

UMA INTRODUÇÃO À FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS DA VIDA E DA SAÚDE

ALFREDO PEREIRA JR.
MARINA ZUANAZZI CRUZ
RAMON SOUZA CAPELLE DE ANDRADE

UMA INTRODUÇÃO À
FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS
DA VIDA E DA SAÚDE

CONSELHO EDITORIAL ACADÊMICO
Responsável pela publicação desta obra

Programa de Pós-Graduação em Filosofia

Ricardo Pereira Tassinari
Reinaldo Sampaio Pereira
Clélia Aparecida Martins
Felipe Resende da Silva

Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

Elen Rose Lodeiro Castanheira
Maria Cristina Pereira Lima
Carmen Maria Casquel Monti Juliani
Patricia Rodrigues Sanine

ALFREDO PEREIRA JR.
MARINA ZUANAZZI CRUZ
RAMON SOUZA CAPELLE DE ANDRADE

UMA INTRODUÇÃO
À FILOSOFIA DAS
CIÊNCIAS DA VIDA E
DA SAÚDE

CULTURA
ACADÊMICA 
Editora

© 2012 Editora Unesp

Cultura Acadêmica

Praça da Sé, 108

01001-900 – São Paulo – SP

Tel.: (0xx11) 3242-7171

Fax: (0xx11) 3242-7172

www.culturaacademica.com.br

feu@editora.unesp.br

CIP – Brasil. Catalogação na Fonte

Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

P492i

Pereira Junior, Alfredo

Uma introdução à filosofia das ciências da vida e da saúde / Alfredo Pereira Jr., Marina Zuanazzi Cruz, Ramon Souza Capelle de Andrade. – São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7983-327-4

1. Ciência – Filosofia. 2. Biologia. I. Cruz, Marina Zuanazzi. II. Andrade, Ramon Souza Capelle de. III. Título.

12-8600

CDD: 501

CDU: 501

Este livro é publicado pelo Programa de Publicações Digitais da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP)

Editora afiliada:



Asociación de Editoriales Universitarias
de América Latina y el Caribe



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DAS EDITORAS UNIVERSITÁRIAS

SUMÁRIO

Introdução 7

1 Noções básicas de Filosofia da Ciência 15

2 Metodologia da pesquisa científica 41

3 História da Biologia 65

4 Filosofia da Biologia 87

5 Teoria geral dos sistemas 117

6 Ciência e sociedade 165

7 Referenciais teóricos da psicossomática 179

8 Aspectos fisiológicos e o estresse
em psicossomática 199

9 Psicossomática na saúde coletiva 241

Referências bibliográficas 271

Sobre os autores 289

INTRODUÇÃO

A motivação para a elaboração deste livro decorre principalmente do interesse em Filosofia da Ciência demonstrado por estudantes e profissionais das ciências da vida e da saúde. Muitas vezes, esses estudantes e profissionais procuram subsídios teóricos diretamente nos livros dos filósofos, enfrentando dificuldades terminológicas e conceituais. Não encontramos, na literatura filosófica, sínteses abrangentes de tópicos de Filosofia que possam despertar o interesse dos pesquisadores e profissionais das ciências da vida e da saúde. Desse modo, procuramos, em especial a partir da experiência do primeiro autor como professor responsável por disciplinas de Filosofia e História da Ciência, na Graduação e Pós-Graduação, na UNESP, compilar, em um único volume, temas relevantes de filosofia para estudantes e profissionais das ciências da vida e da saúde. A orientação seguida é a de fornecer elementos para o trabalho prático desses estudantes/profissionais, sem enredá-los em grandes especulações filosóficas.

Ainda que a significatividade e relevância do conhecimento filosófico para a pesquisa científica de boa qualidade não precise ser justificada, apresentamos aqui algumas razões que costumamos apontar para os alunos de Graduação e Pós-Graduação:

1) a Filosofia da Ciência pode contribuir para a formação de pesquisadores. O estudante é frequentemente colocado na posição de mero consumidor de conhecimentos, o que se reflete em uma excessiva preocupação com a simplificação e a memorização dos resultados científicos. Ao lado da aprendizagem dos conhecimentos fundamentais de sua área de atuação, é preciso que se desenvolva a capacidade de produzir conhecimentos novos. Ainda que a prática da pesquisa científica só venha a ser exercida no contexto de uma atividade de estágio, ou de Pós-Graduação, é importante que, mesmo antes de se empenhar nessas atividades, o estudante adquira conhecimento dos princípios básicos da pesquisa científica, contribuindo para que venha a se tornar um pesquisador consciente do significado da atividade científica;

2) mesmo que o graduado universitário não venha a realizar pesquisas de Pós-Graduação, nem se torne um pesquisador, em todo tipo de atividade em que se engajar profissionalmente terá de resolver problemas. Para enfrentar os problemas que se apresentarão, muitas vezes terá de usar um *método científico*, a fim de encontrar soluções eficazes e eficientes. Por essa razão, é importante que se forme no estudante universitário uma mentalidade científica, englobando, ao menos, os seguintes aspectos:

- a) a capacidade de análise e síntese, entendida como a capacidade para identificar as partes relevantes do problema, estudá-las separadamente e, mais tarde, reunir os vários dados obtidos em uma solução global;
- b) a capacidade de crítica, concebida como a percepção das limitações e das falhas no discurso de terceiros, assim como no próprio raciocínio, e a capacidade de revisão dessas deficiências;
- c) a capacidade de raciocinar cientificamente, incluindo a capacidade de gerar hipóteses e descobrir as causas dos fenômenos estudados, de obter conclusões lógicas a partir das informações disponíveis, ampliar ou reduzir a escala de observação de um fenômeno, e identificar os mecanismos responsáveis pela operação do sistema estudado;

3) Além do desenvolvimento das habilidades cognitivas individuais (citadas acima), esperamos que estudantes e profissionais das ciências da vida e da saúde venham a adotar uma perspectiva histórica e social da ciência e da tecnologia. Esperamos também que esses estudantes e profissionais compreendam que os conhecimentos atualmente aceitos constituem um estágio de um processo que começou há centenas de anos, e certamente se prolongará no futuro. A ciência não constitui um conjunto de resultados definitivos. Constitui, antes, um processo de produção de conhecimentos, em constante autossuperação. Entender a ciência não é apenas conhecer seus principais resultados, mas, antes, e talvez sobretudo, acompanhar a discussão viva que ocorre em revistas especializadas, congressos e reuniões de sociedades científicas. Além disso, o cientista contemporâneo não é um gênio autofinanciado. Ele é um assalariado do Estado, ou de empresas privadas, e necessita apresentar periodicamente resultados teóricos e/ou aplicações tecnológicas, além de formular novos projetos atraentes a fim de obter verbas de financiamento para suas pesquisas. Por intermédio desse vínculo, estabelecem-se complexas relações indiretas entre ciência, tecnologia e desenvolvimento social, cujo entendimento possibilitará ao futuro pesquisador a formulação de projetos de pesquisa que desfrutem de potencial inserção nas principais linhas de interesse nacional ou internacional.

No intuito de atingir o objetivo de contribuir (tal como esboçado nos parágrafos acima) para a formação acadêmica de orientação crítico-filosófica, *quer seja em ciências da vida, quer seja em ciências da saúde*, o conteúdo deste livro está assim organizado: o primeiro capítulo procura discutir a questão da natureza do conhecimento científico. Vale destacar que a emergência do conhecimento científico provocou rupturas e conflitos com o senso comum, *ao colocar em dúvida muitas de suas crenças, e ao exercitar a crítica de hábitos cristalizados*. No domínio biológico, por exemplo, duas teorias que afrontaram o senso comum, no século XIX, foram a teoria microbiana das doenças e a teoria evolucionista. Não foi fácil demonstrar que um ser invisível a olho nu poderia, por si só, causar a doença e a morte de grandes animais. Foi igualmente necessário um trabalho

científico árduo para se demonstrar que as formas de vida se alteraram ao longo do tempo. Pasteur e Darwin foram, respectivamente, os autores dessas demonstrações.

Já no segundo capítulo estudamos o modo de produção da ciência, que usualmente recebe a designação de *metodologia científica*. Para que um conhecimento seja considerado científico, tal conhecimento deverá satisfazer a condição de ser obtido ou testado em condições controladas. Além disso, as *proposições científicas* não perdem o estatuto (ontológico) de hipóteses, uma vez que, como tais, as proposições científicas permanecem sempre, e como requerido pelo próprio *método científico*, abertas à experiência, revisáveis e passíveis de alteração. A alteração das proposições científicas deve ocorrer, justamente, quando a experiência sugerir que há uma dissimilaridade ou discordância entre o conteúdo de uma proposição científica (*o que a proposição afirma ser o caso*) e o próprio curso, ou desdobramento, dos fatos (*como os fatos revelam aquilo que é o caso*). Sendo assim, a principal vantagem do *método científico* é a condução a um conjunto de proposições que tendem, em um futuro estendido, a exibir certa *similaridade* (ou, idealmente, correspondência) com os fatos, ao passo que, por outro lado, são requeridos, dos cientistas, esforço e persistência para a condução rigorosa de uma investigação científica.

O terceiro capítulo é dedicado a uma breve história do pensamento biológico, destacando os pesquisadores e suas obras, além de fazer referência ao contexto científico e social em que trabalharam. O quarto capítulo aborda as características peculiares das ciências biológicas, derivadas do seu objeto de estudo: sistemas vivos inseridos em um processo evolutivo. Tais características conduziram a uma diferenciação entre a Biologia e outras ciências da natureza, como a Física e a Química. Ainda no quarto capítulo, discutimos também a relação (*de importância central tanto para as ciências da vida quanto para as ciências da saúde*) entre consciência e atividade cerebral. Discutimos, em especial, a hipótese de a atividade cerebral, que confere suporte à consciência, não constituir função apenas de redes (causais) neuronais. Apresentamos uma nova abordagem às

ciências do cérebro, a saber, a *hipótese astrocêntrica*, proposta por James Robertson. À luz da hipótese astrocêntrica, o astrócito é considerado o estágio final do processamento da informação que atinge a consciência. Mais explicitamente, a rede astrocitária, formada pela conexão entre astrócitos provenientes de distintas regiões cerebrais, seria responsável pela integração de aspectos afetivos, emocionais, perceptivos e cognitivos em uma totalidade sistêmica, correspondendo ao *aqui e agora* da experiência fenomenológica. Uma vez que o estudo da consciência constitui uma área interdisciplinar de grande complexidade, que ainda não atingiu um grau de maturação suficiente para urdir referenciais teóricos amplamente reconhecidos pela comunidade científica, a formulação da *hipótese astrocêntrica* exhibe o objetivo principal de inspirar a formulação de modelos e estudos empíricos, possibilitando o debate e a comparação com os *modelos neurocênicos* predominantes na atualidade. Esperamos, desse modo, que, da diversidade de alternativas, possa se engendrar o progresso do conhecimento nessa área, que é de grande relevância para a autocompreensão humana, possibilitando, em futuro breve, a implantação da *Ciência da Consciência* como disciplina e/ou curso reconhecido nos meios acadêmicos.

No quinto capítulo, apresentamos os conceitos e os métodos da *Teoria Geral dos Sistemas* e da *Teoria da Auto-organização*, de grande significatividade para a modelagem dos fenômenos biológicos e, igualmente, para uma concepção sistêmica da natureza humana, natureza essa que constituiria uma resultante (ou emergência) da interação dinâmica entre fatores *biológicos*, *psicológicos* e *sociais*. Uma concepção sistêmica ou biopsicossocial do ser humano é preconizada pela *Organização Mundial da Saúde*. A significatividade da abordagem sistêmica auto-organizada às ciências da saúde será mais bem explorada nos capítulos 8 e 9 deste livro. Mencionemos, apenas, que há, em ciências da saúde, três paradigmas conceituais e explicativos: o *biomédico*, o *psicológico* e o *sociológico*. À luz da Teoria da Auto-organização, os paradigmas acima mencionados não seriam, contudo, excludentes entre si, mas, ao contrário, abordariam distintos planos (ou camadas) de organização (o *biológico*, o

psicológico e o social) do ser humano como totalidade sistêmica (ou como sistema biopsicossocial).

O sexto capítulo aborda a relação entre *atividade científica* e a *sociedade tecnológica* em que vivemos, e termina por esboçar ideias para uma *ética da ciência*. Argumentamos que questões éticas não se colocam apenas no que diz respeito à utilização dos resultados da ciência. Também na produção desses resultados julgamos que a ciência possua certos objetivos. As distorções que a impedem de atingir esses mesmos objetivos lhe são altamente prejudiciais e devem, por conseguinte, ser valoradas negativamente, em relação aos fins propostos. Os fins da ciência parecem constituir, basicamente, ampliar o conhecimento humano e melhorar a qualidade da vida humana (por exemplo, ao promover a cura de doenças).

A partir do sétimo capítulo empreendemos uma reflexão crítica acerca da psicossomática, abrangendo fundamentos teóricos, bases fisiológicas e implicações para as ciências da saúde. Ao longo da História, as concepções sobre saúde e doença, assim como o próprio pensamento médico, incluem suposições filosóficas acerca do problema mente-corpo, problema esse de importância central para as ciências da vida e da saúde. Mais especificamente, as concepções sobre saúde e doença, e sobre a natureza das enfermidades, fundamentalmente se constroem (i) ou no interior de uma *perspectiva dualista* (à luz da qual mente e corpo constituem entidades ontologicamente distintas), (ii) ou no interior de uma *perspectiva monista* (à luz da qual mente e corpo constituem uma unicidade indissolúvel). Observamos, no transcurso da História, alternância entre concepções *dualistas* e *monistas*, alternância essa que não deixa também de repercutir no pensamento médico.

Um dos grandes expoentes do dualismo é o filósofo Descartes, e o problema da relação corpo/mente pode ser encontrado em sua obra que remonta ao período conhecido como *Filosofia Moderna*. Em linhas gerais, há, na ontologia cartesiana, dois tipos irreduzíveis de substâncias: a substância mental e a substância material. Descartes estabelece uma distinção entre a alma (“*res cogitans*”) – *imaterial, incorpórea, imortal* – e o corpo (“*res extensa*”) – *material,*

corpóreo, algo compartilhado, precível. Se, por um lado, o principal atributo da *substância material* é a *extensão*, o principal atributo da *substância mental* é, por outro, o *pensamento racional*. Em outras palavras, Descartes explicitamente aponta para um tipo fundamental de dualismo no que diz respeito à natureza da constituição humana. Desse modo, uma vez reconhecida a distinção mente (imaterial)/corpo (material) surge prontamente a questão: *como substâncias de naturezas tão dessemelhantes podem interagir entre si?* Metaforicamente, poderíamos também perguntar: *como uma mente imaterial controla (racionalmente) um veículo-corpo físico, material? Como se dá o controle racional, causalmente orientado, da mente sobre o corpo?* Eis aí, de modo geral, o problema da relação corpo/mente que decorre da concepção dualista da natureza ou da constituição humana. Contemporaneamente, o *problema corpo-mente* passa a ser concebido como o *problema cérebro-mente* ou, de modo geral, o problema de se explicitar as múltiplas relações (*além da direção dessas relações*) entre *estados e processos cerebrais* (objetivos ou *acessíveis em terceira pessoa*) e *estados e processos mentais* (subjetivos ou fenomenológicos, e supostamente acessíveis apenas *em primeira pessoa*).

O desenvolvimento das neurociências e da psiconeuroimunologia sugere complexas interações bidirecionais (e auto-organizadas) entre sistema nervoso, sistema imunológico e sistema endócrino, assim como um papel central, ainda que não exclusivo ou dominante, nos aspectos emocionais e cognitivos do processo saúde-doença, o que, por sua vez, parece depor contra ou desfavorecer uma *concepção dualista da natureza humana*. As crescentes pesquisas em psiconeuroimunologia indicam a necessidade de se discutir uma abordagem mais ampla (sistêmica) em saúde, para que, *inter alia*, possamos maximizar os benefícios das intervenções médicas. O modelo biopsicossocial proposto por Engel, *que contempla uma abordagem centrada na integralidade sistêmica e auto-organizada do ser humano*, demanda estratégias de intervenção que promovam o bem-estar físico e psíquico, melhorem as relações sociais e as condições de vida e trabalho, atuando, *ipso facto*, no âmbito da macroestrutura econômica, social e cultural. Estudos no campo da psicos-

somática revelam-se fundamentais para o fortalecimento das bases científicas que contribuirão para a construção e a implementação do paradigma biopsicossocial em *Saúde Coletiva*, tendo em vista a efetivação do *princípio da integralidade sistêmica e auto-organizada da natureza humana*.

Por essa razão, no sétimo capítulo deste livro, procuramos destacar os autores e as concepções que mais contribuíram para o desenvolvimento da psicossomática, e também para a *problemática da relação mente-corpo*. O oitavo capítulo procura empreender uma análise sistemática dos mecanismos fisiológicos subjacentes aos processos psicossomáticos. Esse capítulo também exemplifica uma abordagem científica ao problema corpo-mente (e/ou cérebro-mente) à luz da psicossomática. Já no nono capítulo procuramos explicitar os modos pelos quais o conhecimento médico, proveniente da psicossomática, poderia ser adequadamente aplicado à *Saúde Coletiva*.

