) no município de Barreiras, além de alguns prospectos em fase de definição no mesmo Estado como Ferro no Centro-Oeste, Cobre (Cu) e Níquel (Ni) no Norte, Ouro (Au) no Sul (CBPM, 2014).

Antes da crise de 2008, que interferiu em grande parte dos prospectos no Brasil, a Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira (ADIMB), identificou 321 projetos de prospecção em fase de sondagem, sendo 53 para minerais ferrosos e 97 para metais base e outros (MELLO, 2014).

1.2 Exploração Mineral

A exploração mineral é a segunda etapa da atividade minerária planejada. Nesta, algumas técnicas mais refinadas são utilizadas como a perfuração, que está entre as mais confiáveis e mais caras para confirmar ou negar a existência de depósito de minério (DARLING, 2011). As análises das amostras minerais permitem a geólogos e a engenheiros de minas calcular tonelagem, o grau ou a riqueza do depósito mineral. Muitos países exigem uma Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) específica para a fase de exploração, pois os impactos podem ser profundos.

A exploração mineral moderna tem sido impulsionada em grande parte pela tecnologia, a exemplo das extensões significativas de depósitos preexistentes associados a minas operacionais ou abandonadas (DARLING, 2011), que tem extraído minerais remanescentes.

A exploração mineral pode ocorrer em superfície ou a céu aberto e subsuperfície ou subterrânea. A exploração em superfície remove minerais próximos à superfície da terra e o preço da exploração é mais baixo pois os minerais estão expostos. Após remoção da camada superficial do solo, perfuração, remoção de resíduos, explosão e escavação, o minério é transportado por caminhões para instalações apropriadas para beneficiamento ou processamento. A exploração de minas de carvão é um bom exemplo de exploração mineral superficial. O uso deste método preferido praticado nas minas e carvão por ser menos trabalhoso e pela maior produção em relação a subterrânea, mesmo sendo altamente destrutiva. Este tipo de exploração emite particulados, causando alterações na topografia, dispendo estéreis em pilhas, formando, segundo Franco (2008), paisagens lunares.

Apesar do grande interesse econômico, a mineração de superfície, causa perturbações em grandes extensões de terra, causando diversos danos ambientais:

- a) Destruição das paisagens e florestas através do desmatamento impactando severamente a vida selvagem;
- b) Erosão do solo, limitando a possibilidade de uso para fins agrícolas;
- c) Perda da mata ciliar;
- d) Contaminação do solo e lençol freático por produtos tóxicos;
- e) Emissão de particulados para atmosfera impactando diretamente na qualidade de vida das pessoas.

A exploração subsuperfície consiste na escavação de túneis e poços na terra para alcançar a rocha mineralizada localizada abaixo da superfície da terra e envolve escavação de eixos de acesso ou do depósito mineral e a instalação de suporte do solo para manter estabilidade das instalações. A exploração em subsuperfície depende da topografia local, profundidade e do tipo de mineral extraído e impacta diretamente o solo, causando outros danos ambientais:

- a) Resíduos na superfície;
- b) Alteração no fluxo da água subterrânea;
- c) Emissão de compostos tóxicos no ar;
- d) Lançamento de compostos tóxicos na água.

Estes são impactos que trazem à população ações de repúdio contra a instalação de mineradoras em muitos municípios, principalmente quando há o conhecimento apropriado de tais impactos, afetando a qualidade de vida. Existem relevantes casos dos impactos socioambientais das atividades minerárias, a exemplo do município de Santo Amaro, Recôncavo da Bahia, onde as atividades de beneficiamento do minério de chumbo (galena) promoveram um dos casos mais emblemáticos de contaminação urbana por chumbo do mundo.

2. Beneficiamento Mineral e Impactos Ambientais

“A mineração é essa indústria que se concentra na extração de recursos minerais da crosta terrestre para disponibilizá-los para a indústria de transformação”

Castilla-Gómez & Herrera-Herbert, (2015)

2.1 Beneficiamento Mineral e Impactos Ambientais

É a fase de concentrar o minério explorado, ou seja, de separação do mineral em constituintes para obter o produto desejado. O beneficiamento objetiva tratar, concentrar ou purificar o minério sem alterar sua constituição química. Nesta etapa, o minério deverá ser avaliado quanto ao tamanho (granulometria), forma, concentração, separação e extração da fração não interessada. A fase de beneficiamento é a que gera grande parte dos resíduos. Por exemplo, na mineração de cobre (Cu), grandes áreas podem ser exploradas e se obter como produto de qualidade apenas 1%, já o ouro (Au) alguns centésimos de uma percentagem (FALLIS, 2010).

O beneficiamento consiste em três etapas: i – preparação, onde o minério é triturado por esmagamento e moagem; ii – concentração, onde o mineral é separado da ganga; e a desidratação do concentrado. O esmagamento ocorre em diversas fases até o minério ser reduzido a tamanhos entre 5-25 mm.

Considerando-se os efeitos ambientais gerados existem quatro tipos de beneficiamento

com base na NBR 12649/92:

1. Sem beneficiamento – minério extraído e comercializado in natura, a exemplo de rochas ornamentais;
2. Beneficiamento à seco – operações à seco como britagem, peneiramento e preparação de rochas ornamentais. Este método é potencial gerador de emissões atmosféricas;
3. Beneficiamento a úmido – ocorre com o minério úmido ou em meio líquido. Incluem peneiramento e moagem e são geradores de efluentes líquidos;
4. Beneficiamento com insumos químicos – utilização de produtos químicos como na amalgamação frequentemente utilizada nos garimpos de ouro. É a forma de beneficiamento com maior geração de impactos ambientais.

O Ministério de Minas e Energia elenca alguns dos principais processos de beneficiamento de minérios:

- a) **Fragmentação ou redução de tamanho** – nesta etapa, o minério é fragmentado até que a parte útil seja obtida. Esta etapa tem elevado gasto energético e baixa eficiência operacional. A fragmentação para obter tamanhos de partículas relativamente grandes (1 mm), são denominados de britagem e quando o tamanho das partículas é menor (ex: 0,074mm), moagem.
- b) **Classificação** – nesta etapa, as partículas são separadas. Avalia-se se o tamanho da partícula atende as especificações do mercado, se o tamanho da granulometria atinge os minérios de interesse. Para tais procedimentos, podem ser utilizadas peneiras, classificadores mecânicos (para partículas menores que as das peneiras) e ciclone, que são utilizados na faixa de tamanhos onde classificadores mecânicos atuam, entretanto são mais eficientes.
- c) **Concentração** – ocorre quando os minérios de interesse são separados. Podem ocorrer por separação/concentração gravítica (uso de meio fluido para separação/concentração);

separação magnética (através da suscetibilidade magnética); flotação (permite obter concentrados com elevados teores e expressivas recuperações, aplicado a minérios de granulometria fina), manual (através de inspeção visual, onde os minerais de interesse, são manualmente resgatados).

Após beneficiamento mineral, o volume de rejeitos gerados com valor econômico pode indicar baixa eficiência, o que significa perdas financeiras, maior produção de rejeitos e mais impactos ambientais. Esta baixa eficiência é denominada de **Baixa Recuperação**. As técnicas de beneficiamento podem impactar o ambiente através do: uso de mercúrio para amalgamação do ouro, efluentes ricos em metais tóxicos lançados nos rios e córregos, emissões de particulados através de processos de britagem e moagem, entre outros.

Os impactos ambientais gerados no processamento mineral têm sido demasiadamente preocupantes para a sustentabilidade das atividades. As atividades minerárias como extração, beneficiamento e processamento de minerais estão no topo das mais impactantes englobadas em cinco categorias de acordo com a CPRM (2002): poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência de terreno, incêndios causados por carvão e rejeitos radioativos.

2.2 Disposição e tratamentos de resíduos/rejeitos minerais

2.2.1 Disposição de resíduos

O grande volume de resíduos gerados no beneficiamento, a exemplo do cobre, mencionado anteriormente, traz indagações à cerca da disposição e destino final destes resíduos. O volume depende da eficiência do processo de extração, concentração do mineral, localização da jazida entre outros. Os resíduos sólidos da extração no decapeamento da mina são denominados estéril ou rejeitos, ou seja, materiais escavados, sem valor econômico resultante do tratamento/beneficiamento.

Os rejeitos são dispostos em áreas da mineradora ou espaços públicos em forma de pilhas. Em alguns casos, os rejeitos são depositados nos solos. Algumas espécies vegetais conseguem resistir a toxicidade dos resíduos.

As áreas para disposição legal e sustentável de resíduos devem estar localizados distantes

de Áreas de Preservação Permanente (APP) e segundo o Instituto Brasileiro de Mineração, a geologia da área deve ser bem conhecida para que os efeitos dos resíduos possam minimizar a produção (IBRAM, 2016). No Brasil, a disposição de estéril (resíduo da lavra) deve ocorrer de acordo com a NBR13029.

Os métodos comumente utilizados para deposição de rejeitos são em reservatórios criados por diques de contenção ou barragens, que devem ser construídos com todas normas de segurança para impedir infiltração de efluentes danosos, evitando danos socioambientais de grande repercussão.

O descarte pode ser a granel (transportado por caminhões ou correias) e polpa (mistura água e sólido), transportado por tubulações através de sistema de bombeamento ou por gravidade. No Quadro 2.1, encontram-se as formas e as condições para selecionar os métodos para disposição dos rejeitos.

Quadro 2.1: Forma de disposição e condições para seleção de métodos para disposição de resíduos.

Forma de Disposição	Condições para seleção de métodos
Minas subterrâneas	Natureza do processo de mineração
Cavas exauridas das minas	Condições geológicas da região
Pilhas	Condições topográficas da região
Empilhamento à seco	Propriedades mecânicas dos materiais
Em pasta	Poder de impacto ambiental de contaminantes
Barragens de contenção de rejeitos	Condições climáticas da região

Fonte: IBRAM, 2016.

Algumas formas de disposição, como as barragens de rejeito, são muito utilizadas, sendo construídas utilizando solos, ou o próprio rejeito. Um dique de partida, ou seja, com uma determinada altura é construído e a barragem passa por alteamentos ao longo da sua vida útil, podendo ser por três métodos (IBRAM, 2016):

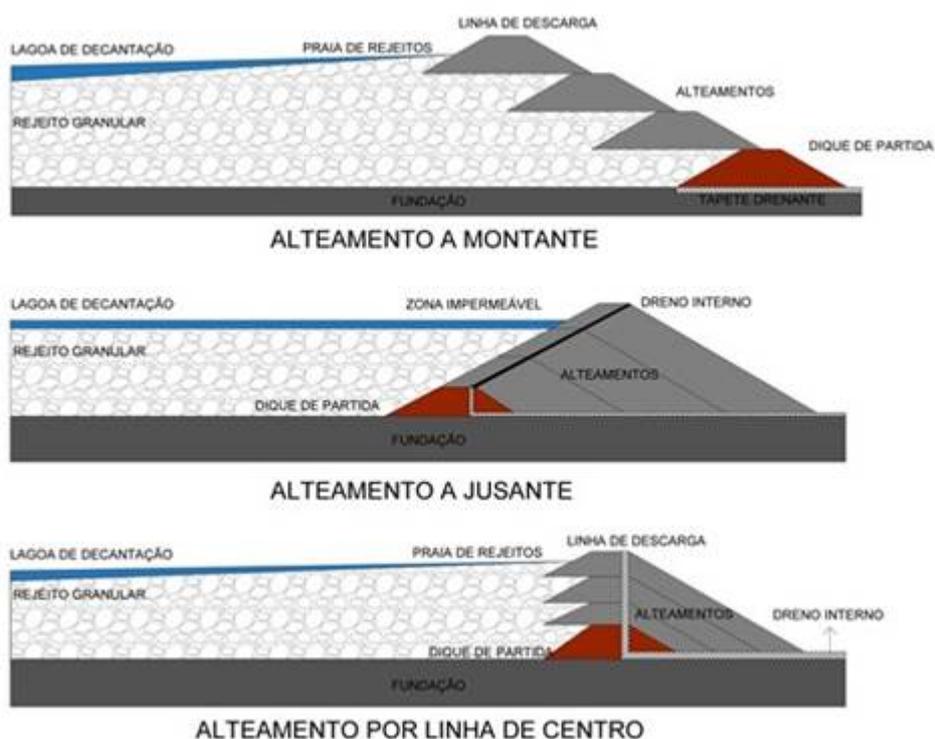
- a) Montante – é o mais antigo, simples e econômico. O rejeito é lançado através de canhões em direção à montante da linha de simetria do dique, formando uma praia de deposição, que farão parte da estrutura de contenção;
- b) Jusante – consiste na construção de um dique de partida de solo em que alteamentos

subsequentes são realizadas para jusante. Podem ser empregados os próprios rejeitos, solos ou estéril da lavra para sua construção;

- c) Linha de centro – é o método intermediário entra a jusante e montante. O rejeito é lançado a montante do dique de partida, formando uma praia e o alteamento subsequente é construído lançando aterro sobre o limite da praia e no talude da jusante (Silva *et al.*, 2012).

Na Figura 2.1 os três métodos podem ser observados.

Figura 2.1: Métodos construtivos de barragens de rejeito (Adaptado de Araújo, 2006).



As barragens, a montante e linha de centro apresentam vantagens econômicas e baixo custo. As barragens devem ser construídas de acordo as normas de construção e segurança. A Lei nº 12.334 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens foi sancionada em 2010 associada a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem proposto ações voltadas a segurança de barragens (BRASIL, 2010).

2.2.2 Tratamento de resíduos

O montante de resíduos produzidos pelas atividades mineradoras é uma das principais preocupações pós beneficiamento mineral. Estes resíduos por muitas vezes ficam nos pátios das mineradoras dispostos a céu aberto ou utilizados para os mais diversos fins sem devido conhecimento. No município de Santo Amaro, Recôncavo da Bahia, cerca de 490 mil toneladas de resíduo do processamento da galena, minério de chumbo, foram dispostos no pátio, a céu aberto. Parte destes resíduos foram doados para pavimentação das ruas do município e para aterramento de quintais de casas residenciais. Após esta “tragédia”, o município ficou conhecido como um dos mais contaminados por chumbo no mundo. Santo Amaro é apenas um exemplo dos diversos existentes no Brasil e no mundo. Talvez pela falta de informações mais específicas, as pessoas acabam sendo expostas a riscos que a princípio soam como algo benéfico. O tratamento de resíduos, mesmo que estes sejam para fins de reuso, é de fundamental importância para evitar impactos socioambientais sem precedentes.

Os rejeitos, em muitos casos são ricos em substâncias tóxicas que podem levar a contaminação da água, do solo, do ar, da fauna, flora e população. Os efluentes das atividades de mineração devem passar por um processo de eliminação de componentes tóxicos, sólidos suspensos, nitratos entre outros, que são contaminantes de elevado risco para o meio ambiente. Algumas alternativas podem ser utilizadas para o tratamento dos resíduos como o uso de **lagos de rejeitos**, a **desidratação e eliminação de rejeitos secos** e a **disposição de rejeitos utilizando emissários submarinos** (quando as minas estão próximas do mar). A eliminação de rejeitos secos tem sido a opção da maioria das mineradoras e a disposição de rejeitos utilizando emissários submarinos é ilegal frente a várias jurisdições (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010).