1

NOÇÕES BÁSICAS DE FILOSOFIA DA CIÊNCIA

O conhecimento de senso comum e outras modalidades de conhecimento

Os jovens das sociedades modernas são inseridos, desde sua infância, em um processo educacional que ocupa seu intervalo de tempo mais produtivo. Nesse processo, a grande ênfase está na aprendizagem científica: procura-se progressivamente introduzir o estudante em uma visão de mundo científica que finalmente irá conduzi-lo, no terceiro grau, para a profissionalização e a inserção no mercado de trabalho. O estudo científico constitui um fator que distingue o profissional universitário daquele que “aprende fazendo”, propiciando-lhe condições de entender “como” e “por que” fazer, ao passo que o profissional não universitário supostamente conhece apenas “como” fazer, em geral sem dispor de condições de justificar por que age de uma maneira e não de outra.

Como o estudante universitário já se habituou desde cedo ao processo de educação científica, muitas vezes não se questiona a respeito da validade desse processo. Será que o homem moderno não poderia alicerçar suas atividades apenas no “saber fazer” prático, tornando assim possível reduzir o tempo de aprendizagem escolar a um mínimo, correspondente à alfabetização e ao domínio de

habilidades matemáticas elementares? Não poderíamos abandonar o pesado fardo do conhecimento científico e constituir nossa visão de mundo com base em outros tipos de saberes, a arte, ou a religião, ou o misticismo, como alguns propõem atualmente? Não estaria incorreta a legislação que regulamenta o exercício profissional, a qual proíbe que indivíduos sem formação científica (i.e., sem diploma de nível superior) exerçam uma série de profissões, que vão da medicina ao jornalismo? Por que não é legalmente permitido que indivíduos que se dizem dotados de poderes paranormais realizem intervenções cirúrgicas cuja eficácia parece duvidosa do ponto de vista científico?

Para responder a perguntas como essas, precisaremos examinar a constituição do conhecimento científico e as possíveis vantagens que ele traz sobre outras modalidades de conhecimento, ou de “saber prático”. Para começar, vamos tratar da modalidade mais elementar do conhecimento: o “senso comum”. O conhecimento de senso comum é composto de tudo aquilo que aprendemos espontaneamente, observando os outros agirem, ou por experiência própria. Por exemplo, saber que o fogo queima os dedos é um saber de senso comum, pois foi adquirido quando tivemos a experiência de colocar os dedos em contato com o fogo. Para saber que o fogo queima, não precisamos obviamente ter nenhum conhecimento de Física ou de Química. Neste sentido, o senso comum é anterior a toda ciência, e é necessário para que a própria ciência possa se constituir. Se o ser humano não fosse capaz de aprender com a experiência, e de compartilhar o que aprendeu com seus semelhantes, transmitindo seus conhecimentos de geração para geração, não haveria uma base sobre a qual erguer o edifício da ciência. O “aprender com a experiência” é, de acordo com o filósofo americano Charles Sanders Peirce, a característica preponderante de uma inteligência científica. O senso comum (anterior à ciência, e necessário para que ela possa se constituir) é o nosso guia para a vida cotidiana, mas é em geral insuficiente quando se trata de dar explicações mais abrangentes sobre as causas dos fatos que observamos. Sobre cada assunto, existem várias opiniões divergentes, faltando um método para re-

solver qual dessas opiniões seria a mais adequada. Tomemos, por exemplo, um indivíduo que repentinamente começa a perder peso e que busca encontrar a causa desse fenômeno, perguntando a opinião de seus familiares e amigos. Cada um apontará um possível fator, baseado em impressões pessoais, e o indivíduo não saberá em quem confiar para fazer um tratamento. Para superar tal indecisão, poderá recorrer a um médico, que, através de consultas e exames de laboratório, fornecerá um diagnóstico mais seguro. Quando o indivíduo consulta o médico, está em busca de um conhecimento mais confiável, que não poderia normalmente ser obtido através das opiniões divergentes do senso comum.

Outra insuficiência do senso comum é que ele não tem meios de corrigir seus erros em relação a questões mais complexas, que vão além da experiência imediata. Um dos erros mais flagrantes, na história da humanidade, foi a opinião de que a Terra era imóvel, estava no centro do universo, e tinha o Sol girando ao seu redor. De fato, nossa experiência imediata nos mostra uma imagem semelhante a essa, pois temos a impressão de que a Terra está parada, e que a cada dia o Sol descreve um semicírculo na abóbada celeste, pondo-se de um dos lados do horizonte, para, no outro dia, reaparecer do lado oposto. Esse erro de avaliação, aparentemente justificado pela observação do movimento do Sol em relação à Terra, só pôde ser corrigido quando o senso comum foi superado por meio de um novo método de conhecimento – a ciência moderna –, em meados do século XVII.

A emergência do conhecimento científico moderno provocou algumas rupturas e conflitos com o senso comum, ao colocar em dúvida muitas de suas crenças e ao exercitar a crítica de hábitos arraigados. No domínio biológico, por exemplo, duas teorias que afrontaram o senso comum, no século XIX, foram a teoria microbiana das doenças e a teoria evolucionista. Não foi fácil demonstrar que um ser invisível a olho nu poderia, por si só, causar a doença e a morte de grandes animais. Foi igualmente necessário um trabalho científico árduo para se demonstrar que as formas de vida se alteraram ao longo do tempo. Pasteur e Darwin foram, respectivamente, os autores destas demonstrações.

Além do conhecimento científico, existem outras modalidades de conhecimento que nos permitem superar os limites de senso comum. Há um *conhecimento intuitivo*, que constitui a base de várias modalidades de expressão artística e mística. As obras artísticas afetam nossa sensibilidade e despertam emoções, sem, contudo, terem sido necessariamente elaboradas cientificamente. A *imaginação* é um tipo de processo cognitivo que nos permite criar universos ficcionais, que podem ou não coincidir com o mundo descrito pela ciência. Além disso, as religiões nos trazem conhecimentos sobre uma *realidade sobrenatural*, inacessível à ciência. Esses conhecimentos são oriundos de algumas pessoas especiais, para as quais se supõe que tenham sido reveladas mensagens da parte de um ser superior. Para se ter acesso ao conhecimento religioso, é previamente necessário ter fé na existência de um ser superior; já a ciência tem seu início na dúvida, e não na fé.

É pertinente aqui, nesta discussão acerca dos modos pelo quais as diversas modalidades de conhecimento (senso comum, artístico, religioso e científico) são estabelecidas, abordar um texto escrito em 1877 pelo já mencionado filósofo americano Charles Peirce. Esse texto, intitulado *A fixação das crenças*, permanece atual e relevante para a delimitação das fronteiras entre as distintas modalidades de conhecimento. Em *A fixação das crenças*, Peirce (1958) propõe os métodos pelos quais podemos nos fixar ou aderir à suposta veracidade das crenças. Um pressuposto fundamental, ainda que não explicitamente formulado nesse texto, e em concordância com o desenvolvimento posterior do pragmatismo do autor, é o de que *um indivíduo I pode, da crença na veracidade de uma proposição p, derivar um conjunto de hábitos de ação capazes de remover a irritação de uma dúvida (dúvida que paralisa a ação e impede o conhecimento)*. Vale, antes, destacar que uma proposição constitui uma afirmação que fazemos sobre a realidade e que pode, por conseguinte, ser analisada em termos de verdadeiro ou falso. O filósofo Wittgenstein associa a proposição a um quadro, ou pintura, da realidade: se o quadro retratado pela proposição, a afirmação que a proposição faz acerca da realidade, corresponde aos fatos, ou está em conformida-

de com a própria realidade, então a proposição é verdadeira, ou a proposição assume valor lógico “verdadeiro”; se, por outro lado, o quadro pintado pela proposição, a afirmação que a proposição faz acerca da realidade, não corresponde aos fatos, ou está em desacordo com a própria realidade, então a proposição é falsa, ou a proposição assume valor lógico “falso”. Assim, por exemplo, a proposição “Está chovendo” assume valor lógico “verdadeiro” (é verdadeira) se, e somente se, olhamos pela janela e verificamos que, de fato, a chuva cai lá fora (na própria realidade). Nesse caso, o conteúdo proposicional, o componente linguístico da proposição, ou o que a proposição afirma ser o caso, corresponde aos fatos, está em concordância com a própria realidade. O ponto que particularmente nos interessa é que, se acreditamos que uma proposição é verdadeira (seja tal proposição pertencente ao domínio científico ou da experiência cotidiana), então podemos derivar dela hábitos de ação e, desse modo, moldar (com eficácia) nossa conduta no mundo. Por outro lado, sob a influência da dúvida, o indivíduo tende a reestruturar seu conjunto de crenças, no interior do qual a dúvida produz uma “irritação” (um sentimento de desconforto). A dúvida em geral dispara o processo de pensamento, sendo o papel fundamental do pensamento a produção de um hábito de comportamento. Mais especificamente, e de acordo com Peirce (1958), o *significado* (de um termo, conceito, ou proposição) é dado pelo conjunto de consequências práticas para ação derivado do objeto (termo, conceito ou proposição) de nossa concepção.

Desse modo, ao concebermos tudo aquilo que habitualmente se seguiria da adoção de um objeto, estaríamos, por conseguinte, concebendo o total coletivo da nossa concepção (ou significado) de tal objeto. Em outras palavras, para explicitarmos o significado de um objeto, devemos determinar, ou especificar, os hábitos que tal objeto produz, uma vez que “[...] o significado de uma coisa é dado pelos hábitos que ela envolve” (Peirce, 1958, 5.400). Assim, por exemplo, dizer que *X* (um diamante) é duro, é dizer que *X*, caso fosse riscado, resistiria ao risco. O significado, para Peirce, está ligado a um conjunto de condicionais subjuntivos: *se X fosse riscado,*

X teria resistido ao risco. Essa “tendência a resistir ao risco” é, para Peirce, um hábito de *X*. Sugerimos que essa caracterização pragmática de hábito está dissolvida na análise de Peirce acerca da fixação da crença.

Para Peirce, o agente pode se fixar às crenças sem suficiente justificativa racional para tanto. Ele tende a aplicar os hábitos derivados das suas crenças sem hesitar. Aprende a “olhar com desprezo” para tudo aquilo que se contrapõe a seus hábitos, que são, na maior parte, mantidos sem substituição ou formação de novos. Esse apego irrefletido e tenaz aos hábitos produz conforto e tranquilidade mental, e isso, segundo Peirce (1958), compensa as inconveniências advindas do apego (às vezes enganador) às concepções subjacentes aos hábitos assim mantidos. Destaquemos que a experiência da dúvida produz um sentimento de desconforto tal que procuramos investigar até que ela seja eliminada, e uma nova crença, na condição de um sentimento reconfortante, seja estabelecida. O agente, mantendo seus hábitos dessa maneira, pode viver afastando-se de virtualmente tudo o que venha a sugerir alterações em suas crenças. Peirce chamou esse método de fixação da crença de “*método da tenacidade*”.

O agente pode se fixar às crenças de certa instituição à qual pertence. O papel da instituição é zelar pela aceitação/instanciação, pelos membros, dos comportamentos derivados do seu (da instituição) conjunto de crenças, estabelecendo critérios para se contrapor aos comportamentos considerados apropriados e desejáveis àqueles considerados inapropriados e indesejáveis. O conjunto de crenças (da instituição) é constantemente reafirmado pela educação dos novos membros. A instituição, diretamente dependente de seu poder, pode tentar evitar, em maior ou menor grau, que crenças e condutas contrárias às por ela legitimadas sejam ensinadas, defendidas e expressas. Pode ser que haja alteração no conjunto de crenças de certa instituição no transcurso do tempo. Contudo, sugere Peirce, as alterações no âmbito das instituições são em geral tão lentas que, durante a vida do indivíduo, elas seriam imperceptíveis e, por isso, as crenças individuais permaneceriam essencialmente fixadas.

Peirce chamou esse método de fixação das crenças de “*método da autoridade*”.

Permita-nos aqui a abertura de um parêntese. O filósofo Feyerabend, em sua obra *Contra o método*, ressaltando a suposta multiplicidade de métodos, as lacunas explanatórias e a provisoriidade das teorias científicas, argumenta que a ciência estaria no mesmo patamar dos mitos, das religiões e das ideologias como modalidades de conhecimento das coisas. Um conceito-chave no pensamento desse filósofo é, como ressalta Granger (1994, p.42), o “*princípio de proliferação*”, de acordo com o qual deveríamos encorajar a criação de teorias incompatíveis com os pontos de vista admitidos e já bem estabelecidos em ciência (pontos de vista “solidamente confirmados e universalmente aceitos”). O aspecto positivo dessa concepção é, de acordo com Granger (ibidem, p.42), a crítica ao conservadorismo e ao dogmatismo, “sublinhando a mobilidade do conhecimento científico e sua abertura a novidades” (ibidem, p.43). A não abertura a novos pontos de vistas (distintos daqueles já estabelecidos), em atenção constante à experiência e à experimentação (e ao que é sugerido pelo próprio comportamento do fenômeno em investigação), essa não abertura, caso levada ao extremo ou maximizada, poderia, traduzindo a afirmação de Granger nas concepções de Peirce acerca da fixação das crenças, aproximar a atividade científica (o método científico) da atividade dogmática e/ou religiosa, cujas crenças são fixadas por meio da autoridade ou da fé, e não, ou apenas incidentalmente e de modo marginal, em atenção à experiência, atenção essa que, segundo Peirce, constitui a mais importante máxima de conduta prescrita pelo método científico, e que o diferencia dos outros métodos de fixação das crenças: o da tenacidade, o da autoridade e o *a priori*.

O agente pode se fixar às crenças por elas serem, ou parecerem, “agradáveis à razão”. Certo ideal estético, envolvido ou pressuposto na noção de “agradável”, estaria presente nesse método de fixação das crenças. Tratar-se-ia, antes de qualquer outra coisa, de se fixar a crença por “mera questão de gosto”. A fixação da crença não estaria ancorada na experiência, mas, sim, “naquilo que estaríamos

prontos a acreditar” e, novamente, em nossas preferências individuais. Peirce chamou esse método de fixação de crenças de “*método a priori*”.

O agente pode se fixar nas crenças de modo provisório, e/ou passível de alteração, além de manifestar disposição para abandonar parte de suas crenças no caso de elas se mostrarem em discordância com a experiência. Peirce caracteriza a experiência como o “[...] curso da vida”. Em caso de uma discordância entre crença e experiência, o indivíduo, conduzido por esse método de fixação da crença, tenderá a admitir e vivenciar uma dúvida real acerca disso (da discordância crença/experiência), e a crença deixará (tenderá a deixar) de constituir uma crença. Para que possamos aplacar dúvidas vivenciadas de modo satisfatório e estável (mas não de modo infalível, uma vez que, para Peirce, o conhecimento científico está em constante evolução), devemos estar apoiados em coisas que não tenham suas razões de ser dadas por algo de natureza meramente individual e/ou subjetiva. Devemos (segundo Peirce) estar apoiados “[...] em alguma *permanência externa*”, em “[...] alguma coisa sobre a qual o pensamento não possua efeito [*desconfigurador*]”, a saber, a *realidade*. Assim, “[...] uma inspiração proveniente de Deus”, por exemplo, não permitiria, dada sua natureza essencialmente individual, fixar ou estabelecer a crença (em certa proposição) de modo racional e/ou satisfatório.

Isso porque a concepção de verdade subjacente à crença em tal proposição não seria, em um caso como esse, “algo público”. A “*permanência externa*” – no sentido usado por Peirce – não poderia ser considerada *externa* (como no caso da inspiração proveniente de Deus) se sua influência se limitasse a um único indivíduo. Peirce caracteriza a verdade como uma correspondência entre o conteúdo de uma proposição *P* e essa “*permanência externa*” como um fato *F*. Mais explicitamente, a verdade teria, assim, uma dimensão fundamentalmente pública, em virtude de ela constituir uma concordância entre uma proposição (ou um conjunto de proposições) e aquilo que a comunidade de investigadores (a comunidade científica) tende a convergir, caso persista suficientemente na investigação. Esse

“limite” que atrairia as mentes dos investigadores (dos cientistas) seria a *realidade*. O método de fixação da crença acima esboçado – chamado por Peirce de *método científico* – tem por hipótese fundamental a existência de:

[...] coisas reais, cujas propriedades são inteiramente independentes de nossas opiniões acerca delas; essas coisas reais afetam nossos sentidos de acordo com leis regulares [...]. [...] podemos verificar pelo raciocínio como as coisas realmente são e, qualquer homem, se possuir suficiente experiência e raciocinar [...], será conduzido à conclusão verdadeira. (Peirce, 1958, 5.384)

Notemos, em particular, que os investigadores (os cientistas) são conduzidos à realidade pela experiência; eles não criariam (pelo conhecimento científico) a realidade; há uma independência da realidade em relação à comunidade de investigadores, ainda que os limites (da realidade) sejam expressos (sempre de modo parcial e provisório) em proposições, ou teorias científicas, derivadas da prática coletiva da produção da ciência. Ainda que os quatro métodos – *tenacidade*, *autoridade*, *a priori* e *científico* – possam, a partir da fixação da crença, remover a irritação da dúvida, o *método científico* é, de acordo com Peirce, o que produz as mais confiáveis respostas a tal irritação, uma vez que, no futuro estendido (“*in the long run*”), as crenças “*cientificamente*” fixadas terão uma probabilidade maior de serem “verdadeiras”.