Para que a água utilizada na mineração não impacte o ambiente, empresas de mineração principalmente as americanas tem desenvolvido planos de gerenciamento e utilizando técnicas de tratamento e monitoramento da qualidade da água. Estas técnicas estão sumarizadas abaixo:

- a) Interceptar e desviar água superficial;
- b) Reciclar a água utilizada no processamento;

- c) Capturar água de drenagem;
- d) Permitir evaporação das águas em lagoas;
- e) Instalar revestimentos e coberturas sobre rochas de resíduos e pilhas de minério, reduzindo assim o contato com água subterrânea.

2.2.3 Aproveitamento dos resíduos

Pesquisas têm sido realizadas em busca do reaproveitamento de resíduos da mineração. O reuso pode ser uma opção para mitigar os impactos dos resíduos no ambiente, diminuindo a exposição de humanos a contaminantes. Na Tabela 2.1, é possível verificar algumas destas possibilidades agrupadas por Lottermoser, (2011).

Na literatura, encontra-se também casos omissos do reuso de resíduos oriundos do beneficiamento de minérios que causaram passivos ambientais de relevante extensão, como no município de Santo Amaro, que a escória do beneficiamento da galena foi doada para pavimentação da cidade e aterramento de quintais de imóveis residenciais.

Infelizmente existe um grande volume de resíduos produzidos e um pequeno volume reutilizado, seja por falta de planejamento ou pelos custos que podem trazer a mais que o planejado. O que muitas mineradoras tem proposto a fazer, principalmente fora do Brasil é atender as legislações ambientais de forma que os impactos gerados sejam minimizados cada vez mais. Na Figura 2.2, está uma imagem da hierarquia da prática de gestão de problemas relacionados ao uso de resíduos e a importância que das etapas desde a prevenção para que o problema (tratamento de resíduos) seja minimizado.

Curiosidades!

Utilizando métodos mais modernos, a empresa Brasil Ozônio inovou em um ambicioso projeto utilizando ozônio no tratamento de água, efluentes e solos contaminados por metais pesados em minas desativadas onde houve extração de urânio em Minas Gerais. O primeiro teste realizado em laboratório após 20 minutos da aplicação os metais pesados presentes na atmosfera transformaram-se em sólidos em suspensão. Testes realizados da empresa com instituições de ensino demonstraram que a aplicação de ozônio conseguiu identificar a precipitação de diversos metais, permitindo que estes sejam separados. Antes da aplicação

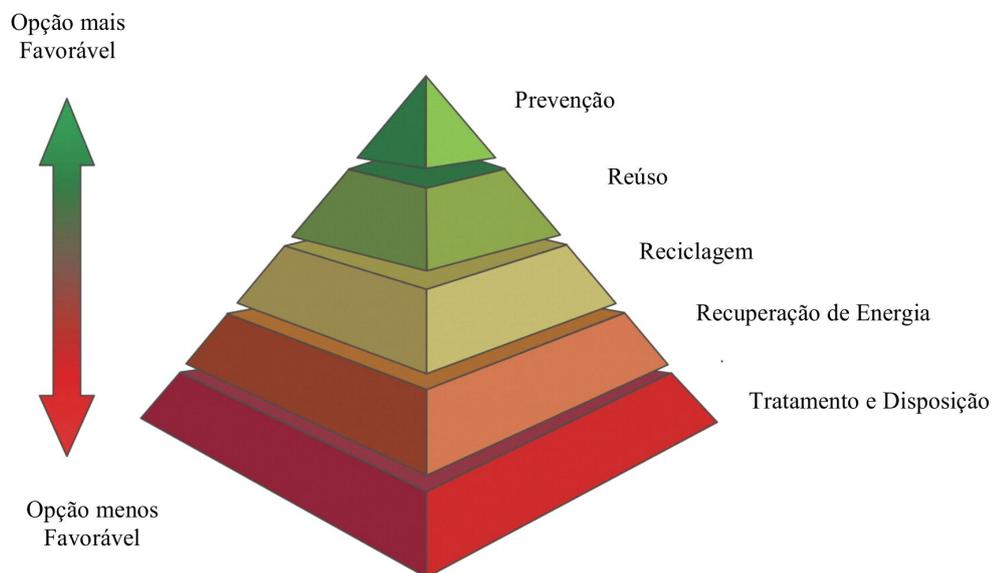
Tabela 2.1: Possibilidade de reuso de resíduos de atividades de mineração

Tipo de resíduo		Opções de reuso e reciclagem
Resíduos de Minas	Resíduos de rochas	Recurso de minerais e metais
		Recheio para vazios abertos
		Material para paisagismo
		Capa de material para repositórios de lixo
		Substrato para revegetação em locais da mina
		Agregado em terraplenagem, pavimentação e construção civil.
	Resíduos de Águas	Material de alimentação para cimento e concreto
		Aplicações de supressão de poeira e processamento de minerais
		Recuperação de metais das águas AMD
		Água potável
		Uso industrial e agrícola
	Drenagem de Minas	Refrigerante ou agente de aquecimento
		Geração de eletricidade usando tecnologia de célula de combustível
		Extração de óxidos férricos hidratados para pigmentos de tinta
		Extração de Mn para esmaltes de cerâmica
Resíduos Processamento	Rejeitos	Floculante/adsorvente para remover fosfato de esgoto e efluentes agrícolas
		Reprocessamento para extrair minerais e metais
		Redução de resíduos através da extração direcionada de minerais valiosos durante o processamento
		Rejeitos ricos em areia misturados com cimento utilizado como enchimento em minas subterrâneas
		Resíduos ricos em argila como uma alteração aos solos arenosos e para a fabricação de tijolos, cimento, pavimentos, sanitários e porcelanas
		Resíduos ricos em Mn utilizados em agro-silvicultura, materiais de construção e construção, revestimentos, produtos de resina fundida, vidro, cerâmica e esmaltes
		Rejeitos de bauxita como fontes de alumínio
		Restos de Cu-ricos como extensores para tintas
		Lâminas ricas em Fe misturados com cinzas volantes e lamas de esgoto como cerâmica leve
		Recuperação de energia a partir de misturas de rejeitos de carvão e compostagem
		Resíduos ricos em fosfatos para a extração de ácido fosfórico

Fonte: Lottermoser, (2011)

do ozônio, apenas o Manganês era separado com gasto anual de R\$ 2 milhões de cal. Com o ozônio, é calculado pelos pesquisadores uma redução em 60% com cal.

Figura 2.2: Hierarquia das Minas (da prevenção a disposição de resíduos) (Adaptada de Lottermoser, 2011).



Pesquisadores da UNESCO e da Escola Politécnica da USP estão inovando nas pesquisas para aplicação do ozônio em solos contaminados. A ideia da proposta é injetar ozônio diretamente nas montanhas de resíduos para eliminar a bactéria *Thiobacillus ferrooxidans*, responsável pela produção de sulfato ferroso quando em quantidade com metais como a pirita, que favorece a drenagem ácida (FAPESP, 2013).

3. Mineração e Meio Ambiente

“Toda e qualquer atividade econômica sempre se inicia com um saque sobre algum bem ambiental: a terra, os minérios, a vegetação, o ar, as águas, os animais”

Guerra & Vitte, (2004)

3.1 Mineração e Impactos Ambientais

O cenário econômico mundial durante décadas teve grande participação de empresas e empreendimentos em busca da exploração e beneficiamento de minerais, o que trouxe aos pesquisadores e cientistas preocupação com as alterações no equilíbrio ecológico. Este cenário tem sido mantido pelo crescimento populacional e urbanização que tem demandado por commodities minerais, avançando as atividades minerárias, provocando impactos no ambiente em grandes proporções.

Toda alteração no equilíbrio ecológico provocado pelo homem é um impacto ambiental (Sánchez, 2006). Segundo a Resolução CONAMA de 1986, impacto ambiental é toda e 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:

- I. A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. As atividades sociais e econômicas;
- III. A biota;
- IV. As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V. A qualidade dos recursos ambientais.

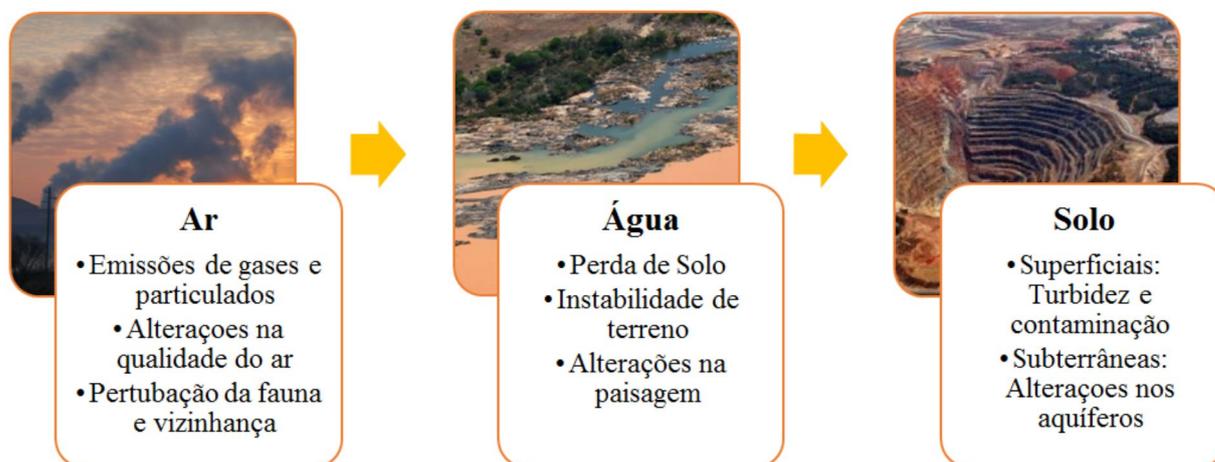
Por muitas décadas também, a exploração de minérios ocorreu de forma não legalizada e os *impactos ambientais* só eram conhecidos quando começavam a ser visíveis através da degradação da paisagem nas áreas onde as jazidas minerais eram exploradas. Com as leis ambientais e órgãos fiscalizadores cada vez mais atuantes, as questões ambientais têm sido mais priorizadas resultando na “impossibilidade” de implantação de projetos ou discussão de planejamento sem considerar o impacto ao meio ambiente. Embora ação de fiscalização ainda são necessárias principalmente no setor da mineração onde explorações clandestinas ainda existem.

O estudo dos impactos ambientais no setor de mineração é considerado de grande importância para a gestão ambiental, uma vez que tal prática se não realizada de maneira correta pode acarretar sérios danos ambientais no solo, rios e lençóis freáticos, além provocar interferência negativa à comunidade local, representando também preocupação de cunho social. Daí a exploração da mineração deve ser bem planejada. Os impactos potenciais dependem de fatores como natureza do minério, geologia, geotecnia, métodos de extração, resíduos gerados e vulnerabilidade do componente ambiental local (CASTILLA-GÓMEZ & HERRERA-HERBERT, 2015).

Apesar da grande relevância para o produto interno bruto (PIB) do país, a extração mineral gera perdas na biodiversidade, na fertilidade natural do solo e interferência nos recursos hídricos (PATRICIO, 2009). Estas perdas estão associadas as mais diversas etapas da exploração mineral como abertura de cava, uso de explosivos, ruídos e vibrações, transporte e beneficiamento os quais impactam a qualidade do ar, da água (alterações hidrogeológicas) e do solo (restringindo seu uso para outros fins) (Figura 3.1), [D1] [M2] que conseqüentemente

afetam a flora, fauna e saúde humana. A mineração é uma das atividades que mais causam desmatamento e poluição (MKPUMA et al., 2015).

Figura 3.1: Impactos Ambientais resultantes das atividades de mineração



Durante a exploração, é imprescindível algumas observações para que não ocorrem impactos ambientais e na saúde humana como a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, possibilidades da drenagem ácida, proximidade com aquíferos, presença de oligoelementos no solo como Hg e As, presença de comunidades biológicas sensíveis, entre outros.

3.1.1 Impactos no Ar

As operações de mineração mobilizam quantidades de materiais e pilhas de resíduos em que pequenas partículas sólidas desprendem-se, formando nuvens de poeiras, facilmente dispersas pelo vento, que comprometem a qualidade do ar.

As principais fontes de poluição atmosférica são:

- Matriz de partículas – dispersas pelo vento durante escavações, explosões, jateamento, transporte de material e rejeitos, erosão eólica (em mineração a céu aberto);
- Emissão de gases – gerados durante a combustão de combustíveis, explosões e processamento mineral. Na atmosfera, os poluentes podem causar sérios danos à saúde.

Atividades de extração, processamento, manuseio e transporte geram poluentes atmosféricos perigosos como metais pesados, monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂)

e óxidos de nitrogênio (NOx) (FALLIS, 2010). O dióxido de enxofre e o metano liberados pela queima de combustíveis fósseis, produzem gases com efeito estufa que podem levar a mudanças climáticas (OPOKU-WARE, 2010). Na mineração de carvão, por exemplo, há liberação de cinzas voláteis carregadas de gases de efeito estufa e produtos tóxicos e metano que é cerca de 20 vezes mais potente que o dióxido de carbono.

As emissões atmosféricas devem ser controladas, para reduzir os impactos em comunidades próximas, flora e fauna locais. Em imóveis residenciais próximas as áreas de mineração, existem relatos sobre danos à saúde humana, pois os particulados emitidos podem ser acumulados em diversos órgãos do corpo humano, a exemplo das emissões da Plumbum em Santo Amaro, Bahia.

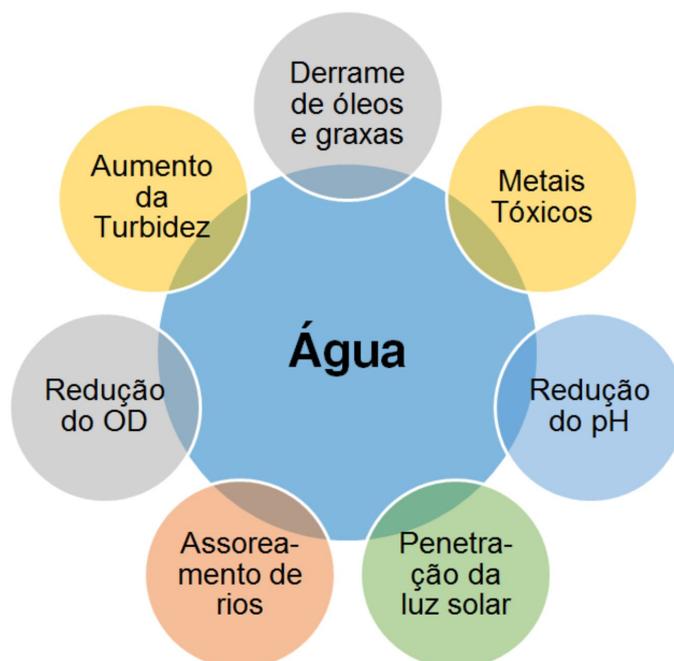
3.1.2 Impactos na Água

Há um consumo elevado de água no processamento mineral para a recuperação de metais, limpeza, bombeamento, transporte, resfriamento, controle de poeira e necessidades dos trabalhadores. A qualidade da água de subsuperfície e subterrânea devem ser priorizadas de forma que a sustentabilidade da vida aquática e animais silvestres terrestres sejam mantidas. A maior parte das mineradoras do Brasil poluem as águas pelo descarte de lama, seguida por compostos químicos solúveis quando não controlados.