Assim, e em resumo, dados uma proposição *P* e um indivíduo *I*, *I* pode fixar a crença *C* na veracidade de *P* (e derivar hábitos eficazes de ação de *C*, removendo uma dúvida *D* relacionada a algum tipo de discordância entre uma crença anterior *B* e a experiência) a partir da adoção de um desses quatro métodos: (i) *tenacidade*, (ii) *autoridade*, (iii) *a priori* e (iv) *científico*. Em linhas gerais, em (i) – *tenacidade* – as crenças são irrefletida e resolutamente fixadas. A principal *vantagem* introduzida pelo método (i) – *tenacidade* – é o conforto mental, ao passo que a principal *desvantagem* é a suscetibilidade ao engano. Em (ii) – *autoridade* – as crenças são doutri-

nária e exemplarmente fixadas. A principal *vantagem* introduzida pelo método (ii) – *autoridade* – é a eficiência no estabelecimento e na preservação das crenças, ao passo que a principal *desvantagem* é o caráter relativo das diferentes doutrinas (ou conjunto de crenças). Em (iii) – *a priori* – as crenças são fixadas sem considerar a experiência. A principal *vantagem* introduzida pelo método (iii) – *a priori* – é que tal método conduz a conclusões agradáveis à razão, ao passo que a principal *desvantagem* é que tal método faz da investigação (*necessária para a remoção da dúvida*) algo similar ao desenvolvimento do gosto. Em (iv) – *científico* – as crenças são provisória e empiricamente fixadas. A principal *vantagem* do método (iv) – *científico* – é a condução a crenças (conjunto de proposições) que tendem a coincidir com os fatos, ao passo que as principais *desvantagens* são o esforço e a persistência requeridos por uma investigação científica rigorosamente conduzida.

Quer seja na experiência cotidiana (nas atividades que nos são mais familiares e rotineiras), quer seja no domínio científico, a crença na veracidade de certas proposições permite a derivação de hábitos que, na condição de padrões eficazes de conduta, moldam e conferem inteligibilidade às nossas interações com a realidade e com o contexto imediato que nos cerca.

Características do conhecimento científico

A eficácia da ação humana, excetuando os lances de sorte, está em estreita dependência do grau de segurança, abrangência e profundidade do *conhecimento* (da crença justificada na veracidade de uma proposição) de quem age. As principais realizações do homem em sua história não foram obtidas por tentativa e erro, mas pelo controle dos fatores envolvidos nos problemas práticos, controle cuja eficiência depende do conhecimento que se tem da situação e de seus possíveis desdobramentos. A necessidade de transformar a natureza e organizar a vida social, com vistas a desenvolver atividades que pudessem lhe garantir a sobrevivência e o bem-estar, levou

o ser humano, desde tempos imemoráveis, a desejar um conhecimento que fosse seguro e certo e que ampliasse seus poderes sobre a natureza e sobre os outros homens. Conhecer as “leis” que regem a natureza e a vida social sempre foi um requisito não só intelectual – visando a satisfação íntima de poder entender “como” e “por que” ocorrem os fenômenos –, mas também prático, visando exercer um controle eficaz sobre os fatores condicionantes desses fenômenos. Um conhecimento deficiente poderia significar ser presa de uma catástrofe natural ou ser derrotado no embate militar.

Nas primeiras sociedades que puderam se dar ao luxo de manter indivíduos desobrigados de realizar o trabalho braçal, como a sociedade grega, começaram a aparecer “filósofos”, ou “amantes da sabedoria”, indivíduos interessados em encontrar o caminho que conduzisse ao conhecimento. De início, não havia uma distinção nítida entre Filosofia, religião, arte e ciência. Aqueles que se dedicavam a essas atividades buscavam um saber, ou um estilo de vida, que ultrapassasse as limitações do senso comum.

Os antigos gregos, nas figuras de Platão e Aristóteles, delimitaram algumas das características do conhecimento científico que ainda hoje são consideradas desejáveis. Esse conhecimento seria *universal*, aplicando-se a todos os objetos de determinado tipo, em qualquer região do espaço e do tempo. Não poderia ser determinado pelos gostos pessoais do cientista, nem pelas características geográficas do seu meio. Por exemplo, uma teoria da queda dos corpos feita em uma região montanhosa, por um cientista adaptado à vida naquelas condições, teria de valer também em uma região de planície e ser aceitável para os indivíduos adaptados a essa última situação.

Em segundo lugar, o conhecimento científico deveria ser *sistemático*, composto de áreas de estudo bem delimitadas e inter-relacionadas entre si, de maneira a congregar todo o conhecimento relevante a respeito de cada assunto, ao passo que o senso comum é disperso, desorganizado e, conseqüentemente, de difícil utilização em situações complexas e/ou críticas.

Em terceiro lugar, a possibilidade de um conhecimento científico deveria se fundar na existência de *regularidades* e *invariâncias*

nos processos naturais e históricos. Não pode haver ciência daquilo que é único e irrepetível. Mesmo naquilo que muda ao longo do tempo, podem existir invariâncias, a saber, a frequência em que ocorre a mudança pode ser constante (por exemplo, o conceito de aceleração na Física newtoniana, como a derivada da velocidade).

A característica de sistematicidade ainda marca profundamente o conhecimento científico atual, enquanto a pretensão de universalidade e a suposição de uma ordem invariante da natureza foram, em certa medida, relativizadas, sendo que as ciências biológicas têm contribuído para tal relativização. No que diz respeito à organização sistemática do conhecimento científico, vale lembrar a grande divisão das ciências, cuja origem também remonta aos gregos (Figura 1):

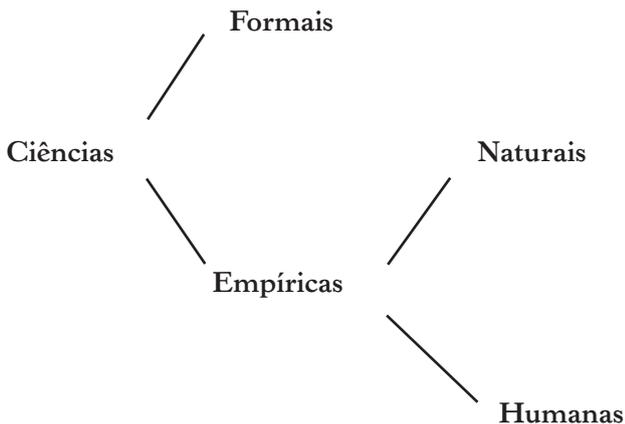


Figura 1 – Grande divisão das ciências.

As ciências formais, como a Lógica e a Matemática, lidam com objetos formais (números, conjuntos), que são representados por símbolos e contam com métodos próprios de demonstração de suas teorias que independem da obtenção de informações relativas ao mundo da experiência. Já as ciências empíricas baseiam-se em dados obtidos da natureza físico-química-biológica e/ou humana, por meio de nossa experiência, que inclui tanto a observação como a experimentação.

Por volta do século XVII, com o trabalho de filósofos como Bacon e Descartes, e de cientistas como Galileu e Newton, estabeleceram-se os dois grandes pilares da chamada “ciência moderna” – a “ciência” tal como a entendemos hoje. São eles:

- a) *o recurso à experiência*: as afirmações (proposições) sobre a natureza devem ser testadas pela observação de novos casos, ou por meio de uma intervenção controlada – a experimentação –, o que possibilita distinguir entre as correlações casuais e as regularidades constantes, e, mais importante, descartar toda afirmação dogmática que não possa ser provada por esses meios;
- b) *o procedimento analítico*: o entendimento do objeto de estudo é obtido por sua divisão em partes mais simples, que são estudadas separadamente. O objeto é recomposto após o entendimento do funcionamento de cada parte. O primeiro procedimento, de divisão, é chamado *análise*, e o segundo, de recomposição, é chamado *síntese*. Na síntese, podemos descobrir o funcionamento do objeto em sua totalidade.

Sobre esses dois pilares se constitui o chamado *método científico* que consiste em um “caminho” ou “roteiro” a ser seguido por quem quer que deseje obter um conhecimento seguro. A ciência é uma tarefa coletiva. Cada pesquisador parte dos resultados atingidos pelas gerações anteriores e, concordando ou discordando deles, acrescenta-lhes novos elementos que vêm a compor o corpo do conhecimento científico. O método científico é o conjunto de regras que dirige esse empreendimento coletivo.

A conjugação da exigência de fundamentação empírica com o procedimento analítico conduz, na ciência contemporânea, ao fenômeno da *especialização* que consiste na divisão do trabalho científico em pequenas áreas estanques, com o conseqüente confinamento dos cientistas ao estudo aprofundado de apenas uma parte de um sistema, ou de um aspecto de um problema, deixando de lado os

demais. Embora a especialização tenha sido utilizada para o progresso científico, sua radicalização tem conduzido a tentativas de contrabalançar a extrema compartimentalização do conhecimento, através de um novo esforço de síntese que se traduz nas iniciativas de constituição de grupos *interdisciplinares*, ou de áreas *transdisciplinares*. Um grupo interdisciplinar é aquele no qual vários especialistas, sem abrirem mão de sua formação e atuação em determinada área, se reúnem para trabalhar coletivamente, com vistas à solução de um determinado problema. Já uma área transdisciplinar é aquela na qual várias subáreas são unidas, deixando de existir como disciplinas isoladas.

Ao lado da existência de um método, outros fatores vieram a contribuir para o espetacular sucesso do empreendimento científico, do século XVII aos nossos dias. Um deles foi a utilização da *linguagem matemática*, que forneceu rigor quantitativo e ampliou enormemente a capacidade de calcular valores desconhecidos a partir de valores conhecidos. Outro fator foi o uso de *novos instrumentos*, como o telescópio e o microscópio, que ampliaram grandemente o espectro das coisas observáveis e mensuráveis.

Em nosso segundo capítulo, estudaremos o método científico, mostrando como tal método funciona na pesquisa em biociências. Alguns autores defendem que não existiria um único método científico. Cada comunidade científica utilizaria as regras que julgasse mais adequadas. Nessa linha de pensamento, o principal critério para adotarmos uma teoria como científica seria sua eficiência prática e não sua conformidade a regras metodológicas bem definidas. Uma consequência dessa concepção seria a impossibilidade de caracterizar precisamente o que seria o conhecimento científico: a ciência seria aquilo que os cientistas julgam como tal. Se a astrologia, por exemplo, mostrar eficiência prática, e existir um grupo, organizado em instituições científicas, que a considere uma ciência, então ela seria de fato uma ciência. Não disporíamos de limites bem demarcados entre ciência e religião, ciência e arte, ou ciência e Filosofia. Porém, caso venhamos a aceitar a existência de um método científico razoavelmente bem definido, esses limites poderiam ser

traçados, em conformidade com as características próprias ao conhecimento científico.

Linguagem e modelos científicos

Cada domínio científico é caracterizado por um conjunto de termos técnicos, constituindo uma *linguagem especializada*, no interior da qual procuramos, diferentemente da linguagem do senso comum, estabelecer um significado preciso para cada termo empregado. Quanto mais vasta se torna a área de estudos, maior se torna o seu vocabulário específico, pois os novos aspectos levantados sobre o objeto de estudo, ou sobre suas relações com o meio, muitas vezes precisam ser expressos em novas palavras, ou novas teorias; se fossem expressos na velha terminologia, ou nas velhas teorias, criar-se-ia nelas uma ambiguidade de significado.

Podemos distinguir, na linguagem empregada em cada área científica, dois tipos de termos: os termos *observacionais* e os termos *teóricos*. Essa distinção não é absoluta, uma vez que nossas observações são influenciadas pelas teorias em que acreditamos, e nossas teorias são influenciadas por nossas observações prévias. Os termos observacionais têm o seu significado associado a percepções diretas ou indiretas. Percepções indiretas são aquelas em que o estímulo origina uma cadeia causal, culminando com uma percepção direta; por exemplo, podemos “observar” a pressão de um gás por meio da observação do ponteiro de um instrumento de medida. Portanto, “pressão” é um termo observacional. Já o significado dos termos teóricos depende de definições conceituais. Por exemplo, “tamanho” (de um objeto físico) é um termo observacional, uma vez que sua especificação é feita através de uma percepção do objeto, e sua comparação com um instrumento de medida (régua); “espécie biológica” é um termo teórico, pois depende da conceituação de “espécie” que adotamos.

A fronteira entre o *observável* e o *não observável* não é nítida. Incluímos no domínio do observável objetos que ainda não foram

percebidos, mas que podem sê-lo. O não observável é aquilo que, por sua própria natureza, não pode ser percebido, como, por exemplo, o espaço e o tempo, os campos gravitacionais e os elétrons. Os termos teóricos desempenham um importante papel nas ciências, operando em conjunto com os termos observacionais. No interior de uma ciência madura, o significado dos termos observacionais é influenciado pelo significado atribuído aos termos teóricos. Por exemplo, na medida da temperatura de um objeto físico, a escolha de uma modalidade de medida é convencional (por exemplo, uso de escala Fahrenheit, Celsius ou centígrados), sendo influenciada por nossas pressuposições teóricas (por exemplo, a existência de um grau zero absoluto). Conseqüentemente, uma mudança puramente teórica pode levar a alterações na totalidade de uma área científica.

As evidências perceptuais, que especificam o significado dos termos observacionais, são, na ciência, públicas e repetíveis. São públicas porque qualquer indivíduo pode ter acesso a elas, e, no caso da realização de medições, os resultados atingidos pelos pesquisadores precisam convergir (estatisticamente) entre si. São repetíveis porque – com raras exceções, como, por exemplo, observações de espécies em extinção, ou de fenômenos celestes que ocorram em largos intervalos de tempo – as observações e os experimentos podem, em princípio, ser refeitos, em qualquer local e a qualquer momento, obtendo-se resultados também convergentes.

A distinção entre observacional e teórico dá origem a duas maneiras distintas de se encarar a atividade científica. O *empirismo* é uma concepção da ciência que enfatiza a base observacional, julgando que o ideal da ciência estaria em sua perfeita adequação com o observável, ao passo que os aspectos mais abstratos das teorias seriam apenas convenções que adotamos para facilitar as nossas previsões sobre o ainda não observado. O *realismo* é a concepção oposta, para a qual os termos teóricos expressam aspectos da realidade exterior à nossa mente (da realidade independente de nossas mentes), cujo desvendamento completo seria o ideal da ciência. Portanto, limitar-se aos fenômenos (fatos observáveis) ou ir além

deles, para tentar retratar a estrutura da natureza, tal é o conflito que se coloca entre as duas posições.

Um meio bastante usado para representar o objeto de estudo em sua estrutura e funcionamento é a construção de *modelos*, ou representações esquemáticas das características mais relevantes desses objetos. São muitos os tipos de modelos utilizados nas ciências, com diferentes finalidades. Alguns dos tipos de modelo são os seguintes:

- a) *Maquetes e miniaturas*: por meio de análise dimensional (comparação entre escalas de grandeza) são produzidas réplicas do objeto de estudo que guardam as mesmas proporções de forma do objeto original. Exemplos: maquetes do sistema solar, construídas com uma lâmpada e bolas de isopor, utilizadas com fins didáticos; miniaturas de árvores de uma floresta, destinadas a estudar os efeitos do fogo na floresta;
- b) *Modelos analógicos*: constituem esquemas abstratos que representam de maneira simplificada as características mais relevantes do objeto de estudo. Por exemplo, no século XIX, considerava-se que os choques entre as moléculas de um gás perfeito fossem como colisões entre bolas de bilhar; no início da Mecânica Quântica, a estrutura atômica foi representada por Bohr à semelhança do sistema solar, com os elétrons girando ao redor do núcleo; e, no início da Biologia Molecular, Watson e Crick representaram a estrutura do DNA como uma “dupla hélice”;
- c) *Diagramas*: consistem em representações gráficas, com o uso de figuras geométricas, linhas e setas, que expressam as principais partes do sistema estudado e as relações entre essas partes. Exemplos: circuitos eletrônicos, diagramas de ecossistemas, fluxogramas etc. Também podem ser analógicos, como no caso dos mapas geográficos;
- d) *Modelos matemáticos*: são conjuntos de equações que representam o comportamento temporal do sistema es-

tudado. Geralmente as variáveis independentes representam resultados de medidas empíricas, e as derivadas temporais representam as funções e/ou processos que ocorrem no sistema. Por exemplo, as equações que descrevem as variações genéticas em uma população, ou as que descrevem a dinâmica populacional (relação entre nascimentos e mortes, determinando o aumento ou a diminuição da população);

- e) *Modelos computacionais*: constituem simulações do comportamento de sistemas reais, feitas no computador. Por exemplo, simulações de alterações climatológicas; redes de “autômatos booleanos”, que representam a dinâmica do sistema nervoso, do sistema imunológico, ou a regulação gênica (controle que os genes exercem uns sobre os outros). Os “autômatos” são unidades de processamento de informação, interligadas em uma rede, capazes de efetuar as operações booleanas (isto é, operações aritméticas).

De acordo com o filósofo Granger (anteriormente citado), a construção de modelos abstratos constitui uma característica fundamental do conhecimento científico. Um modelo acerca de um objeto de estudo forneceria um esquema abstrato a partir do qual poderíamos, em especial com base na lógica e na matemática, procurar as relações entre os elementos (abstratos) desses modelos (da nossa estrutura conceitual/teórica), e deduzir (e/ou reproduzir) propriedades que correspondam, com algum grau de precisão, as propriedades empíricas do objeto. Apenas na condição de informação adicional, poderíamos indicar que, à luz da lógica semiótica de Charles Peirce (1958), o estatuto (ontológico) do modelo é o de um signo icônico: um signo, ou representação, que exhibe *similaridade* com o objeto que ele representa (a fotografia, por exemplo, constitui um signo icônico do objeto, indivíduo, paisagem etc. que ela reproduz em imagem). No que diz respeito aos modelos científicos (e no viés de uma abordagem realista), a similaridade entre modelo e objeto constitui uma *similaridade formal*, uma vez que

aquilo que o modelo idealmente procura retratar é uma similaridade não imagética, mas, antes, entre as relações (ou conjunto de relações) supostas pelo modelo e aquelas relações (ou conjunto de relações) que estruturariam ou organizariam o “comportamento” do objeto de nossa concepção ou estudo.