As atividades minerárias afetam e deterioram a qualidade da água principalmente pela descarga no sistema de drenagem em superfície. Os impactos na água são divididos em categorias: a) químicas que afetam o pH, alterando a concentração de metais dissolvidos e compostos sintéticos; b) físicas que aumenta a concentração de sólidos em suspensão, causando turbidez e adsorção de metais; c) biológicas quando ocorre migração e morte de espécies, além de perturbar solos, vegetação e fauna; d) ecológico, alterações do habitat, bioacumulação de metais na cadeia alimentar, extinção de espécies e produtividade primária reduzida.

Água de má qualidade além de afetar a saúde humana, pode aumentar a solubilidade de metais pesados tornando as águas tóxicas, tornando inviável muitas formas de vida aquática. Na figura 3.2, estão listados alguns dos impactos da mineração na água.

Figura 3.2: Impactos ambientais da mineração na água.



Os rejeitos de minas também representam um risco de mina ácida contribuindo para drenagem ácida e subsequente contaminação da água. A drenagem de minas está entre os fatores de ameaças mais graves a qualidade da água. Acontece quando rejeitos produzidos da moagem de minérios de sulfetos, principalmente (Cu, Pb e Zn) apresentam maiores concentrações de pirita que a rocha residual. Estes rejeitos são saturados com água formando águas ácidas, contaminando águas subterrâneas, córregos, solos, plantas, animais e seres humanos, resultando em uma cor laranja, tornando a água superficial inutilizável. Se não controlada pode prejudicar a biota aquática e impedir que plantas, animais e peixes sobrevivam em pH igual ou superior a 4,0.

Rios e lagos com elevadas concentrações de metais tóxicos acabam por contaminar os sedimentos e a fauna local, convertendo em um processo de contaminação em cadeia, tornando os metais mais facilmente absorvidos pela fauna e flora aquática.

A mineração do Ouro (Au) produz rejeitos ricos em Arsênio (As), sendo um dos impactos mais expressivos na atividade deste mineral. Em Nova Lima, Minas Gerais, rejeitos ricos em As foram estocados às margens dos riachos e lançados nas drenagens comprometendo água e solo (SILVA, 2007). Já as atividades de extração de ferro, calcário, granito, areia e argila, bauxita, manganês, cassiterita e diamante poluem as águas pela lama (SILVA, 2007). Na

região carbonífera de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o impacto mais significativo é na qualidade da água devido a drenagem ácida, devido a infiltração da água da chuva sobre os rejeitos gerados nas atividades de lavra e beneficiamento (SILVA, 2007). A extração e beneficiamento de urânio provocaram drenagem ácida na cava, pilhas de estéril e bacia de rejeitos nos municípios de Caldas e Poços de Caldas em Minas Gerais, afetando as bacias hidrográficas.

3.1.3 Impactos no Solo

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (2006) – FAO, conceitua **solo** como um corpo natural, composto por camadas compostas de materiais minerais, orgânico, ar e água. É o produto final da influência combinada do clima, topografia, organismos, material de origem ao longo do tempo. É o meio natural para crescimento de plantas.

A mineração envolve extração de materiais e minérios na superfície terrestre, sendo considerada a atividade que mais degrada a qualidade do solo. As rotinas das atividades de mineração modificam a paisagem, expondo os solos a erosão além da lixiviação de contaminantes afetar os solos. A mineração superficial, por exemplo, é a que mais degrada o solo devido supressão da vegetação e abertura de cavas e construção de vias de acesso.

A camada superficial do solo, o topsoil, é removida para as atividades mineradoras, o que significa remoção da camada mais fértil do solo, remoção da vegetação, expondo os solos a processos erosivos, podendo ocorrer assoreamento dos corpos d'água do entorno (MECHI; SANCHES, 2010), além de expor ao solos a contaminantes químicos.

Áreas com produção agrícola nas proximidades de mineradoras podem ser afetadas. Os riscos ambientais se dão pela contaminação do solo pela poeira soprada pelo vento e pelos derrames químicos e de resíduos. A poeira pode ser constituída por metais como As, Pb e radionuclídeos. Os resíduos podem ser reutilizados para fins não permitidos como paisagismo, fertilizantes para o solo, entre outros (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010).

Na mineração do carvão, há alteração drástica da paisagem, além de no primeiro ciclo disponibilizar para o solo e para a água quantidades elevadas de metais tóxicos para o ambiente. Na exploração do Cobre (Cu), há grande perturbação no solo devido escavações

em larga escala, removendo a camada superficial do solo (topsoil) (KANGWA, 2008).

Estas atividades tornam a longo prazo as terras improdutivas.

3.1.4 Impactos na Biosfera

A perda da biodiversidade é uma das maiores consequências das atividades de mineração, devido a degradação da vegetação a qual é destruída para que a exploração seja iniciada. A remoção da vegetação impacta na redução de alimentos e de abrigo para a vida selvagem. É importante que a vegetação da área seja cuidadosamente catalogada para que as espécies possam ser utilizadas na recuperação da área. A fauna também deve ser catalogada, fazendo o controle de refúgio das espécies após destruição do seu habitat. Na Figura 3.3, podem ser observados muitos dos impactos das atividades minerárias na biosfera.

Figura 3.3: Impactos das atividades minerárias na biosfera.



3.1.5 Impactos Sociais e a saúde da população

Os impactos sociais da mineração são complexos, principalmente pela parte econômica das atividades minerárias. Por um lado, é visível o progresso da instalação da mineração, seja pela geração de emprego, renda, pagamento de impostos que favorecem economicamente o crescimento do município, do Estado e do país. Por outro lado, os impactos inerentes a estas atividades afetam a subsistência principalmente das comunidades locais, além da relevante gravidade social. O que se quer dizer é que os benefícios e malefícios são compartilhados de forma desigual (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). Muitos municípios receberam a mineração como fonte de riqueza, de progresso e após finalização das atividades observam total degradação ambiental e da própria população.

As comunidades são expostas a impactos do ar, da água, do solo, ruídos e vibrações que causam danos à saúde em muitos casos são sentidos a longo prazo. Estes impactos na saúde humana podem ocorrer em duas categorias: i. as imediatas, como exemplo os acidentes e; ii. as progressivos, como estresse, radiação e doenças pulmonares.

Em explorações subterrâneas, os impactos na saúde do trabalhador são mais danosas devido a exposição ao ambiente úmido, escuro, incomum, barulhento, além da poeira gerada pela perfuração e uso de explosivos que podem causar entre outros, doenças pulmonares graves.

Impactos sociais da mineração tais como descaso com a saúde, falta de suporte psicológico, população com elevado índice de doenças, como o câncer, crianças nascendo com órgãos expostos, transmissão de contaminantes, rios, mariscos e alimentos contaminados, enfim, são alguns casos e relatos encontrados na literatura, em muito dos exemplos citados uma clara violação dos direitos básicos dos indivíduos. As poeiras emitidas na mineração de carvão, por exemplo, causam problemas respiratórios nos trabalhadores e nas comunidades que vivem nas proximidades, matando milhares de pessoas por ano. Em muitos casos, as comunidades são deslocadas das suas terras devido aos conflitos socioambientais que acabam prejudicando o bem-estar.

Nestes casos de impactos sociais da mineração, são observados frequentemente aumento da competitividade entre as pessoas devido deslocamento involuntário, recursos, atividades e serviços básicos; mudanças nas características da população, seja pelo tamanho, composição, tradições, atividades produtivas; divergências entre empresas mineradoras, tomadores de decisão e população; e uso do solo (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010).

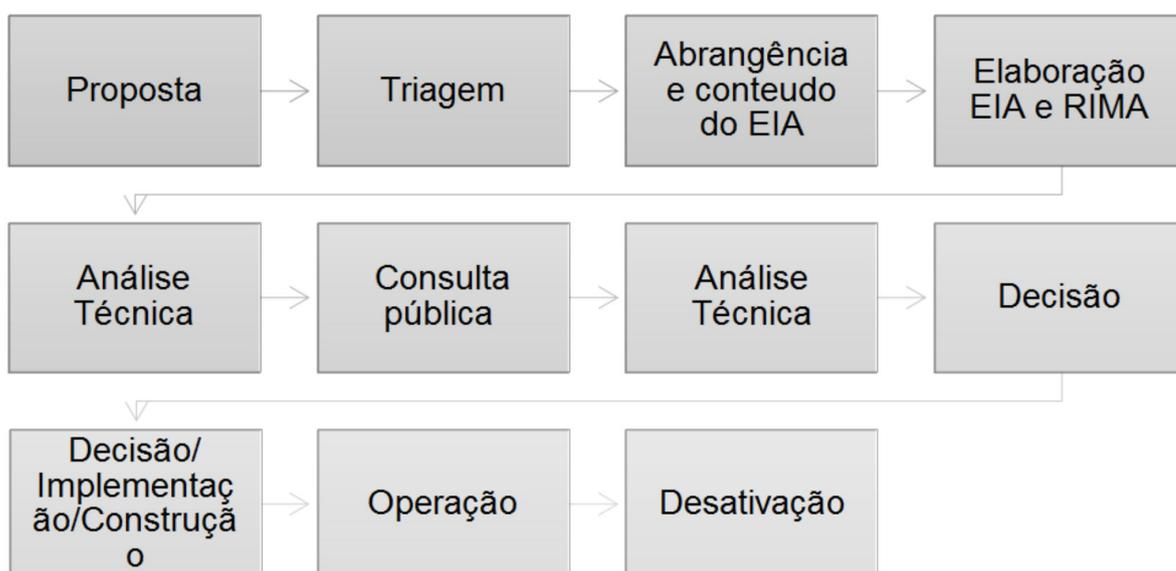
3.2 Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) tem por objetivo conhecer o potencial impactante da atividade e identificação das medidas de mitigação. Os estudos da AIA são resultantes de um processo político que busca atender uma demanda social que foi amadurecendo desde o final dos anos 60 nos Estados Unidos (Sanchez, 2008). A Avaliação de Impacto Ambiental é estabelecida a partir dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA).

A AIA deve responder ao órgão ambiental: i- se os impactos ambientais a serem gerados estarão dentro dos limites das leis, normas e regulamentos aplicáveis; ii - se a tecnologia mais indicada e eficiente será adotada; iii - se os impactos a serem gerados estarão em níveis de assimilação (dentro da capacidade de autorregeneração) sob o ponto de vista ambiental para os meios físicos, biológicos e antrópicos.

Para uma AIA seja de maneira formal ou informal deve desempenhar as etapas da Figura 3.4 de acordo a Resolução CONAMA 01/86:

Figura 3.4: Etapas da elaboração da Avaliação de Impactos Ambientais de acordo com a resolução CONAMA 01/86



Apresentação da proposta deve-se entregar memorial descritivo e a publicação em jornal com anúncio da intenção de realizar determinada iniciativa e a triagem necessita da avaliação ambiental preliminar, ambas etapas para obtenção do parecer técnico que defini o nível de Avaliação Ambiental e o tipo de estudo necessário. Na triagem, pode-se enumerar os problemas para efetividade da AIA. É possível verificar na Resolução Conama 01/86 uma *lista positiva* de obras e empreendimentos que podem ser submetidos a este procedimento. E existem regulamentações que preconizam aplicação de procedimentos em áreas *ambientalmente sensíveis*.

Abrangência e conteúdo do EIA é necessário o plano de trabalho para obter os termos

de referência. Toda regulamentação sobre AIA estabelece critérios para a realização dos EIA adaptados a cada caso. A participação pública principalmente das comunidades que serão afetadas é essencial para o sucesso do processo de AIA, assim como para a adequada elaboração e revisão do Estudo e do Relatório de Impacto Ambiental (Benlands, 1993).

Elaboração do EIA e RIMA com os termos de referência entregues, tem-se como produto final o EIA e RIMA (que visa comunicar ao público as principais conclusões do EIA). Nesta fase de elaboração, deve-se atender a informações como descrição do empreendimento, legislação incidente, discussão de alternativas tecnológicas e locacionais, diagnóstico ambiental, análise dos impactos ambientais, medidas mitigadoras e plano de monitoramento.

Análise técnica utiliza-se o EIA para obtenção de parecer técnico. O EIA/RIMA é revisado pelo órgão governamental responsável pelo processo de AIA. No Brasil, são os órgãos estaduais de meio ambiente e como supletivo a ambiental federal. Nesta etapa, o foco é a qualidade do EIA e não o mérito do empreendimento que se deseja licenciar.

Consulta pública sobre o empreendimento e estudos apresentados. No Brasil, a única forma é através de audiência pública realizada no final da AIA com objetivo de informar ao público sobre o projeto e seus impactos e informar aos responsáveis e proponentes sobre as expectativas e eventuais objeções do público.

3.2.1 Métodos de Avaliação de Impactos da Mineração

Para realizar a AIA, deve-se seguir uma metodologia embasada em normas que variem de acordo com o fator ou parâmetro ambiental (clima, geologia, fisiografia, hidrologia, pedologia, vegetação, vida silvestre, uso do solo). O método a ser utilizado deve ser flexível e deve ser revisado constantemente (CREMONEZ et al., 2014). Estudos para AIA são considerados complexos pelos fatores ambientais envolvidos, desta forma existem métodos propostos para servir de referência, permitindo determinar com maior precisão as alterações ambientais ocorridas.

Estes estudos para AIA devem ser geridos por agências federais para orientar e planejar ações futuras e manter a população informada sobre potenciais impactos negativos (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). Os procedimentos para Avaliação dos Impactos

Ambientais (AIA) foram estabelecidos pela Resolução n.º 001/1986. Dada a importância atribuída às questões ambientais no Brasil, a sua obrigatoriedade foi incorporada à Constituição Federal, promulgada em 1988 (EGGER et al., 2016).

O processo de AIA surgiu dos Estados Unidos e então diversos métodos foram sistematizados e sua expansão gerou a necessidade de cada país realizar adequações para seu uso. As linhas metodológicas utilizadas no Brasil são: Espontâneos (Ad hoc), Listas de controle (Check-list), Matrizes de interações, Redes de interações (Networks), Modelos de simulação.

- a) **Ad hoc** – método baseado no conhecimento empírico por estimar os impactos ambientais. De fácil organização, interpretação, adequado para casos de escassez de dados, mas de grande subjetividade.
- b) **Check-list** – consiste na identificação e enumeração dos impactos através da diagnose ambiental realizadas por especialistas dos meios físicos, bióticos e socioeconômico apresentadas em listas padronizadas. Representa um dos métodos mais utilizados em AIA. Reuni os mais prováveis impactos associados, facilitando o entendimento por profissionais de diversas áreas, mas não permite previsões.
- c) **Matrizes e interações** – possibilita comparar diversas alternativas de intervenção, abrangendo os meios físicos, bióticos e socioeconômico (Sanchez, 2013). Uma das matrizes mais difundidas é a Matriz de Leopold (Leopold, 1971), desenvolvida para o Serviço Geológico do Ministério do Interior dos Estados Unidos, a qual considera 100 ações que podem causar impacto, representadas por colunas e 88 características e condições ambientais que podem ser impactadas, representadas por linhas. Resumindo, é um cruzamento entre fatores ambientais e ações potencialmente alteradoras do ambiente em uma matriz. A desvantagem é o excessivo número de quadrículas, subjetividade e a aplicação é caso a caso.
- d) **Simulação** – Consideram a dinâmica dos sistemas ambientais, suas interações entre fatores e impactos e as variáveis temporais. Existem profissionais qualificados e programas computacionais adequados, implicando em altos custos (Surehma/GTZ, 1992).
- e) **Redes de interação (Networks)** – objetivam as relações entre ações praticadas pelo empreendimento e os consequentes impactos de primeira e demais ordens. A rede de

interação de Sorensen (1974) que estabelece relações causas-condições-efeitos, através das ações que desencadearam o impacto ambiental, a mais difundida.