Explicações científicas

A descrição e a explicação são dois momentos fundamentais do trabalho científico. Em ambos os casos, partimos de um ou mais fatos que despertam nossa dúvida ou curiosidade, ou ainda de uma situação que se nos afigura como problemática. Tais fatos e situações são chamadas *fenômenos*, ou seja, aquilo que se apresenta para o entendimento científico. Frente aos fenômenos, o cientista procura efetuar dois passos consecutivos: a descrição e a explicação. A *descrição* consiste em mostrar, com rigor, *como se constitui* o fenômeno. Ela procura revelar a *estrutura* (elementos ou partes e a relação entre os elementos ou as partes) do fenômeno. Por exemplo, os morfologistas e os anatomistas trabalham no sentido de mostrar, com clareza e precisão, as partes constitutivas de plantas e animais. A *explicação* consiste em mostrar *a razão pela qual o fenômeno acontece*, o que frequentemente envolve mostrar as *causas geradoras* do fenômeno. Por exemplo, na fisiologia, a locomoção dos mamíferos é explicada por meio da atividade de um sistema ósseo-muscular; na genética, certas doenças são explicadas pela presença ou pela ausência de determinados genes.

A importância das explicações científicas consiste principalmente em favorecer a previsão e o controle dos fenômenos. Na medida em que conhecemos as *causas geradoras* de um fenômeno, podemos evitar que tal fenômeno ocorra, impedindo a combinação das causas que o geram, ou mesmo fazer com que tal fenômeno ocorra, proporcionando a apropriada combinação das causas, no lugar e no tempo desejados. Dessa maneira, a procura por boas explicações científicas não constitui apenas uma forma de satisfa-

zer nossas curiosidades acerca dos fatos da natureza, mas, antes, e principalmente, constitui uma forma de fornecer subsídios seguros e eficazes para a vida prática. Com base nesse raciocínio, configura-se uma linha de pensamento chamada *pragmatismo*, de acordo com a qual o grande valor das teorias científicas consiste em sua aplicabilidade prática. Nesse aspecto, a ciência contemporânea, ao conectar conhecimento e técnicas, gerando as novas tecnologias que revolucionam os meios de trabalho e cotidiano humanos, exhibe uma profunda tendência pragmática.

Embora a grande maioria das explicações científicas seja do tipo causal, existem outras maneiras de se explicarem os fenômenos, como veremos, no caso das ciências biológicas, (ver p.103). Vamos oferecer, aqui, dois exemplos simples. Quando explicamos o tipo de movimento de um corpo, dizendo que ele é acelerado e não uniforme, estamos oferecendo uma explicação formal, estamos nos referindo à forma, ou *ao modo como o fenômeno ocorre*, e não às suas causas. Por outro lado, quando dizemos que o movimento de corpo é acelerado devido à ação da força gravitacional, estamos oferecendo uma explicação causal. Já no domínio biológico, quando dizemos, por exemplo, que um boi se locomove até o riacho para beber água, estamos oferecendo uma explicação teleológica ou finalista, que faz referência aos fins ou aos *objetivos* em função dos quais o fenômeno (locomoção do boi) ocorre.

As explicações contêm duas partes: o *explicandum*, aquilo que é explicado, a saber, o fenômeno ocorrido, e o *explicans*, aquilo que explica, a saber, a razão pelo qual o fenômeno ocorreu. Para que seja identificado o *explicans*, é necessário que tenhamos bem determinado qual é o *explicandum*. Por isso, antes de procurar uma explicação científica para um fenômeno, é preciso descrevê-lo adequadamente. Lembremo-nos da máxima: “Um problema bem formulado já contém meia resposta”. Sendo assim, verificamos que, nas ciências biológicas, o trabalho descritivo e o explicativo se complementam, e, por essa razão, não faz nenhum sentido contrapor descrição a explicação. Um bom trabalho descritivo já antecipa as possibilidades de explicação do fenômeno, e um bom trabalho explicativo leva em

conta todos os aspectos relevantes da descrição previamente compreendida.

Raciocínio científico: indução, dedução e abdução

A ciência não é praticada apenas em conformidade com observações e experimentos, mas também, e principalmente, à luz de raciocínios a partir de informação, apontando para *conclusões* que nos sejam significativas. Por exemplo, interessa-nos saber quais são as características do vírus HIV, em função das inferências que podemos fazer a partir dessas informações para produzir uma cura para a AIDS. Sendo assim, uma noção básica acerca dos tipos de inferências disponíveis à mente científica, inferências que podem ser feitas a partir das informações obtidas via observação e experimentação, é importante para o pesquisador que não deseja se limitar a desempenhar o papel de mero colecionador de informações. Por outro lado, um estudo rigoroso de lógica, que seria indispensável à introdução de um formalismo matemático, extrapola, no mais das vezes, o âmbito de interesse dos estudiosos e profissionais das ciências da vida e da saúde, motivo pelo qual nos restringiremos ao mínimo necessário para o entendimento de alguns conceitos utilizados na metodologia científica.

Para podermos tratar dos tipos de raciocínio, precisamos introduzir alguns termos do vocabulário da lógica, e também relembrar algumas noções básicas de Teoria dos Conjuntos:

- a) *Proposição*: é uma afirmação acerca da realidade, que pode ser analisada em termos de verdadeiro ou falso. Como já tivemos oportunidade de discutir, Wittgenstein associa a proposição a um quadro, ou pintura, da realidade: se o quadro retratado pela proposição, a afirmação que a proposição faz acerca da realidade, corresponde aos fatos, ou está em conformidade com a própria realidade, então a proposição é verdadeira, ou a proposição assume

valor lógico “verdadeiro”; de outro modo, a proposição é falsa, ou a proposição assume valor lógico “falso”.

- b) Em outras palavras, a *Verdade lógica* constitui uma adequação ou correspondência entre proposições e fatos; uma proposição é logicamente verdadeira se afirma um fato que ocorre, ou nega um fato que não ocorre; uma proposição é logicamente falsa se afirma um fato que não ocorre, ou nega um fato que ocorre.
- c) Já as *Premissas* constituem as proposições que, em um raciocínio, tomamos como verdadeiras; expressam as informações (empíricas e teóricas) que já conhecemos ou de que dispomos, e julgamos corresponder a uma base satisfatória para a obtenção de conhecimentos novos;
- d) *Conclusão*: é uma proposição obtida (ou “inferida”) das premissas, através do raciocínio;
- e) *Argumento*: é um raciocínio completo, constituído de premissas e conclusão;
- f) *Proposições particulares*: são proposições que afirmam alguma coisa sobre determinados elementos de um determinado conjunto (geralmente iniciam-se com “Alguns...”);
- g) *Proposições universais*: são proposições que afirmam algo sobre todos os elementos de um determinado conjunto (geralmente iniciam-se com “Todos...”);
- h) *Falácias*: são raciocínios incorretos, que aparentam ser corretos, nos quais as premissas e/ou a conclusão podem ser verdadeiras, mas a forma de obtenção da conclusão é incorreta.

Usaremos a seguinte “notação” para expressar o conteúdo das proposições como relações entre conjuntos:

- a) “Todo A é B”, ou “Os A são B” $A \subseteq B$ (\subseteq = estar contido)
- b) “Algum A é B” $A \cap B$ (\cap = intersecção)

- c) “Todo A não é B” A Dt B (Dt = disjunção total)
- d) “Algum A não é B” A Dp B (Dp = disjunção parcial)
- e) “Se A então B” ou “Sempre que A então B” A \subseteq B
- f) “Se A então não B”, ou “Sempre que A então não B” A Dt B

Os tipos de raciocínio se diferenciam entre si pelo modo como a conclusão é inferida das premissas. Os dois tipos de raciocínio mais estudados são:

- a) *Indução*: é um raciocínio no qual a conclusão é mais abrangente do que as premissas (as premissas contêm proposições particulares e a conclusão é uma proposição universal). É produzida por um processo de generalização (uma propriedade que vale para diversos elementos de um conjunto é considerada válida para todo o conjunto). Não existe um método para sabermos se uma indução é correta; podemos inclusive fazer indução a partir de uma única premissa. No contexto do trabalho científico, procura-se fazer indução a partir de uma amostra significativa.

Exemplo:

P1: Anteontem o sol nasceu.

P2: Ontem o sol nasceu.

P3: Hoje o sol nasceu.

C: Todos os dias o sol nasce.

Existem vários tipos de indução, dentre os quais destacamos:

- a.1) *Indução no tempo*: infere-se que aquilo que ocorreu no passado e/ou no presente ocorrerá no futuro, ou que aquilo que ocorreu algumas vezes ocorrerá sempre;
 - a.2) *Indução espacial*: infere-se que aquilo que ocorre em alguns lugares também ocorre em outros lugares;
 - a.3) *Indução da parte para o todo*: infere-se que aquilo que acontece com algumas partes de um sistema ocorra em sua totalidade;
 - a.4) *Indução causal*: se dois tipos de fenômenos x e y sempre ocorrem conjuntamente, e x ocorre antes de y, infere-se que x é a causa de y;
 - a.5) *Indução por analogia*: infere-se que o que acontece com sistemas semelhantes a x também ocorre com x;
 - a.6) *Indução por homologia*: se o sistema x é semelhante ao sistema y, infere-se que aquilo que ocorre com certas partes de x também ocorre com as partes correspondentes de y;
 - a.7) *Indução por eliminação de alternativas*: se a causa de x deve ser y, w ou z, e se temos indícios de que não é w nem z, infere-se que a causa de x é y;
 - a.8) *Indução de probabilidades*: se x ocorre n vezes em z casos, então a probabilidade de x é n/z .
- b) *Dedução*: é um raciocínio no qual a conclusão é de menor ou igual abrangência que as premissas, expressando, dessa maneira, apenas informações já contidas nas próprias premissas. Há um método para sabermos se a dedução é correta que apresentaremos aqui de modo simplificado, utilizando a Teoria de Conjuntos. Toda proposição pode ser expressa como uma relação entre conjuntos. Um argumento dedutivo é correto se a conclusão for obtida em todas as possíveis combinações das relações estabelecidas pelas premissas. Isso poderá ser entendido à luz dos seguintes exemplos:

P1: Todos os gambás são animais malcheirosos.

P2: Alguns gambás vivem na floresta.

C: Alguns animais malcheirosos vivem na floresta.

Esse argumento é correto, e o método para prová-lo é o seguinte: a primeira premissa afirma que o conjunto dos gambás está contido no conjunto dos animais malcheirosos, e a segunda premissa afirma que existe uma intersecção (x) entre o conjunto dos gambás e o conjunto dos animais que vivem na floresta. A conclusão afirma que existe uma intersecção (y) entre o conjunto dos animais malcheirosos e o conjunto dos animais que vivem na floresta.

Um exame do problema revela que, se existe uma intersecção (x) entre o conjunto dos gambás e o conjunto dos animais que vivem na floresta, e se o conjunto dos gambás está contido no conjunto dos animais malcheirosos, então necessariamente deve haver uma intersecção (y) entre o conjunto dos animais malcheirosos e o conjunto dos animais que vivem na floresta, qualquer que seja a maneira pela qual venhamos a traçar o diagrama (não há como representar as relações entre as premissas, sem, ao mesmo tempo, representar a conclusão).

Podemos agora fazer a importante distinção entre deduções corretas e deduções incorretas. *Deduções corretas* são aquelas em que a conclusão é uma consequência necessária das premissas. Assim, em todas as combinações possíveis das premissas (ou seja, de todas as maneiras pelas quais os diagramas forem desenhados) a conclusão sempre aparecerá. Já nas deduções incorretas a conclusão não é consequência necessária das premissas. Por essa razão, é possível que, em um diagrama, as premissas estejam todas expressas (como relações entre conjuntos), mas a conclusão não apareça. Assim, em termos práticos, é suficiente que venhamos a encontrar ao menos uma combinação das premissas em que a conclusão *não* apareça, para provarmos que a dedução é incorreta. Se a dedução for correta, constataremos que não há maneira possível de representar as premissas sem que a conclusão, ela mesma, apareça. Vejamos um exemplo ilustrativo de dedução incorreta:

P1: Todos os gambás são animais malcheirosos.

P2: Alguns animais malcheirosos vivem na floresta.

C: Alguns gambás vivem na floresta.

Essa dedução é incorreta; para prová-lo, é suficiente que mostremos uma possível combinação das relações estabelecidas pelas premissas, da qual não se obtém a conclusão.

Além da *indução* e da *dedução*, há, para Peirce (1958), outra modalidade de inferência disponível à mente científica: a *inferência abductiva* ou, simplesmente, *abdução*. A abdução corresponde à criação de uma *hipótese* cujo objetivo é explicar um fato ou um evento experienciado como anômalo, surpreendente e/ou problemático. A abdução constitui, em outras palavras, um “*processo de formação de uma hipótese explicativa*” (Pierce, 1958, 5.172), a única operação ou inferência lógica, segundo Peirce, capaz de introduzir ideias genuinamente novas, estando, por conseguinte, associada a uma lógica da descoberta. A forma da abdução é a seguinte:

Um fato surpreendente, *C*, é observado;

Mas, se *A* fosse [uma hipótese] verdadeira, *C* ocorreria como uma questão [natural] de fato;

Logo, existem razões para suspeitar que *A* seja verdadeira (CP, 5.189).

Assim, não há garantias infalíveis para a sustentação da veracidade da hipótese *A*. Mas, uma vez que tal hipótese bem explicaria os fatos, é relevante testá-la. O raciocínio dedutivo poderia, assim, auxiliar na derivação de *consequências testáveis da hipótese*, ao passo que o raciocínio indutivo poderia auxiliar na avaliação indicadora do domínio de aplicação da hipótese abduzida.

2

METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA

Bases filosóficas da pesquisa científica

Embora os estudantes e os profissionais das ciências da vida e da saúde só venham a se formar como cientistas praticando uma atividade de pesquisa, é importante que, antes de iniciarem tal prática, conheçam os princípios básicos que a regem. Tal conhecimento pode auxiliá-los a se tornar conscientes da natureza e dos objetivos da ciência, e não meros técnicos e auxiliares de pesquisa. Os princípios básicos foram fixados no transcurso da história da ciência moderna, e se tornaram reconhecidos por intermédio da obra de filósofos como F. Bacon, R. Descartes, D. Hume, I. Kant, R. Carnap, K. Popper, C. Hempel e I. Lakatos, entre outros. Abordaremos, neste capítulo, os princípios que regem a pesquisa científica, da elaboração de um projeto à redação de monografias destinadas a expor os resultados da pesquisa científica. Especial ênfase será colocada nas operações práticas da pesquisa biológica, levando em conta aspectos do contexto em que se faz essa pesquisa, no Brasil.

As pesquisas científicas são motivadas por problemas de ordem teórica e/ou prática. Um problema consiste em uma dificuldade que afeta a vida humana, ou um fato cuja ocorrência desperta a dúvida ou a curiosidade do pesquisador. A existência dos problemas (e

das dúvidas, como vimos com Peirce) antecede e confere sentido às pesquisas, que são empreendidas com o objetivo de solucioná-los. Uma solução para um problema teórico consiste em uma explicação de sua ocorrência, ao passo que a solução de um problema prático consiste na elaboração de técnicas ou tecnologias que permitam seu enfrentamento.

Em todas as profissões humanas, frequentemente surgem diversos problemas, cada qual com suas características próprias e únicas, que desafiam nossa criatividade e capacidade de ação. Para resolver esses problemas de modo eficaz e eficiente, o profissional terá que realizar pesquisas, mesmo que não esteja trabalhando em um ambiente específico de pesquisa, como cursos de Pós-Graduação, institutos ou laboratórios especializados. Nesse sentido amplo, todos aqueles que trabalham de forma autônoma, nas mais diversas profissões, são pesquisadores.

A sociedade atual, que reúne grande contingente de pessoas em concentrações urbanas de grande porte e mantém múltiplos canais de comunicação de massa, necessita realizar frequentemente distintos tipos de pesquisas. Por exemplo, no desenvolvimento de um novo produto por uma indústria são realizadas pesquisas de materiais, de processos de transformação, e da procura daquele produto pela população. Nos períodos eleitorais, são feitas pesquisas acerca das preferências do eleitorado frente aos candidatos aos cargos públicos. Para se saber a dimensão do impacto ambiental de indústrias e outras atividades humanas, são empreendidas pesquisas geográficas e biológicas. Boa parte dos conhecimentos de que precisamos é gerada por pesquisas.

O *método científico* consiste em um caminho, ou roteiro, para assegurar máxima confiabilidade aos resultados de uma pesquisa. É claro que podemos realizar pesquisas sem obedecer ao método científico, ou mesmo sem obedecer a nenhum método (agir por “tentativa e erro”), mas, em ambos os casos, estaremos correndo maiores riscos, e seremos impossibilitados de aferir a confiabilidade dos resultados. Esse tipo de situação não é desejável, sobretudo em atividades que envolvam a vida humana, como a medicina, a es-

tabilidade dos ecossistemas, como a engenharia florestal, ou ainda quando há grande investimento de recursos, como, por exemplo, na investigação espacial. Portanto, em diversos ramos das atividades humanas, passou-se a requerer que as pesquisas fossem realizadas de maneira científica, como uma estratégia para assegurar maior confiabilidade aos resultados alcançados.