- f) **Superposição de cartas** - confecção de cartas temáticas relativas aos fatores ambientais potencialmente afetados pelas alternativas e superposição das mesmas segundo conceitos de fragilidade ou de potencial de uso.
- g) **Modelos de simulação** - modelos matemáticos com a finalidade de representar, o mais próximo possível da realidade, a estrutura e funcionamento dos sistemas ambientais. Apresenta escassez de dados e as relações entre as variáveis são simplificadas.
- h) **Listagens ponderais** – este método avalia a soma os impactos do projeto dado pela atribuição de pesos. É abrangente e seletivo, objetivo e não permite interação entre os impactos.

Um dos grandes entraves da AIA é que em muitos casos há uma percepção rápida dos impactos e que em muitos casos são considerados os visíveis, aqueles esperados, ou seja, os imediatos, mas não deve ser deixado de lado aqueles que só serão visíveis a longo prazo. Estes são os mais preocupantes, porque afetam as gerações presentes e futuras.

3.3 EIA/RIMA

O EIA e RIMA objetivam construir um programa que controle o uso dos recursos envolvidos através do **Meio Físico**, estudando o clima, o ar, a geologia, geomorfologia, recursos hídricos e o solo; **Meio Biológico**, estudando os ecossistemas terrestres, aquáticos e de transição; e o **Meio Antrópico**, envolvendo a dinâmica populacional, uso e ocupação do solo, qualidade de vida e organização social. Os estudos são realizados por especialistas multidisciplinares com dados técnicos detalhados (Resolução 001/86 do CONAMA) sobre as seguintes atividades:

- I. Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto, confrontando-as com a hipótese de não execução do projeto;
- II. Identificar e avaliar sistematicamente todos os impactos ambientais produzidos nas etapas de implantação e operação da atividade;

- III. Definir os limites da área geográfica a ser direta e indiretamente afetada pelos impactos, área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;
- IV. Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade;
- V. Diagnosticar ambientalmente a área de influência do projeto, completando a descrição e análise dos recursos ambientais e interações, tais como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área antes da implantação do projeto;
- VI. Analisar os impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através da identificação e previsão da magnitude e da importância dos prováveis impactos indicando: os positivos e negativos (benéficos e adversos); os diretos e indiretos; os imediatos e de médio e longo prazo; os temporários e permanentes; reversíveis e irreversíveis, acumulativos; sinérgicos; e a distribuição dos ônus e benefícios sociais;
- VII. Definir as medidas mitigadoras dos impactos negativos, entre elas os equipamentos de controle e sistemas de tratamento de despejos, avaliando a eficiência de cada uma delas;
- VIII. Elaborar o programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos positivos e negativos, indicando os fatores e parâmetros a serem considerados.

Nos países industrializados, um projeto de mineração só é aprovado mediante apresentação do Estudo de Impactos Ambientais (EIA). No Brasil, ainda há graves problemas sobre o cumprimento das leis ambientais, o que tem causado danos ambientais sem precedentes, a exemplo do ocorrido em Mariana (MG) em 2015.

Qualquer atividade de mineração exige um EIA para avaliar os potenciais impactos positivos e negativos. A aprovação do EIA/RIMA é requisito para que a empresa de mineração possa pleitear o Licenciamento Ambiental (LA) do projeto de mineração que é obrigatório para localização, instalação, ampliação, operação de quaisquer atividades.

O RIMA é o documento que apresenta resultados técnicos e científicos da AIA, destinado à comunidade, devendo ser elaborado em linguagem acessível e ilustrativa. A Resolução CONAMA indica que o RIMA deve refletir as conclusões do EIA e conter no mínimo:

- I. Objetivos e justificativas do projeto e sua relação com políticas setoriais e planos governamentais.
- II. Descrição e alternativas tecnológicas do projeto (matéria prima, fontes de energia, resíduos etc.).
- III. Síntese dos diagnósticos ambientais da área de influência do projeto.
- IV. Descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação da atividade e dos métodos, técnicas e critérios usados para sua identificação.
- V. Características da qualidade ambiental futura da área, comparando as diferentes situações da implementação do projeto, bem como a possibilidade da não realização do mesmo.
- VI. Descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras em relação aos impactos negativos e o grau de alteração esperado.
- VII. Programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos.
- VIII. Conclusão e comentários gerais.

O EIA e RIMA objetivam construir um programa que controle o uso dos recursos envolvidos através do **Meio Físico**, estudando o clima, o ar, a geologia, geomorfologia, recursos hídricos e o solo; **Meio Biológico**, estudando os ecossistemas terrestres, aquáticos e de transição; e o **Meio Antrópico**, envolvendo a dinâmica populacional, uso e ocupação do solo, qualidade de vida e organização social.

4. Manejos atenuantes dos impactos da mineração

“A mineração deve basear-se em considerações fundamentais, como o ambiente, economia, sociedade, eficiência e segurança”

Laurence, (2011)

Após análise das informações apresentadas nos capítulos 1, 2 e 3, é necessário buscar a implantação de medidas sustentáveis para mitigar os impactos causados pelas atividades da mineração. Para tanto, as empresas mineradoras devem contemplar em seus projetos medidas mitigadoras com vistas manter o meio ambiente o mais próximo das condições pré-instalações.

A exigência legal para reparar danos ambientais encontra-se na Lei n° 6.938 de 31 de agosto de 1981 que foi regulamentada pelo Decreto 99.274/90, sendo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o órgão deliberativo e o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) o órgão consultivo. Esta Lei referenda o licenciamento ambiental como instrumento legal de controle e a minimização de passivos ambientais como da indústria da mineração.

Os desafios técnicos, científicos e ambientais devem ser superados. A Academia Nacional de Engenharia Americana (NAE), em 2010, publicou alguns destes desafios:

1. Tornar a Terra “transparente” – uso de técnicas mais precisas que impactem menos o ambiente. Uso de aerotransportados, ondas sísmicas, tecnologias com imagem 3D, uso de tomografia, raios-X, microscopia eletrônica de varredura, acústica e confocal;

2. Engenharia e controle de processos subsuperficiais – melhor entendimento de processos complexos como mecânica subterrânea, biológica, química e hidrológica.
3. Minimizar impactos ambientais – incorporação de novas tecnologias na mineração, desenvolvimento de planos e práticas de educação ambiental, de saúde e segurança para os trabalhadores, minimizando a produção de resíduos;
4. Proteção de trabalhadores e público geral – segurança do trabalhador analisando a exposição aos riscos, responsabilidade com comunidades circunvizinhas que podem ser afetadas negativamente pela liberação de particulados, poluição sonora e resíduos.

Das atividades minerárias, a drenagem ácida tem sido muito discutida pelos seus impactos. A Aliança Mundial de Direito Ambiental remete a [D3] drenagem ácida como “um gênio em uma garrafa: uma vez fora, é quase impossível colocar de volta” (Environmental Law Alliance Worldwide, 2010). Algumas medidas têm sido indicadas para impedir o começo da drenagem ácida como a limitar a exposição a materiais que geram ácidos, escoamento de materiais que geram ácidos, isolando os materiais acima do lençol freático com uma espécie de capa impermeável para limitar infiltração e exposição ao ar.

Medidas mitigadoras foram propostas por Silva (2007) como a não interrupção do sistema de drenagem quando na construção de estradas, evitar decapeamento de grandes áreas, remoção planejada do solo superficial e da vegetação para reabilitação das áreas, controle na manutenção de equipamentos para evitar emissões abusivas de gases e ruídos, controle da drenagem e erosão evitando que solos escavados fiquem expostos por muito tempo.