Alguns filósofos contemporâneos, como Feyerabend (como destacamos), questionam a existência de um único método científico. Será que diferentes indivíduos, ou diferentes grupos de pesquisadores, trabalhando cada qual em um ambiente diverso do(s) outro(s), não possuiriam distintas modalidades de produção de conhecimento científico? A visão que apresentaremos aqui supõe que, apesar das diferenças de estilo e de condições de trabalho, os princípios básicos do método científico seriam basicamente os mesmos (seriam uniformes). Para elucidar a questão, procederemos a uma breve exposição da prática desses princípios:

- a) as pesquisas científicas partem de *problemas reais*, e têm como objetivo último apresentar soluções igualmente reais para esses problemas;
- b) a partir de uma coleta de dados, empíricos e/ou bibliográficos, relativos ao problema que impulsiona a pesquisa, o pesquisador *induz* (ou *abduz*) uma possível solução para o problema, que é chamada de *hipótese*;
- c) para planejar experimentos (e/ou novas observações) que *testem*, da maneira mais variada e exaustiva possível, a hipótese levantada, o pesquisador *deduz*, com auxílio de *hipóteses auxiliares*, uma série de *consequências da hipótese*;
- d) cada consequência da hipótese dá origem a um *experimento* (e/ou uma nova observação), cada qual, respeitando-se os princípios da *repetição* e do *controle*, irá, por meio dos *resultados*, confirmar ou não a hipótese;
- e) com base no conjunto de resultados, o pesquisador realiza uma *discussão* ou interpretação, concluindo sobre o *grau de confiabilidade* da hipótese.

Da visão do método científico exposta, e que será tratada em detalhes a seguir, podemos concluir que o objetivo da ciência não seria, ao contrário do que muitas vezes se afirma, encontrar *verdades* (no sentido lógico, de correspondência entre proposições e fatos) sobre a natureza ou sobre o mundo humano. Mesmo que uma hipótese alcance um grau máximo de confiabilidade com base nos resultados experimentais obtidos, isso não é suficiente para garantir sua verdade, como bem ressaltou Karl Popper, uma vez que os resultados obtidos são sempre em número *finito*, enquanto a aplicação das teorias, se verdadeiras, abrangeria um número *infinito* de casos possíveis. Mesmo que um cientista possua grau máximo de confiança em sua hipótese, novos resultados podem vir a falseá-la. Assim, concluiu Popper, só podemos ter certezas a respeito da *falsidade* de hipóteses. Apesar dessa conclusão, ele (assim também como Charles Peirce) ainda acreditava que, ao longo do progresso científico, as teorias iriam, gradativamente, convergir para uma teoria final verdadeira. Mas como, no presente, não temos condições de identificar quais proposições serão futuramente consideradas verdadeiras, tal concepção de convergência para a verdade não disporia consequências práticas (permanecendo conjectural ou metafísica).

Elaboração do projeto de pesquisa

Atualmente as pesquisas científicas são realizadas em equipes, principalmente por intermédio de instituições, como universidades e institutos, ou em departamentos de grandes empresas privadas. Os pesquisadores apresentam, antes do início dos trabalhos, um *projeto* que contém dados acerca da pesquisa a ser realizada. Com base nesse projeto, a instituição em que trabalham, ou as instituições que têm por função apoiar pesquisas científicas (ver item Organização institucional da pesquisa, p.61), poderão lhe fornecer o financiamento necessário para a realização da sua pesquisa. Nos dias atuais, é praticamente impossível para um indivíduo realizar sua pesquisa isoladamente, como chegou a ocorrer em séculos pas-

sados. O pesquisador necessita não apenas se inteirar dos resultados já obtidos por outros pesquisadores, dentro de sua área e linha de pesquisa, mas também contar com o apoio de uma instituição e/ou das agências financiadoras para que possa adquirir os recursos (equipamentos, material de consumo, serviços de terceiros etc.) com os quais poderá dar andamento à pesquisa. Podemos então visualizar a importância da elaboração de um projeto de pesquisa de boa qualidade, pois o projeto será o cartão de apresentação dos propósitos do pesquisador, o elemento que os pareceristas e avaliadores terão em mãos para julgar se a pesquisa sugerida merece ou não receber financiamento.

Em cada área científica, preexiste ao trabalho do pesquisador um corpo de teorias aceitas e de dados experimentais fidedignos, que não só delimitam a própria área de pesquisa, como também constituem um ponto de partida obrigatório. O pesquisador necessita conhecer o que há de mais avançado em sua área de investigação, no mínimo para não vir a repetir o que já foi feito por outros colegas. Os cursos de graduação familiarizam o estudante com os diversos campos de pesquisa de sua área, relacionados de uma ou outra maneira às disciplinas do curso. A possibilidade de se colocar um problema interessante, e de solucioná-lo, depende estreitamente do conhecimento de que se dispõe em determinada área. Sendo assim, o ponto de partida do pesquisador deve ser a consulta mais extensa possível à bibliografia concernente à sua área de interesse – no específico caso de trabalho em âmbito de graduação, o conhecimento mais exaustivo da bibliografia deve ficar por conta do orientador.

A ciência é, cada vez mais, nos dias contemporâneos, uma tarefa coletiva, para a qual cada indivíduo ou grupo contribui com uma pequena parcela, que adquire pleno significado quando inserida no circuito de comunicações científicas (revistas especializadas, eventos científicos). Tal circuito, por sua vez, possui uma dinâmica interna da qual o pesquisador precisa participar, concordando ou discordando. De sua capacidade de trabalhar nesse contexto dependerão não só a atenção que os demais pesquisadores conferirão a

seu trabalho, como também, usualmente, a obtenção de recursos financeiros de suporte à pesquisa.

Ao se elaborar um projeto de pesquisa, devem-se inicialmente definir o *tema* e o *problema* a serem abordados. O tema é aquilo sobre o que versa a pesquisa, e o problema é a dificuldade existente na área, que poderá ser solucionada por meio da obtenção de novos dados, de novas teorias, ou de novas técnicas. A escolha de um tema e de um problema é fruto de diversos fatores: a importância de se encontrar uma solução, do ponto de vista socioeconômico; as experiências que o indivíduo teve em seus estudos preliminares, e que lhe chamaram a atenção para um determinado ponto; a disponibilidade (ou não) de certos aparelhos de laboratório na instituição onde será desenvolvida a pesquisa; certas lacunas no conhecimento de determinado fenômeno, já apontadas por outros pesquisadores, e assim por diante. O problema a ser investigado deve ser claramente formulado, e passível de ser solucionado com os recursos disponíveis. Todo problema aponta para algo ainda não conhecido. É preciso que haja uma proporção aceitável entre aquilo que se conhece e aquilo que se desconhece sobre o tema, de modo que seja possível encontrar uma linha de raciocínio que conduza do conhecido ao desconhecido.

Um projeto de pesquisa deve conter as seguintes partes:

- 1) *Introdução*: exposição do tema e do problema a ser abordado, e da motivação que conduziu à escolha do tema e do problema;
- 2) *Justificativa*: qual a importância da pesquisa para a área e a linha na qual ela se insere, fazendo-se referência aos trabalhos já realizados por outros pesquisadores;
- 3) *Objetivo*: que resultados se deseja obter, e em que medida esses resultados podem contribuir para a solução do problema;
- 4) *Materiais e métodos*: os materiais são aquilo que será estudado na pesquisa (o tipo de ser, ou sistema, com especificações de espaço e tempo, amostras a serem analisadas

- etc.) e aquilo que será gasto na realização do estudo; os métodos se referem às técnicas específicas que serão utilizadas para a coleta, a transformação e/ou a análise matemática dos dados (não se trata aqui do método científico em geral, que já é pressuposto em toda pesquisa, mas, antes, das metodologias particulares a serem utilizadas);
- 5) *Cronograma de atividades*: especificação das atividades a serem desenvolvidas durante a pesquisa, com as respectivas durações previstas;
 - 6) *Interpretação dos resultados*: caso os resultados almejados sejam obtidos, como o pesquisador os interpretará, relativamente ao problema proposto;
 - 7) *Bibliografia*: lista das principais obras publicadas sobre o assunto da pesquisa.

Uma vez formulado um projeto que contemple todos esses itens, e tendo conseguido o financiamento da pesquisa, ela poderá ter início com a formulação de uma hipótese.

A descoberta da hipótese

Uma hipótese constitui uma candidata a se tornar uma solução ao problema formulado. Muitas vezes, quando formulamos um problema, ainda não dispomos de uma ideia bem definida acerca da solução que poderemos encontrar. O que fazer para evocá-la? Segundo alguns estudiosos do processo científico, como Popper, pouco há para se fazer em termos operacionais, uma vez que o processo de descoberta depende de complexas operações mentais, que não podemos controlar.

Tal visão do processo de descoberta de hipóteses encontra apoio em certos episódios da história da ciência, nos quais ideias geniais surgiram aparentemente sem a necessidade de um grande esforço de observação prévia, direcionado ao problema. São casos em que cientistas tiveram poderosos *insights*, em situações cotidianas, como

ao tomar banho ou ao acordar de uma noite bem dormida. Nesses casos, a origem da ideia inovadora seria creditada a um processo psicológico, em que a “massa cinzenta” privilegiada desses indivíduos geniais os teria provido de soluções para problemas difíceis. Em outros casos, as descobertas seriam fruto de um “acaso”: os cientistas estavam procurando uma coisa e acabaram encontrando outra, às vezes até de maior importância. O exemplo clássico aqui é o de Pasteur, que estava estudando a ação de micro-organismos sobre a saúde dos animais, injetando bacilos em galinhas. Seu sobrinho, auxiliar de pesquisa relapso, esqueceu-se de inocular os bacilos antes de uma pequena viagem de férias, só vindo a fazê-lo dias depois. As galinhas nas quais esses bacilos foram inoculados, ao invés de ficarem doentes como aquelas inoculadas com bacilos frescos, adquiriram imunidade à doença, o que levou Pasteur a descobrir o princípio da vacina.

Por outro lado, diversos autores contemporâneos defendem existir uma série de procedimentos, utilizados pelos cientistas, que, se não garantem a obtenção da hipótese ideal, ao menos fornecem subsídios para enriquecer a criatividade da mente humana e, ao mesmo tempo, evitar hipóteses fantasiosas. Esses procedimentos são:

- a) *Observação sistemática, com registro de dados*: acompanhar sistematicamente o comportamento do objeto de estudo e registrar os dados respectivos a ele, fazendo-se controle das condições “naturais” a que está submetido; avaliar se a modalidade de coleta de dados interfere, e em que grau, no comportamento do objeto estudado;
- b) *Análise do problema*: identificar os elementos constituintes da situação-problema; estudá-los separadamente e depois reconstruir a situação-problema por meio de uma descrição pormenorizada, na qual sejam explicitadas as inter-relações entre os elementos constituintes, relevantes para elucidar o comportamento do objeto como um todo;

- c) *Quantificação*: quando for o caso, fazer medição de valores e estabelecer relações numéricas entre as variáveis que expressam os fatores componentes da situação-problema.
- d) *Realização de experimento-piloto*: elaborar um experimento, de maneira simplificada, que reproduza o comportamento-padrão do objeto estudado. Proceder a uma variação artificial das condições, e observar as alterações do comportamento do objeto, resultante da variação de condições, ou obter uma combinação de condições que produza o fenômeno a ser explicado. Com base nesse experimento, podem-se obter novas ideias a respeito do fenômeno estudado, mas não se deve confundir tal tipo de experimento com os experimentos feitos para se testar uma hipótese.
- e) *Raciocínio indutivo*: se, em determinado número de casos observados, verificou-se que existe uma correlação entre a variação de determinadas condições e certas alterações do comportamento do objeto, então deve existir uma relação causal entre ambas, i.e., toda vez, ou na maior parte das vezes, que ocorrer tal variação de condição, o objeto terá tal ou qual comportamento.

Uma vez realizados os cinco passos metodológicos acima explicitados, é provável que se tenha obtido algum êxito em termos da formulação da hipótese que constitui uma possível resposta ao problema. Resta, agora, realizar testes para avaliar o grau de confiabilidade dessa hipótese, iniciando-se assim o processo de teste da hipótese. O teste procura responder a interrogações como: porque tal hipótese e não outra? Vale a pena apostar na sua eficácia, nas potenciais aplicações práticas derivadas de tal hipótese, inclusive quando essas aplicações envolvam investimentos econômicos e/ou risco de vida?

Teste de hipóteses

Uma mesma pergunta pode ser respondida de diferentes maneiras, inclusive, às vezes, negando-se a validade da pergunta. Do mesmo modo, o tipo de justificação a ser encontrado para a aceitação de uma hipótese depende do tipo da hipótese ou, melhor ainda, do tipo de explicação que a hipótese oferece ao fenômeno sob investigação. O tipo de explicação mais frequente na atividade científica é a explicação *causal*, na qual um fenômeno é explicado como efeito de uma causa. Evidentemente, alguém poderia perguntar sobre as causas das causas e, assim, retroceder infinitamente na cadeia causal. Esse é um problema que já foi levantado pelos filósofos. Na pesquisa científica, geralmente o estudioso se dá por satisfeito ao encontrar as *causas imediatas* do fenômeno sob investigação, cuja explicação constitui o seu problema particular.

Por motivo de simplificação, apresentaremos um esquema de teste da hipótese baseado no caso da explicação causal. O leitor fica advertido que, nas biociências, existem outros tipos de explicação (ver Tipos de explicação em Biologia, p.103), frequentemente utilizados. No caso de hipóteses que contêm outros tipos de explicação, o esquema da justificação deverá sofrer alterações que se adaptem a elas. Podemos também tentar traduzir os outros tipos de explicação para uma explicação causal, permitindo assim a utilização desse esquema, que funcionaria como um tipo-padrão de justificação.

Nas épocas em que não existem grandes mudanças teóricas, é desejável que a hipótese nova possa se apoiar nos conhecimentos já aceitos pela comunidade, gerando uma linha de continuidade no trabalho científico. O apoio pode adquirir a forma mais rigorosa de um argumento dedutivo, no qual as teorias e os dados preexistentes funcionam como premissas. Quando o grau de inovação da hipótese em relação ao conhecimento anterior for considerável, é necessário procurar um apoio mais fraco, mostrando que a hipótese não conflita com as teorias e os dados aceitos e estabelecidos, ou ainda que o conhecimento preexistente aponta para ela (a hipótese) de alguma maneira.

A hipótese a ser testada, que designamos *hipótese principal*, em conjunção com as teorias e os dados preexistentes, que designamos *hipóteses auxiliares*, gera uma série de *consequências* que precisam ser levantadas e explicitadas, para se realizar o teste. Quanto maior o número de consequências assim extraídas da *hipótese principal*, maior o número de experimentos que poderão ser realizados. Cada consequência extraída da hipótese deve ser confrontada com o *resultado* de um experimento especialmente planejado para esse fim. À luz da regra de inferência por *contraposição*, caso uma das consequências necessárias da hipótese seja falsa, e caso as hipóteses auxiliares sejam verdadeiras e a dedução esteja correta, podemos inferir que a hipótese principal é falsa. Com base em cada consequência da hipótese, fazemos a previsão do resultado de cada experimento. Realizamos o experimento e procedemos à conferência do resultado obtido com o que foi previsto com base na hipótese. Se não houver adequação, então ou a consequência da hipótese é falsa, ou o experimento foi mal conduzido. Quando ocorre disparidade entre a previsão e o resultado de várias repetições do experimento, então o mais provável é que o defeito esteja mesmo na hipótese.

Um exemplo bastante simples: suponhamos que nosso problema seja definir o que cultivar, para fins comerciais, e sem emprego de grande quantidade de adubo, na região de Botucatu. A hipótese, que é uma resposta a essa questão, poderia ser: “A região de Botucatu é propícia para o cultivo de café”. Tomando tal hipótese como premissa, e outras informações disponíveis como hipóteses auxiliares, iremos extrair consequências a serem testadas. Nesse exemplo, extrairemos duas consequências, por meio das deduções abaixo:

Dedução 1

P1: Hipótese: A região de Botucatu é propícia para o cultivo do café.

P2: Hipótese auxiliar 1: Uma região propícia para o cultivo de café tem o solo rico em nitrogênio.

C: Consequência 1: O solo de Botucatu é rico em nitrogênio.

Dedução 2

P1: Hipótese: A região de Botucatu é propícia para o cultivo do café.

P2: H. auxiliar 2: Uma região propícia para o cultivo do café tem o solo rico em húmus.

C: Consequência 2: O solo de Botucatu é rico em húmus.

Podemos agora testar a hipótese, a partir de suas consequências. O planejamento experimental para se testar a consequência 1 consiste em uma análise química de amostras, criteriosamente retiradas, do solo de Botucatu, enquanto o planejamento experimental para se testar a consequência 2 consiste em uma análise bioquímica dessas mesmas amostras, verificando-se o nível de húmus. Ambos os resultados devem ser avaliados por meio de tabelas já elaboradas, que relacionam o crescimento e a produtividade de café com os níveis de nitrogênio e húmus. As previsões de resultados dos experimentos, com base na hipótese, seriam:

Previsão 1 – O solo de Botucatu é rico em nitrogênio.

Previsão 2 – O solo de Botucatu é rico em húmus.

Suponhamos que os resultados obtidos sejam os seguintes:

Resultado 1 – O solo de Botucatu é pobre em nitrogênio.

Resultado 2 – O solo de Botucatu é rico em húmus.

Procedemos à comparação entre previsões e resultados. No experimento 1, a hipótese foi desconfirmada, ao passo que, no experimento 2, a hipótese foi confirmada. Passamos, finalmente, à discussão e interpretação dos resultados, relativamente ao problema levantado e à hipótese proposta. Observamos que a hipótese foi confirmada em parte, e desconfirmada em outra parte. Para se cultivar café na região de Botucatu com fins comerciais, será necessário acrescentar nitrogênio ao solo. Se esse tipo de enriquecimento do solo for viável, sem a necessidade de abundantes operações de adu-

bação, podemos continuar trabalhando com a hipótese. Se, por outro lado, o acréscimo de nitrogênio for inviável, a hipótese deve ser abandonada, ou drasticamente corrigida. Os resultados obtidos só devem ser publicados se constituírem uma contribuição relevante ao problema levantado. No caso de publicação, devemos ressaltar que os resultados obtidos no exemplo não são suficientes para uma avaliação definitiva da hipótese, em termos de aprovação ou reprovação, destacando-se que novos testes devem ser realizados, para aferir outras propriedades do solo de Botucatu e também outros fatores, além do solo, que influenciam o crescimento e a produtividade do café.

Uma orientação precisa para a realização de trabalhos experimentais, especialmente quanto às técnicas de análise dos dados, não é normalmente dada pela Filosofia da Ciência, mas, antes, por disciplinas complementares, como *Planejamento Experimental e Análise Estatística*. Estudaremos aqui os princípios básicos envolvidos no teste de hipóteses, tomando como modelo uma hipótese do tipo causal, que estipula uma relação de causa e efeito. O teste deve ser feito nas diversas condições relevantes, examinando as seguintes alternativas:

- a) O efeito ocorre na presença da causa? Sim: hipótese confirmada; Não: desconfirmada.
- b) O efeito não ocorre na presença da causa? Sim: hipótese desconfirmada; Não: confirmada.
- c) O efeito ocorre na ausência da causa? Sim: hipótese desconfirmada; Não: confirmada.
- d) O efeito não ocorre na ausência da causa? Sim: hipótese confirmada; Não: desconfirmada.

Em termos práticos, o teste dessas quatro alternativas equivale à realização de dois experimentos: o *experimento principal* e o *controle*. No primeiro, testamos o sistema com a presença da causa que hipoteticamente produz o efeito. No segundo, testamos, nas mesmas condições, o sistema sem a causa que hipoteticamente produz

o efeito. O papel do experimento de controle é o de certificar se o efeito obtido se deve efetivamente à presença da causa, e não a algum outro fator, interno ou externo ao sistema.

Dois novos exemplos poderão ilustrar a importância do experimento de controle, e também da diversificação do espaço amostral, por meio da repetição do experimento com diferentes espécies (Schwab, 1972). O primeiro exemplo consiste em um caso clássico da história da fisiologia humana, quando se tentava explicar cientificamente a presença conjunta do alimento no estômago e das enzimas necessárias para digeri-lo. Esse fenômeno é de grande importância biológica, uma vez que tanto a presença do alimento sem as enzimas como presença das enzimas sem o alimento são prejudiciais à digestão nos animais. Procuramos, assim, descobrir como a presença do alimento no estômago regulava a secreção pancreática, que fornecia as enzimas da digestão. A primeira hipótese formulada foi que a secreção pancreática seria controlada pela presença do alimento no estômago, por meio de estímulo nervoso. Duas consequências imediatamente se seguem dessa hipótese:

Consequência 1: A presença do alimento no estômago produz estímulo nervoso.

Consequência 2: O estímulo nervoso dispara a secreção pancreática.

No planejamento experimental, foram realizados dois experimentos, o experimento principal e o experimento de controle, para testar cada consequência da hipótese, totalizando assim quatro experimentos:

Teste da Consequência 1:

Experimento principal (EP1): colocar alimento no estômago e verificar a presença do estímulo;

Experimento controle (EC1): observar se ocorre o estímulo sem a presença do alimento.

Teste da Consequência 2:

Experimento principal (EP2): produzir o estímulo artificialmente e verificar se ocorre a secreção.

Experimento controle (EC2): observar se a secreção ocorre sem o estímulo, para tal seccionando-se os terminais nervosos entre o estômago e o pâncreas, e colocando-se o alimento no estômago.

As previsões de resultados, com base na hipótese, eram:

EP1: ocorre o estímulo.

EC1: não ocorre o estímulo.

EP2: ocorre a secreção.

EC2: não ocorre a secreção.

Os resultados obtidos, e suas respectivas implicações para a hipótese, foram:

EP1: ocorreu o estímulo → hipótese confirmada

EC1: não ocorreu o estímulo → hipótese confirmada

EP2: ocorreu a secreção → hipótese confirmada

EC2: ocorreu a secreção → hipótese desconfirmada

Na discussão e na interpretação desses resultados, compreendeu-se que, se a secreção pancreática ocorria mesmo com o seccionamento das vias nervosas, e uma vez que o estímulo nervoso foi confirmado como uma das causas geradoras da secreção do pâncreas para o estômago, então deveria haver outro meio pelo qual o estômago indicaria ao pâncreas a presença do alimento. Em

termos evolutivos, tal duplicidade de canais é explicável como facilitadora da sobrevivência dos animais, já que, como se trata de uma função vital, no caso de bloqueio de um dos canais, a função continuaria a ser desempenhada pelo outro. Posteriormente, descobriu-se que esse controle também ocorria por meio de sinais químicos na corrente sanguínea, levando à correção da hipótese, que veio a se tornar a teoria do duplo controle da secreção pancreática. Ressaltamos, nesse experimento, que todo esse avanço se tornou possível em virtude da realização do experimento controle 2, no qual se verificou que, ainda que o estímulo nervoso fosse *suficiente* para desencadear a secreção pancreática (vide experimento principal 1), tal estímulo não era, contudo, *necessário*, uma vez que a secreção ocorreu mesmo em sua ausência.

Um novo exemplo, desta vez fictício, poderá ilustrar a importância da repetição do mesmo experimento para espécies biológicas diferentes, abrangendo, dessa maneira, maior diversidade amostral. Suponhamos que um biólogo estudioso do comportamento animal estivesse preocupado em encontrar uma explicação geral para as mudanças de cores dos animais. Após algumas observações preliminares, ele formulou a hipótese de que a mudança de cores constitui um comportamento de defesa dos animais, frente aos predadores. Dessa hipótese, ele extraiu três consequências:

- C1: Os predadores dos animais que mudam de cores se orientam pela percepção visual;
- C2: As cores que os animais adotam, após a mudança, são semelhantes às cores do meio em que se situam no momento da predação;
- C3: Há uma conexão neurofisiológica entre a percepção do predador e o mecanismo que controla a mudança de cores.

Essas consequências, por sua vez, originam três experimentos, inicialmente realizados para uma única espécie e seus respectivos predadores:

- E1: Sensibilidade visual dos predadores à mudança de cores;
- E2: Estudo comparativo no hábitat da espécie;
- E3: Testes fisiológicos com indivíduos da espécie.

Os resultados obtidos, para essa primeira espécie, foram:

- R1: Há sensibilidade à mudança de cores, nos predadores;
- R2: Há semelhança entre as cores adotadas pelos animais, e as cores predominantes no meio em que se situam;
- R3: Há conexão fisiológica entre a percepção do predador e a alteração de cores.

A interpretação que se impõe, sem necessidade de maiores discussões, é que a hipótese foi confirmada com relação à espécie enfocada. Porém, a abrangência da hipótese é bem mais ampla, pois ela almeja encontrar uma explicação geral para a mudança de cores nos animais. É necessário, portanto, que os experimentos sejam repetidos para espécies diferentes. Suponhamos que, para uma segunda espécie (cujo comportamento inclui, como característica, a mudança de cores), os seguintes resultados sejam obtidos:

- R1: Não há sensibilidade à mudança de cores, nos predadores;
- R2: Não há semelhança entre as cores adotadas pelo animal, e as cores predominantes no meio;
- R3: Não há conexão fisiológica entre o mecanismo de percepção sensorial do animal e o mecanismo de mudanças de cores.

A repetição para uma espécie diferente leva, nesse caso, a uma desconfirmação da hipótese. Conclui-se que tal hipótese não pode constituir a única explicação do fenômeno em questão, embora constitua uma das explicações, conforme os resultados obtidos para a primeira espécie. Além dessa razão apontada, certamente há outros fatores que influenciam a mudança de cores nos animais. Uma possibilidade é que ocorram mudanças de cores durante a corte

realizada pelos machos, com fins reprodutivos. Essa hipótese pode se basear na teoria darwiniana de seleção sexual, segundo a qual as características morfológicas de origem genética que desempenham papel relevante no comportamento reprodutivo de uma espécie, tendem a ser perpetuadas nos seus descendentes. Caso se pretenda ainda dispor de uma hipótese geral, então a primeira hipótese levantada deve ser reformulada, passando a incluir também a mudança de cores devida à seleção sexual. Novos testes devem ser realizados para se comprovar esse novo fator explicativo, assim como para apurar se não existiriam ainda outros fatores fomentando a mudança de cores.

Na interpretação dos resultados, trata-se de avaliar o grau de confiabilidade da hipótese, com base em seu desempenho nos testes experimentais. Se a hipótese possui a forma de uma proposição universal, a obtenção de um único caso discordante, nos testes, é suficiente para “falsificá-la” (reduzir a zero o seu grau de confiabilidade); se, por outro lado, a hipótese possui a forma de uma proposição particular, apenas uma proporção elevada de casos discordantes pode diminuir o seu grau de confiabilidade. No caso de hipóteses probabilísticas, a relação entre causa e efeito é vaga, o que dificulta a interpretação dos resultados (a ocorrência da causa apenas aumenta a probabilidade do efeito, mas não determina necessariamente sua ocorrência); quando a hipótese estabelece uma distribuição estatística dos fenômenos, então uma convergência com a distribuição obtida nos resultados aumenta o grau de confiabilidade da hipótese, e uma divergência diminui a confiabilidade.

Como discutimos anteriormente, os resultados de testes experimentais não podem garantir que uma hipótese seja verdadeira ou falsa, uma vez que as hipóteses científicas sempre se referem a um número infinito de fenômenos (à classe de todos os fenômenos de um determinado tipo), da qual os fenômenos gerados experimentalmente constituem um pequeníssimo subgrupo. Portanto, o que está em jogo na experimentação é apenas uma modificação de nossa expectativa em relação à hipótese, uma variação de seu grau de confiabilidade, relativo à nossa expectativa anterior ao teste. Quando

nos referimos a uma teoria e/ou a afirmações sobre dados muitas vezes comprovados, costumamos dizer que são “verdadeiros”, no sentido de que, ao longo das diversas vezes em que foram testados, o grau de confiabilidade tendeu ao máximo. Porém, no futuro, essas teorias e/ou dados poderão ser refutados, com base em novos tipos de experimentos, exigindo reformulações, ou até o seu abandono. Em tal contexto, podemos, contudo, utilizar o saldo da experiência passada. Por exemplo, uma proposição universal “falsificada” pode vir a se tornar uma hipótese probabilística bem confirmada, especialmente em áreas como a biológica; em Biologia, no mais das vezes, as “leis” que conseguimos estabelecer não tardam a encontrar exceções.

A redação de trabalhos científicos

O texto científico deve apresentar, com o máximo de clareza, objetividade e rigor lógico, os resultados obtidos por uma pesquisa científica realizada. Além disso, a importância do texto para a área da ciência na qual se insere a pesquisa deve ser sempre explicada. A ordem de exposição do tema, no texto científico, pode não coincidir com a ordem do próprio desenvolvimento da pesquisa científica, uma vez que a primeira (a ordem de exposição do tema) deve ser a logicamente mais adequada para o entendimento do leitor. A ordem de exposição do tema não deve, por essa razão, refletir as marchas e contramarchas do processo real da pesquisa científica.

Designamos *monografia científica* um texto devotado à exposição de um único tema de pesquisa, à luz de um único enfoque metodológico. Uma monografia científica deve conter ao menos as seguintes partes:

- a) *Introdução*: expõe o estado dos conhecimentos na área, o problema abordado e a importância da realização da pesquisa; os objetivos do autor; a hipótese central de-

fendida pelo autor, as motivações que conduziram à sua formulação;

- b) *Desenvolvimento*: geralmente contém as seguintes partes:
 - b.1) *Revisão bibliográfica*: citação seletiva do conjunto de textos cuja consulta foi necessária para a realização da pesquisa científica.
 - b.2) *Materiais*: especificação dos componentes do sistema estudado, e da maneira pela qual foram obtidos os dados relativos a ele.
 - b.3) *Métodos* (geralmente são apresentados junto com os materiais, sob a rubrica “Materiais e Métodos”): exposição da forma adotada para a experimentação e o tratamento dos dados, especialmente dos métodos matemáticos e/ou estatísticos, quando for o caso.
 - b.4) *Resultados*: descrição dos novos dados obtidos com a metodologia adotada.
 - b.5) *Discussão dos resultados*: o encadeamento de raciocínios, elaborados a partir dos dados novos obtidos, e/ou dos testes experimentais, se possível com ilustrações gráficas, mostrando de que maneira a hipótese proposta satisfaz ao problema em questão; mostrar as outras alternativas possíveis, e justificar por que a solução adotada é a mais satisfatória.
- c) *Conclusão*: balanço sucinto dos resultados alcançados, ressaltando sua adequação ou não aos objetivos do trabalho científico realizado; comparação desses resultados com propostas de outros pesquisadores e, eventualmente, a crítica desses mesmos pesquisadores; levantamento das consequências teóricas e/ou das aplicações práticas dos resultados alcançados.
- d) *Bibliografia*: as referências bibliográficas devem ser feitas segundo normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Organização institucional da pesquisa

Além de desenvolver a pesquisa, o cientista deve ainda administrar a parte econômica e política de seu trabalho. A pesquisa científica atualmente ocorre em *instituições*, envolvendo um grupo de pessoas e a alocação de recursos físicos que precisam ser gerenciados, de modo semelhante à administração de uma empresa. Essa organização institucional tem uma hierarquia de poder, associada ao papel desempenhado por cada pessoa no contexto da pesquisa.

Comparando essa hierarquia com uma pirâmide, observamos a seguinte estratificação social da comunidade científica. No topo da pirâmide, encontra-se o chefe de pesquisa, aquele cientista que organizou, ou herdou, a linha de pesquisa. Ele tem a responsabilidade de elaborar hipóteses a serem testadas, e de orientar a interpretação dos resultados; elaborar projetos a serem submetidos às agências financiadoras; selecionar os novos integrantes do grupo (alunos de iniciação científica, alunos de pós-graduação, funcionários etc.); divulgar os resultados por meio de publicações e congressos, e participar, como membro ativo, das sociedades científicas por área de conhecimento. Logo abaixo do chefe de pesquisa, encontram-se outros pesquisadores, que desempenham um papel menor na elaboração de ideias novas e no gerenciamento do grupo, mas possuem um papel maior como *divulgadores* dos resultados e da visão científica que emana do trabalho do grupo. Incluem-se nessa categoria os assistentes de pesquisa, os professores universitários cuja dedicação principal é o ensino, os autores de livros didáticos e de artigos de divulgação da ciência para um público amplo. Em seguida, encontramos aquelas pessoas cuja função no grupo de pesquisa é eminentemente *técnica*, dedicando-se aos trabalhos de laboratório, de campo ou de informática, sem possuírem um conhecimento aprofundado a respeito das ideias centrais que estão em jogo nas pesquisas realizadas. Na base da pirâmide, estão situados todos aqueles que são apenas *consumidores* do conhecimento científico, como a ampla maioria

dos alunos de 2º grau e os universitários, que dispõem de acesso aos produtos finais de pesquisa, sem necessariamente deter algum conhecimento a respeito do modo de produção desse conhecimento.

Toda essa “comunidade científica” transita em torno de *instituições científicas*. No Brasil, as principais instituições de pesquisa e divulgação científica são as universidades e os institutos estatais. Em outros países, sabemos que grande parte da pesquisa é feita em instituições privadas, ligadas a empresas que financiam a pesquisa com vistas a aplicar seus resultados em novas tecnologias, que incrementem o valor de seus produtos no mercado. Nesse contexto, surgiram recentemente novas características da política científica, que são o *segredo* a respeito das pesquisas e de resultados de interesse comercial, e o *patenteamento* de resultados de pesquisas, com vistas a seu uso exclusivo pelos descobridores, ou então a cobrança de *royalties* por seu uso.

O intercâmbio e a crítica entre os cientistas se estabelecem por meio das *publicações* e dos *congressos e encontros científicos*. As revistas científicas possuem um corpo editorial e um corpo de pareceristas, que avaliam, sugerem alterações e corrigem os trabalhos enviados para publicação. Os periódicos cobrem uma determinada área de pesquisa, funcionando como um filtro seletivo a respeito daquilo que deve ser considerado relevante e passível de divulgação, naquela área. Existem basicamente dois tipos de congressos científicos: os congressos gerais e os congressos por área, que são organizados pelas respectivas sociedades científicas. No Brasil, há um congresso geral anual de grande tradição, organizado pela maior e mais influente sociedade científica, a SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência). Ao lado desse grande congresso, ocorrem, também anualmente ou bianualmente, congressos por área, como, por exemplo, congressos da Sociedade Brasileira de Genética, um dos mais concorridos da área biológica. Já os Encontros e similares (Colóquios, Reuniões, Seminários etc.), ocorrem com periodicidade menos rígida, e são frequentemente destinados à discussão de determinados temas.

O grande público toma conhecimento dos trabalhos científicos através de Seções de Ciência na grande imprensa, programas audiovisuais de divulgação científica (como, por exemplo, as séries produzidas pela BBC de Londres, e veiculadas no Brasil pelas TVs Cultura, de São Paulo, e Educativa, do Rio de Janeiro), ou por meio de publicações especializadas em divulgação científica (no Brasil temos, por exemplo, as revistas *Ciência Hoje*, e *Ciência Hoje das Crianças*, da SBPC).