Referências

ARAUJO, C. B. *Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro*. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, 2006. Beneficiamento de Minérios. http://www.redeaplmineral.org.br/pormin/noticias/legislacao/beneficiamento_de_minerio.pdf. Acesso em 05 Abr 2017

BENLANDS, G. The scientific contents of environmental impact assessment. In: L.E. Sanchez (org.), *Avaliação de impacto ambiental: situação atual e perspectivas*. EPUSP, São Paulo, p.59-66, 1993.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Brasília: *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 de fev.1998, p. 103, 2010.

CASTILLA-GÓMEZ, J.; HERRERA-HERBERT, J. *Environmental analysis of mining operations: Dynamic tools for impact assessment*. *Minerals Engineering*, v. 76, p. 87–96, 2015.

CHIMONYO, G. R.; MUPFUMI, J. *Environmental Impacts of Gold Mining in Penhalonga Center for Research and Development (crd)*, 2012. Disponível em: <https://www.africaportal.org/dspace/articles/environmental-impacts-gold-mining-penhalonga>. Acesso em 20 mai 2017.

COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL – CBPM. Disponível em: www.cbpm.ba.gov.br. Acesso em 16 Abr 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 04 mai 2017.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P.; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. *Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil*. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, p.3821-3830, 2014.

CRPM. *Perspectivas do Meio Ambiente do Brasil – Uso do Subsolo*. MME - Ministério de Minas e Energia, 2002. Disponível em www.cprm.gov.br. Acesso em 30 Abr 2017.

DARLING, P. *SME Mining Engineering Handbook*, Third Edition. p. 1912, 2011.

Effects of Mining on the Environment and Human Health. Disponível em: <https://www.environment.co.za/mining-2/effects-of-mining.html> Acesso em 10 Mar 2017.

EGGER, V. A.; FONSECA, F. J.; COSTA, A. F. *Desenvolvimento sustentável na mineração*. *Revista Científica Intelletto*, v. 2, p. 143–153, 2016.

Environmental and Social Impacts of Mining, http://pdf.wri.org/mining_background_literature_review.pdf Acesso em 05 Maio 2017.

EPA. *EIA Technical Review Guidelines for the Mining Sector*. Disponível em: <https://www.epa.gov/international-cooperation/eia-technical-review-guidelines-mining-sector> Acesso em 15 Mai 2017.

FALLIS, A. *Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs*. *Journal of Chemical Information and Modeling*, v. 53, p. 1689-1699, 2010.

FAPESP. *Ozônio trata resíduos de mineração*. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/03/15/ozoniotrataresiduosdemineracao/>. Acesso em 10 Mai 2017.

FERREIRA, G. G. et al. *Prospecção mineral através de amostras pontuais (CAP's) e amostra de canal (CAN) na determinação da qualidade do minério de ferro*. *Revista de Estudos e Reflexões Tecnológicas da Faculdade de Tecnologia de Indaiatuba*, v. 7, p. 16, 2009.

Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. *World reference base for soil resources - WBR*. 2nd.ed. Roma: 2006.(World Soil Resources Reports, 103).

FRANCO, A. C. V. *Tecnologias de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração de carvão de Usos futuros do Solo*. 95p. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

Guía Para Evaluar EIAs de Proyectos Mineros. Disponível em:<http://www.elaw.org/files/mining-eia-guidebook/Guia20%20para%20Evaluar%20EIAs%20de%20Proyectos%20Mineros.pdf> Acesso em 10 Maio 2017.

IBAMA. *Manual de Normas e Procedimentos para Licenciamento Ambiental no Setor de Extração Mineral*. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/MANUAL_mineracao.pdf Acesso em 10 Jun 2017

IBRAM. *Rejeitos da Mineração*. 1. ed. Brasília: Instituto Brasileiro de Mineração, 2016.

JAIN, R. K.; CUI, Z. C.; DOMEN, J. K. *Environmental Impact of Mining and Mineral Processing: Management, Monitoring and Auditing Strategies*. Elsevier, p. 309, 2016.

KANGWA, P. K. *An Assessment of the Economic, Social and Environmental Impacts of the Mining Industry: A Case Study of Copper Mining in Zambia*. p. 1–50, 2008.

KAPUSTA, S. C.; RODRIGUEZ, M. T. M. R. *Curso Técnico em Meio Ambiente: Análise de Impacto Ambiental*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 72, 2009.

LAURENCE, David. *Establishing a sustainable mining operation: an overview*. Journal of Cleaner Production. V 19, 2011. LOTTERMOSER B. G. *Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts*, 3rd Edition. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 400 pp, 2010.

LOTTERMOSER, B. G. *Recycling, Reuse and Rehabilitation of Mine Wastes*. Elements, Vol. 7, pp. 405–410. 2011

MARTIM, H. C.; SANTOS, V. M. L. DOS. *Avaliação de impactos ambientais em empresa de mineração de cobre utilizando redes de interação*. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas, p. 3246–3257, 2013.

- MECHI, A.; SANCHES, D. L. *Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo*. Estudos Avançados, v. 24, n. 68, p. 209–220, 2010.
- MELFI, A. J.; MISI, A.; CAMPOS, D. A.; CORDANI, U. G. (organizadores) *Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. 420 p.
- MELO, G.H.C. *Evolução temporal do depósito de óxido de ferro–cobre–ouro de Salobo, Província Carajás*. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. 2014.
- MKPUMA, R. O.; OKEKE, O. C.; ABRAHAM, E. M. *Environmental Problems of Surface and Underground Mining: a review*. The International Journal Of Engineering And Science, v. 4, n. 12, p. 12–20, 2015.
- National Academy of Engineering (NAE), 2010. Grand Challenges for Earth Resources Engineering. National Academy of Engineering. Retrieved from: <https://www.nae.edu/File.aspx?id1/4106323>. Acesso em 19 Abr 2017.
- NILSSON, J. A.; RANDHEM, J. *Environmental Impacts and Health Aspects in the Mining Industry A Comparative Study of the Mining and Extraction of Uranium, Copper and Gold*. Master of Science Thesis (Degree Programme Industrial Ecology). Chalmers University Of Technology Göteborg, Sweden, p. 130, 2008.
- OPOKU-WARE, J. *The social and environmental impacts of mining activities on indigenous communities the case of newmont gold (gh) limited (kenyasi) in Ghana*. 2010. 139p. Master Thesis in Development Management. University of Agder - Faculty of Economics and Social Sciences Centre for Development Studies. The University of Agder, Kristiansand.
- PATRICIO, R. L. *Avaliação de métodos de revegetação de áreas degradadas utilizados na mineração de níquel em níquelândia goias*. Universidade Católica de Brasília, 2009.
- PEREIRA, R. M. *Fundamentos de Prospecção Mineral*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 348 p.
- SÁNCHEZ, L.E. *Avaliação de Impacto Ambiental. Conceitos e Métodos*. 1ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 496p. 2008.
- SÀNCHEZ, L.E. *Avaliação de Impacto Ambiental. Conceitos e Métodos*. Oficina de Textos. São Paulo.2006.

SANCHEZ, L.E. *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. 2 ed. São Paulo: Oficina de textos, 584p. 2013.

SILVA, A. P. M. DA; VIANA, J. P.; CAVALCANTE, A. L. B. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Atividade de Mineração de Substâncias Não Energéticas - Relatório de Pesquisa*. IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), p. 1–46, 2012.

SILVA, J. P. S. *Impactos ambientais causados por mineração*. Revista Espaço da Sofhia, v. v.8, p. 1–13, 2007.

SORENSEN, J.C. *A framework for identification and control of resource degradation and conflict in multiple use coastal zone*. California, The Departmento Landscape and Architecture, U.C., 1974, 50p.

SUREHMA/ GTZ. *Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA)*. Secretaria Especial do Meio Ambiente, Curitiba: 1992. 281 p

WORLDWIDE, E. L. A. *Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs*. 1. ed. Estados Unidos: ELAW, 2010.

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



ISBN 978-855971038-0



9

788559

710380