Entende-se por *política científica* a elaboração e a discussão das diretrizes a respeito da alocação de verbas para a pesquisa. Os principais componentes desse jogo, no Brasil, são o governo federal, as agências financiadoras federais, os governos estaduais que destinam verbas para pesquisa, as agências financiadoras estaduais, e os líderes da comunidade científica, reitores e diretores de sociedades científicas. O *Jornal da Ciência Hoje*, publicado quinzenalmente pela SBPC, tem se firmado como o veículo de discussão da política científica no Brasil. As principais agências financiadoras em atividade são:

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – entidade federal, ligada à Secretaria de Planejamento, financia várias modalidades de pesquisa.

CAPES – Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – entidade federal, pertencente ao Ministério da Educação e do Desporto, voltada para o financiamento de pesquisas dos docentes do Ensino Superior.

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos – entidade federal, com sedes em SP e RJ, gestora do FNDCT (Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), vinculado à Secretaria de Ciência e Tecnologia do governo federal. Possui linha de financiamento para pesquisas realizadas em instituições privadas.

FAPESP – Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo – a primeira e maior agência de âmbito estadual, possui ampla linha de financiamento. Outros estados também

vieram a criar suas “FAPs”, como o Rio de Janeiro (Faperj) e Minas Gerais (Fapemig).

Esperamos destacar que aqueles que pretendem se dedicar à pesquisa devem procurar conhecer melhor a organização da instituição onde estudam ou trabalham, assim como os mecanismos de política científica, para que consigam encontrar os meios de sustentação de seus futuros projetos e linhas de pesquisa.

3

HISTÓRIA DA BIOLOGIA

A importância da perspectiva histórica

Alguns anos atrás, professores de ciências perceberam que o estudo do passado dessa disciplina poderia ser adequado para que os alunos, que se tornarão os cientistas do futuro, melhor compreendessem a ciência do presente. Por que chegaram a essa conclusão? Primeiro, porque devem ter notado, a partir de sua própria experiência, que diversos conceitos e teorias atuais, de difícil entendimento, se tornaram mais apreensíveis ao se conhecer os conceitos e teorias, mais intuitivos, que os procederam. Isso provém do fato de que muitas vezes a ciência progride por intermédio de sucessivas correções, o que conduz à construção de teorias cada vez mais sofisticadas (geralmente mais abstratas) que consigam contemplar fenômenos não explicados pelas teorias precursoras.

Além da vantagem didática acima enfatizada, existem outras contribuições do estudo da história das ciências para a formação de cientistas. A razão mais evidente é que a ciência é um processo histórico, e não uma coleção de resultados definitivos. Muito do que se acreditava na ciência do século XIX foi corrigido ou eliminado na ciência do século XX, e muito do que acreditamos agora certamente ficará em segundo plano no próximo século. É preciso que o estudante e o

profissional das ciências da vida e da saúde venham a perceber o movimento da ciência e, de alguma maneira, venham progressivamente a fazer parte dele, em vez de se colocarem como meros consumidores dos resultados obtidos por terceiros. Assim, a ciência lhes aparecerá menos como um somatório de conhecimentos, conduzindo a uma verdade definitiva (e ainda que a busca pela verdade permaneça como ideal normativo orientador da conduta científica), e mais como um processo de correção e aperfeiçoamento permanentes.

Uma visão histórica da ciência foi proposta pelo historiador e filósofo da ciência Thomas Kuhn, em seu famoso livro *A estrutura das revoluções científicas*. Kuhn concebeu as teorias científicas como partes de uma totalidade, que chamou de *paradigma*. Os paradigmas incluem, além das teorias, exemplos e aplicações práticas da teoria, modalidades de observação e experimentação (técnicas), tipos de instrumentos, certa visão de mundo, ou ideologia, do grupo de pesquisa, e uma estrutura de poder, ou hierarquia, do grupo. Historicamente, a ciência constituiria uma atividade racional realizada por grupos ou comunidades científicas que compartilham um determinado paradigma, e competem com outros grupos que adotam diferentes paradigmas.

Kuhn chamou *ciência normal* às atividades de pesquisa que são realizadas no interior de um determinado paradigma. Essas atividades tendem a ser repetitivas, pois cada paradigma estabelece condições gerais de pesquisa, proporcionando algo bem próximo a uma “produção em série” de resultados, sendo que as variações muitas vezes ocorrem apenas no objeto pesquisado (por exemplo, um citologista que usa uma mesma técnica para estudar a membrana celular em diferentes espécies, apresentando cada um desses resultados como provenientes de uma pesquisa diferente). No contexto da ciência normal, os casos que não se adequam ao paradigma vigente são interpretados como meras exceções, que não implicariam mudança da regra. Os indivíduos que ousam desafiar tal regra são ignorados, ou afastados do grupo, uma vez que ameaçam a hierarquia de poder ali instaurada. Os paradigmas apresentam forte tendência inercial. É a partir da vigência do paradigma que os chefes de

pesquisa chegaram, e se mantêm, em posição de destaque no meio científico. Além disso, consideráveis esforços foram dedicados por estas pessoas e seus associados no sentido de constituir uma equipe trabalhando em tal ou qual linha de pesquisa, e de dotá-la dos recursos necessários para seu desenvolvimento (equipamentos, apoio institucional etc.).

Não obstante a tendência à conservação dos paradigmas, eventualmente ocorrem *crises científicas*, nas quais, para um determinado paradigma, o número de exceções e casos por ele não resolvidos crescem, tornando evidente a necessidade de uma nova regra, um novo paradigma, capaz de lidar adequadamente não apenas com os casos antigos (já resolvidos), mas também com os desafiantes casos novos (para os quais soluções precisam ser propostas). Nessas situações de crise, podem ocorrer *revoluções científicas*, que Kuhn entende como mudanças bruscas de paradigma em uma determinada comunidade científica. As revoluções científicas envolvem diversos aspectos, além da queda de certas teorias e a emergência de outras, no plano da aceitação pela comunidade científica. Elas envolvem também mudanças na hierarquia de poder nas instituições científicas, mudanças nas modalidades de observação e experimentação, inclusive em termos de equipamentos. Em outras palavras, as revoluções científicas envolvem e pressupõem uma mudança da visão de mundo, mudança essa que se correlaciona e possui implicações para mudanças históricas mais amplas, envolvendo a tecnologia, e seu impacto na economia e na cultura.

Deparamos aqui com mais um motivo para estudar a história das ciências, que pode ser também concebida como a relação entre ciência e a história social. A ciência não apenas influencia a sociedade, mas é também influenciada por ela. Essa é a chave para se entender porque certas áreas de pesquisa são mais incentivadas e se desenvolvem mais em certos períodos, enquanto outras áreas, mesmo apresentando resultados relevantes, não são objeto de grande interesse por longos períodos. No estudo da história da ciência, esse desenvolvimento desigual das ciências e das áreas científicas se torna inteligível, permitindo-nos entender os interesses que afetam a atividade

científica, oriundos da sociedade na qual a comunidade científica está inserida. Vindo a entender os laços existentes entre a atividade científica, a tecnologia, a economia e a cultura, os cientistas poderão reformular suas expectativas de modo mais realista, e terão subsídios para uma melhor apresentação de seus resultados. Muitas vezes, na conclusão de uma monografia científica, ou na justificativa de um projeto de pesquisa, sentimos a falta de comentários do autor sobre as aplicações que seu trabalho poderia ter na solução de problemas que afetam a sociedade. Essa deficiência pode ser proveniente da falta de uma perspectiva histórica da ciência.

A imagem da ciência passada nos cursos secundários e de graduação contribui, muitas vezes, para o estabelecimento da concepção de que a história da ciência constitui uma sucessão de descobertas e elaboração de teorias que se somam umas às outras, fazendo crescer, cada vez mais, o montante do conhecimento humano. A ciência, como um conjunto de conhecimentos seguros e certos, capazes de serem provados experimentalmente, despontaria então, em meio à confusão de opiniões do senso comum, como uma luz entre as trevas, resgatando a espécie humana de uma situação de desorientação e privação, impulsionando-a no processo de desenvolvimento tecnológico. Tal imagem por certo corresponde, em parte, à própria história da humanidade nos últimos séculos, mas expressa certa ingenuidade frente ao que efetivamente ocorre, tanto na história do conhecimento como na história social. Uma crítica a essa imagem se faz necessária para que se tenha em conta outros aspectos do processo através do qual a ciência é produzida, que transcendem as questões conceituais e de metodologia que foram aqui tratadas até o momento.

Os analistas da história das ciências distinguem dois tipos de análise da atividade científica: a “internalista”, na qual são tratados os elementos próprios da prática científica, como teorias, experimentos, conceitos-chaves etc., e a “externalista”, no qual são examinadas as relações entre a prática científica e o contexto sócio-histórico no qual a ciência é produzida. A abordagem externalista pode nos esclarecer a respeito de uma série de fatores externos à

prática científica, que a condicionam, fazendo com que os eventos da história das ciências não sejam gerados exclusivamente pela racionalidade interna à própria prática científica. A atividade científica não se guiaria apenas pela busca da verdade, entendida como a elaboração de teorias que expressam fielmente a realidade, mas, além disso, a atividade científica se deixaria envolver por contingências relacionadas aos próprios produtores do conhecimento, e à sociedade como um todo (e ainda que, como destacamos, a “verdade” permaneça como ideal normativo). Os múltiplos interesses em jogo, condicionando as metas estabelecidas para o trabalho científico e os meios para atingi-las, interfeririam nos critérios de avaliação das teorias, orientando as nossas escolhas segundo uma dinâmica que extrapola a lógica da pesquisa, de que tratamos anteriormente. Por exemplo, mesmo que uma hipótese tenha o grau de confiança seguramente aumentado pelos testes experimentais, um grupo de pesquisadores pode insistir em sua rejeição, motivado por interesses externos ao ambiente de pesquisa.

Assim, e uma vez que a atividade científica se encontra, em certo sentido, submetida à contingência das forças histórico-sociais, a possibilidade de uma progressiva aproximação à verdade, ao longo da história da ciência, se apresenta ameaçada. Uma hipótese nem sempre seria substituída por outra mais apropriada, segundo os critérios da metodologia científica; ela poderia dar lugar a outras hipóteses, mais duvidosas, porém capazes de causar um maior impacto publicitário e atrair mais a atenção do público. De um ponto de vista “pessimista”, lembraríamos que não é necessário que algum dia tais hipóteses sejam desmascaradas e substituídas por outras “mais verdadeiras” porque nada garante que o processo de escolha das novas teorias será diferente. Se uma visão desse tipo for correta, então a possível ocorrência de um progresso do conhecimento seria puramente casual, uma vez que não haveria um fio condutor racional entre as diversas teorias sucessivamente adotadas, exceto o da adaptação oportunista às conveniências do momento.

A corrente chamada *realista*, na filosofia da ciência, opõe severas objeções à visão “pessimista” acerca do progresso da ciência. Em

primeiro lugar, parece evidente para todos que existe um progresso do conhecimento, na história da ciência, embora talvez não consigamos mostrar precisamente em que consiste esse progresso. Dizer que estamos nos aproximando cada vez mais da verdade, ou que acumulamos uma série de teorias verdadeiras, são afirmações vagas, que não se harmonizam bem com o espírito da metodologia científica (na ciência empírica, como vimos anteriormente, não temos condições de apurar se uma hipótese é logicamente verdadeira; só temos condições de afirmar que não é falsa em relação a um número finito de testes, ou que temos um alto grau de confiança nela). Porém, para o realista, a ciência procura representar a realidade; logo, um progresso da ciência deve ter como consequência necessária um maior entendimento dessa realidade. Por exemplo, com a descoberta das partículas subatômicas, conheceríamos mais sobre a natureza da matéria do que os cientistas do século passado que pensavam que o átomo seria indivisível. Como poderia ser avaliada a superioridade de uma teoria sobre outra? Um critério que pode ser levantado por um filósofo realista é o de que uma teoria mais adequada à realidade tem *maior eficácia* em suas aplicações práticas do que uma teoria inadequada. Teorias que nos permitem construir novas tecnologias seriam superiores às que não o permitem. Então, o progresso da ciência poderia ser avaliado através do desenvolvimento tecnológico que ela possibilita, e pela eficácia da tecnologia na transformação da natureza. Outros critérios seriam a acumulação de dados confiáveis, e um poder explicativo maior.

Revisão histórica das ciências biológicas

Os vários tipos de conhecimento relacionados aos seres vivos passaram por uma evolução no transcurso da história da civilização ocidental. Esses conhecimentos foram inicialmente elaborados por filósofos e médicos práticos, e progressivamente vieram a constituir áreas científicas autônomas. Iremos aqui resumir os principais trabalhos que constituíram essa história, tomando como fonte o livro

de Gardner (1972). Embora as civilizações anteriores à grega dispusessem de conhecimentos de medicina e agronomia, considera-se que as primeiras teorias, que tomaram como objeto os seres vivos, teriam sido formuladas pelos filósofos gregos do período pré-socrático (filósofos anteriores a Sócrates, grande filósofo moral grego, cuja sabedoria nos foi legada através da obra de Platão). No período pré-socrático, procurava-se oferecer explicações racionais – ainda que rudimentares, de nosso ponto de vista “moderno” – sobre a origem e a natureza das coisas. As explicações racionais constituem uma alternativa às explicações míticas, baseadas no politeísmo, vigentes até então. O primeiro a propor sua teoria sobre a origem da vida foi THALES DE MILETO (639-544 a.C.), para quem a vida teria se originado da água; ele teria supostamente se inspirado pela observação de que a umidade é necessária à vida. Já para ANAXIMANDRO (611-547 a.C.), todos os seres vivos do mundo atual teriam se originado de um substância primitiva, qualitativamente indeterminada e quantitativamente infinita, a qual chamou de *ápeiron*. Esse pensador sustentava que, a partir dessa substância originária, a vida teria se gerado espontaneamente no barro. Propôs ainda a transmutação entre as formas de vida, sendo, por essa razão, considerado um precursor do evolucionismo moderno.

XENÓFANES (576-490 a.C.) realizou pesquisas práticas, destacando-se a identificação de fósseis de animais aquáticos em regiões montanhosas. ANAXÍMENES (570-500 a.C.) retomou o debate a respeito do elemento originário da vida, propondo, aparentemente por meio da observação do processo respiratório, que a vida depende do ar. HERÁCLITO (556-460 a.C.), o grande filósofo das mudanças por que passam todas as coisas, propôs, por sua vez, que o fogo seria o elemento principal da vida. Para esse filósofo, a mudança incessante intrínseca à realidade, a sucessão ininterrupta dos contrários entre si (dia/noite, vida/morte), pode ser comparada a um fogo que acende e apaga em conformidade com uma razoabilidade inscrita na própria natureza como *Physis*, natureza como potencial criador. Assim sendo, a mudança incessante e a sucessão entre contrários, ainda que intrínsecas à totalidade das coisas que existem, são sem-

pre proporcionais e equilibradas, de modo que a totalidade das coisas, ainda que sempre mutável, sempre se manifesta como *cosmos* (que pressupõe ordem e organização), e não como caos (ou completa desorganização). Essa mudança proporcional e equilibrada, na qual todas as coisas estão imersas, constituiria índice do *Logos* objetivo, a razão presente na própria natureza.

Dentre os pré-socráticos, devemos a EMPÉDOCLES (504-433 a.C.) a teoria biológica mais elaborada, tomando como base os quatro elementos fundamentais: terra, fogo, água e ar. Da combinação desses quatro elementos se produzem quatro qualidades, que corresponderiam a quatro “humores” (disposições, tipos de personalidade). A combinação entre o ar e o fogo produz a qualidade “quente”, que corresponde ao humor “sanguíneo”, característico dos seres nos quais predominaria a atividade do coração. A combinação entre o fogo e a terra produz a qualidade “seco”, que corresponde ao humor “melancólico”, típico dos seres nos quais predominaria a atividade do baço, produtora da “bile negra”. A combinação entre a terra e a água origina a qualidade “frio”, relacionada ao humor “fleumático”, relativo aos seres nos quais predominaria a atividade do cérebro. E, finalmente, a combinação entre o ar e a água produz a qualidade “úmido”, ligada ao humor “colérico”, característica daqueles seres nos quais prevaleceria a atividade do fígado, produtor da “bile amarela”. Empédocles também antecipou a teoria evolucionista, ao lançar três hipóteses: (a) que as formas de vida mais complexas evoluíram gradualmente a partir de formas menos complexas; (b) que as plantas surgiram antes dos animais; e (c) que as formas de vida menos adaptadas foram substituídas por formas de vida mais adaptadas.

De DEMÓCRITO (470-380 a.C.), filósofo para quem a natureza era constituída por átomos e pelo vazio, recebemos algumas ideias realmente inteligentes e significativas, como a hipótese de que as epidemias seriam causadas por átomos provenientes de outros planetas, e que os fenômenos biológicos deveriam ser explicados por meio do movimento dos átomos (por exemplo, o sono corresponderia a uma pequena perda de átomos, e a morte à perda de átomos em

grande quantidade). Devemos também a Demócrito, e ao grande médico grego HIPÓCRATES, as primeiras concepções a respeito das funções cognitivas do cérebro.

Demócrito e Hipócrates consideraram o cérebro o órgão responsável pelo pensamento, ao contrário de outros pensadores gregos, como Aristóteles, para quem o cérebro era responsável apenas pela refrigeração do ar. O coração constituía, para Aristóteles, o “órgão do pensamento”.

ARISTÓTELES (384-322 a.C.) foi o maior pesquisador e teórico grego da área biológica. É considerado por alguns historiadores o “pai da Biologia”. Juntamente com seus colaboradores, escreveu cerca de 146 livros, e ainda trabalhou empiricamente, fazendo inúmeras observações, e delas inferindo diversas conclusões relevantes. Seu estilo de trabalho pode ser comparado ao trabalho de botânicos e zoólogos atuais. Aristóteles coletou, classificou e interpretou grande quantidade de dados, especialmente os relativos à fauna marinha. Nessa área, ele descreveu a morfologia, os hábitos, o desenvolvimento e a forma de reprodução de diversas espécies, como o polvo e a sépia, entrando inclusive em detalhes a respeito de objetos pequenos, como ovos e embriões. Sua classificação dos animais se baseou na morfologia, nas funções e nos tipos de reprodução. Analisando essas características, supôs que seria possível definir a “essência” (o conjunto de características necessárias e suficientes) de cada espécie animal. Para ele, a grande divisão dos animais era entre aqueles que possuem sangue vermelho e aqueles que não o possuem. Essas duas classes dividem-se entre animais terrestres e marinhos, onde se incluem então os gêneros (pássaros, peixes, mamíferos) e as espécies. O trabalho de Botânica realizado por Aristóteles foi recuperado por seu discípulo TEOFRASTO (380-287 a.C.), que escreveu o livro *História das plantas*. Esse trabalho contém descrições morfológicas e usos terapêuticos das plantas. Teofrasto escreveu também *As causas das plantas*, livro esse que aborda o crescimento, a manutenção e a reprodução de cerca de 500 espécies, com dados sobre clima, solo, temperatura, formas de cultivo, ciclo vital, sabores e cores dessas plantas.

O período helênico e romano se caracterizou, no âmbito do pensamento, por reflexões a respeito do comportamento humano, como as filosofias estoica e epicurista, e a ciência do Direito. No plano biológico, relativamente pouca pesquisa foi realizada, destacando-se o trabalho de GALENO (131-200). Antes dele, citamos os trabalhos de PLÍNIO (23-79), que compilou uma enciclopédia intitulada *História natural*, misturando informações de diversas origens (fábulas, folclore e dados provenientes da observação de tipo científico). Nesse livro, constam informações sobre mil espécies, enfocando seus usos econômicos e medicinais. Como nessa época ainda não tinha sido forjada uma nomenclatura biológica, a identificação das espécies era feita por meio de desenhos. DISCORIDES, cirurgião do exército romano, escreveu o livro *De matéria médica*, e descreveu, nesse trabalho, 600 espécies, com a finalidade de mostrar seus usos medicinais.

Galeno era médico de gladiadores em Pérgamo, e também médico do imperador Marco Aurélio. Com base nessas atividades, e também por meio da dissecação de macacos (a dissecação humana não era praticada oficialmente, nessa época), escreveu o livro *Sobre as preparações anatômicas*, que adquiriu grande importância histórica, tendo sido utilizado como obra de referência por cerca de 1.400 anos. Um dos aspectos mais curiosos de sua concepção anatômica era a teoria do fluxo sanguíneo, que, para ele, ocorria apenas na direção do centro para a periferia do corpo dos animais. Tal fluxo seria de mão única, uma vez que o sangue seria produzido pelo fígado e o estômago, bombeado pelo coração, e gradativamente consumido, à medida que se disseminava pelo corpo. Uma parte importante de sua teoria era que, ao passar pelos pulmões, o sangue se misturaria com o ar, formando aquilo que ele chamou de “pneumas”, ou espíritos vitais. Podemos ver nessa teoria uma antecipação da moderna concepção do papel do oxigênio na respiração.

Ao longo do período medieval, o progresso científico ficou limitado pelos ditames das doutrinas religiosas, uma vez que a cultura dominante nesse período foi erigida sob a hegemonia da religião católica. Os conhecimentos elaborados sobre a natureza eram especulativos, baseados na interpretação dos textos sagrados, e não na obser-

vação. Os sábios da época pensavam poder resolver os problemas do conhecimento através de intermináveis discussões, realizadas intramuros, imperando a arte da retórica. Apesar dessa limitação, houve progressos no conhecimento físico-químico-biológico, por meio de pesquisas não oficiais, realizadas por alquimistas e outros indivíduos empreendedores. Ao lado da recuperação da ciência grega, por meio dos árabes, por volta do século XII, que conduziu à formação das primeiras universidades, produziu-se um acúmulo de atividades que culminou com o movimento renascentista, ao final do século XIV. A primeira universidade foi a de Salerno, onde se ministravam cursos de medicina, baseados nos trabalhos de Hipócrates e Galeno. A escola de medicina de Bolonha, no século XIII, desenvolveu técnicas de tratamento de feridas, usando anestesia de ópio ou mandrágora, ingerida por via nasal. A descoberta da América e outras regiões conduziu à descoberta de inúmeras plantas e animais que despertaram a curiosidade científica. Além disso, o interesse pelas “grandes navegações” também impulsionou o desenvolvimento da Matemática e da Astronomia. Como resultado dessas atividades, reforçou-se a capacidade do homem de encontrar, a partir de sua racionalidade, explicações sobre o mundo que o cerca, independentemente das doutrinas religiosas (nas doutrinas religiosas, como vimos, em conformidade com o método da autoridade, as crenças são justamente fixadas pela própria autoridade, de modo dogmático, e sem considerar a experimentação e a experiência, que funcionariam como fator potencialmente corretivo das crenças equivocadas).

Os pensadores do Renascimento uniam ciência e arte, com o objetivo de fornecer descrições precisas da natureza. BOTICELLI (1444-1510), por exemplo, se dedicou à pintura de plantas, com grande precisão de detalhes. A invenção da imprensa possibilitou maior difusão dos textos de Aristóteles, Teofrasto, Discorides e Plínio, impulsionando assim o compartilhamento dos conhecimentos científicos da Antiguidade. A prática da dissecação humana, em sessões públicas intituladas “anatomias”, permitiu grande progresso no conhecimento e proporcionou a correção de erros cometidos por Galeno.

Um dos pensadores e artistas mais ativos da época foi LEONARDO DA VINCI (1452-1519), que, para obter dados anatômicos, realizou dissecações por conta própria. Preencheu 129 cadernos com anotações e gravuras. Inventou técnicas, como a conservação do olho no albúmen coagulado, e a injeção de cera no cérebro para sua conservação. Também MICHELANGELO (1475-1564) fez dissecações para conhecimento da musculatura humana, tal como transparece em suas esculturas e pinturas. Em continuação com os avanços médicos medievais, AMBROISE PARÉ (1517-1590), cirurgião francês, estudou problemas da dor, hemorragia e infecção, criticando o uso do óleo quente para a cicatrização, e a ideia de que o pus seria sempre benéfico. Alternativamente, criou o método de costura de vasos sanguíneos.

O grande nome da biomedicina renascentista foi VESALIUS (1515-1564), que era assistente de dissecações da Universidade de Pádua. Curiosamente, nessa época, o assistente fazia as dissecações, e cabia ao professor ler, em voz alta, textos supostamente explicativos do que estava acontecendo, da autoria de Galeno, para o numeroso público que assistia a essas sessões. Vesalius pôde então notar discrepâncias entre a anatomia humana e a descrição feita por Galeno, que havia se baseado em dissecações de macacos. Seus conhecimentos foram compilados no livro *A fábrica do corpo humano*, em sete volumes, contendo muitas ilustrações, no estilo da arte renascentista. De uma versão simplificada desse livro se originaram manuais de anatomia, utilizados até os dias atuais. Em seu trabalho científico, Vesalius passou a realizar sessões de dissecação, para as quais ele próprio fazia comentários, com base na observação do material analisado. Vesalius também montou esqueletos humanos para fins de pesquisa, e os comparou com esqueletos de macacos (e também com esqueletos de cães), para mostrar a origem dos erros de Galeno, e, por essa razão, iniciou os estudos de anatomia comparada.

Rapidamente, a descrição anatômica proposta por Vesalius tomou o lugar da de Galeno, porém tal descrição estava ainda restrita ao esqueleto e aos músculos, de modo que a fisiologia de Galeno ainda era adotada no século XVI. Apenas no início do século XVII, com o trabalho experimental de HARVEY (1578-1757), foi descobrir-

ta a circulação contínua. Harvey é considerado o primeiro biólogo experimental, já que demonstrou sua teoria da circulação por meio de dois experimentos, relatados em seu livro *O movimento do coração e do sangue nos animais*. No primeiro experimento, demonstrou a ação de válvulas comandando o fluxo sanguíneo, e a existência do retorno do sangue, da periferia do corpo para o coração. Em uma veia do braço, Harvey passou vigorosamente o dedo polegar no sentido do ombro para a mão, e mostrou que essa veia se esvaziava de sangue; em seguida, passou o polegar no sentido inverso, mostrando que a artéria novamente se enchia de sangue, o qual, evidentemente, se deslocava no sentido da extremidade do corpo para o coração. O segundo experimento, mais sofisticado, provou que o corpo não poderia produzir a quantidade de sangue implicada pela teoria de Galeno. Harvey mediu a frequência do batimento cardíaco e a quantidade de sangue transportada pela aorta em cada pulsação. Se a teoria de Harvey fosse verdadeira, deveria passar pela aorta, a cada 15 minutos, uma quantidade de sangue maior do que a do corpo inteiro. Para se evitar essa consequência absurda, era preciso aceitar a teoria de que o sangue que passava pela aorta retornaria ao coração pela veia cava. Harvey não tinha ainda condições de provar a passagem do sangue das artérias mais finas para as veias, o que só foi observado subsequentemente por Malphigi, com o uso do microscópio. Mas ele ainda propôs a teoria da dupla circulação, a sistêmica e a pulmonar.

DESCARTES (1596-1650), grande filósofo e cientista, tentou utilizar leis da Física e da Química para explicar as funções do organismo vivo. No sétimo capítulo de seu livro *Discurso sobre o método*, tentou explicar mecanicamente o funcionamento do sistema nervoso: a glândula pineal constituiria o meio de coordenação do corpo pela mente, e os nervos seriam tubos através dos quais correriam fluidos emanados pela glândula pineal.

À luz dessa visão mecanicista, BORELLI (1608-1679) tentou explicar a ação dos músculos. No século XVII, a pesquisa científica era feita em grande parte por amadores e curiosos que se dedicavam à realização de diversos experimentos, enquanto as universidades da

época se apegavam à transmissão do conhecimento tradicional. A organização mais influente era a Sociedade Real de Londres, destacando-se também o trabalho de Thomas Jefferson e Benjamin Franklin nos EUA. As sociedades científicas, meio de organização da pesquisa adotado até o presente, desenvolveram, àquela época, instrumentos que proporcionaram grande avanço da investigação científica, como pêndulos, barômetros, termômetros, hidrômetros, bombas de ar e motores. Um dos instrumentos inventados veio a revolucionar a pesquisa biológica: o microscópio.

Dentre os amadores dedicados à pesquisa científica na época, cinco deles se destacaram por suas descobertas ao microscópio, os assim chamados “microscopistas”. Eles foram:

- a) MALPIGHI (1628-1694): descreveu a estrutura fina do fígado, mostrou que a bÍlis era secretada por suas células, e que o baço não está conectado ao estômago. Descreveu a camada interna da pele, as papilas da língua, e a estrutura do córtex cerebral;
- b) LEENWENHOEK (1632-1723): descobriu organismos microscópicos na água, em uma cultura de pimentas (por acaso, pois queria descobrir “farpas”); também descobriu que a água quente mata os micro-organismos. Descreveu a circulação capilar, os tecidos e as estruturas das plantas;
- c) HOOKE (1635-1703): estudou a relação da combustão com a respiração; forneceu explicação sobre fósseis e, o mais importante, fez a descoberta das células na cortiça;
- d) SWAMMERDAM (1637-1680): estudou a metamorfose dos insetos; introduziu técnicas de estudo da respiração e da contração muscular, em organismos vivos.
- e) GREW (1641-1712): estudou a morfologia das flores.

Ao final do século XVII, presenciou-se um aumento da atividade dos sistematas, que se empenhavam na tarefa de classificação das novas espécies conhecidas, tentando enquadrá-las em um sistema rígido e funcional. Destacam-se nessa área LINEU (1707-1778), ao

propor um sistema binominal de classificação, substituindo o método então vigente, que chegava a fazer uso de até doze palavras para identificação de uma espécie. Em seu livro *Sistema natural*, reconheceu 24 classes de plantas, e quatro mil espécies animais. Como era partidário de uma concepção criacionista, entendia que o número de espécies criadas por Deus seria fixo, o que se refletiu em sua preocupação com uma taxonomia biológica rígida. Esta veio a ser alterada posteriormente à teoria evolucionista para que se pudesse dar conta das transformações evolutivas. Ao lado da atividade dos sistematas surgiram estudos de biologia comparada que inspiraram a teoria de CUVIER (1769-1832), segundo a qual ocorreriam extinções de espécies biológicas, devidas a catástrofes naturais. Essa foi uma forma inteligente de se explicar as diferenças de distribuição geográfica das espécies, no contexto de um sistema de espécies fixo.

No século XVIII, grande parte da atenção dos estudiosos se concentrou no debate entre teorias rivais, relativas à reprodução sexuada e ao processo embriológico. Um dos debates foi entre os *preformacionistas* e os *epigeneticistas*. Para os primeiros, o ovo conteria o ser adulto em miniatura, explicando-se a não visibilidade dos órgãos devido ao fato de serem então muito pequenos. Para os segundos, a diferenciação celular ocorreria progressivamente, como foi demonstrado por meio dos experimentos realizados por SAINT-HILLAIRE (1772-1844) e, mais tarde, por BAER (1792-1876). A disputa foi, assim, inteiramente resolvida em prol do epigeneticismo. Essa visão (a adequabilidade do epigeneticismo) já tinha sido antecipada nos trabalhos de WOLFF (1738-1794), a partir da observação do desenvolvimento embriológico do ovo de galinha.

Se a discussão sobre o desenvolvimento embriológico chegou a um bom termo no período, o mesmo não aconteceu com as divergências sobre o processo de fecundação, que originaram diferentes teorias da geração: (a) a teoria da *pangênese*, que sustentava que grãos minúsculos se desenvolvem em cada região do corpo e se aglutinam nos órgãos reprodutivos, transmitindo as características dos pais aos seus descendentes. Essa teoria ainda era aceita no século XIX, inclusive por Charles Darwin; (b) a teoria da *precipitação*,

que propunha que o embrião seria formado no momento da fecundação pela precipitação de materiais existentes no óvulo; (c) a teoria do *seminismo*, que sustentava que tanto o macho como a fêmea possuíam sementes, de cuja união surgiria o novo ser; e (d) a teoria da panspermia, segundo a qual a geração de seres vivos dependeria de uma substância espalhada por toda a parte, possibilitando a geração espontânea.

Ao lado das discussões acima, gradativamente se formou uma concepção evolutiva dos seres vivos que veio a superar a teoria da criação especial, herdada do período medieval, segundo a qual Deus teria criado cada forma de vida separadamente, já com as características que atualmente possuem. A emergência de teorias evolucionistas veio a se dar no século XVIII, culminando com a revolução conceitual darwiniana, no século seguinte. BUFFON (1707-1788) salientou a importância dos fatores ambientais para as formas de vida, e a importância da migração, do isolamento geográfico e da luta pela sobrevivência, ideias que Charles Darwin utilizaria mais tarde, em uma teoria abrangente. ERASMO DARWIN (1731-1802), seu avô, publicou um livro, intitulado *Zoonomia*, em que procurou elucidar quais seriam as leis da vida orgânica, tendo sublinhado a herança dos caracteres adquiridos e a hipótese de que todas as espécies descenderiam de um ancestral único. LAMARCK (1744-1829), que se aprofundou em estudos de Botânica e Zoologia de invertebrados, formulou uma teoria da transformação das espécies, por meio da herança dos caracteres adquiridos. Essa teoria se baseou na “lei” do uso e desuso: quanto mais um órgão é utilizado, segundo as condições ambientais em que o ser vivo está, mais ele se desenvolve (e se retrai, caso não seja utilizado); pela herança desses caracteres, ocorreria progressivamente uma alteração das formas de vida, formas essas que se tornariam cada vez mais adaptadas a seus ambientes. Ele percebeu a possibilidade de surgimento de novas espécies, devido ao processo acima, e também ao isolamento geográfico. Aprofundando-se no estudo da evolução, chegou a esboçar diagramas da árvore evolutiva, e antecipou concepções atuais de ecologia, ao reconhecer a existência de um balanço entre as formas de vida.

CHARLES DARWIN (1809-1882) foi o grande teórico e advogado da evolução das espécies. Ele viajou pelo mundo à procura de evidências favoráveis à evolução, vindo a encontrar, nas Ilhas Galápagos, formas de vida intermediárias, relativamente às espécies ali existentes. Para explicar como ocorreriam as transformações entre as formas de vida, inspirou-se nos trabalhos do economista Thomas Malthus, que comparou as curvas do crescimento demográfico e da disponibilidade de alimentos. Concluiu Darwin que a ocorrência de taxas de reprodução, e o conseqüente aumento populacional, de maior magnitude do que o crescimento dos recursos alimentares, inevitavelmente geraria uma competição entre os seres vivos em busca da sobrevivência. Enquanto elaborava, por cerca de vinte anos, sua teoria sobre a competição entre os seres vivos, que determinaria quais deles poderiam se reproduzir e se perpetuar ao longo do tempo, Darwin encontrou ideias muito semelhantes às suas em um texto de Wallace, escrito durante uma convalescença de febre amarela. Do contato entre ambos surgiu uma publicação conjunta, em 1858, com grande repercussão. Em 1859, saiu o livro de Darwin, *A origem das espécies*, que teve a edição esgotada, seguida por *A variação dos animais e plantas*, em 1868. Ele escreveu ainda trabalhos sobre a posição do homem no processo evolutivo, e sobre a seleção sexual, responsável por certas características dos seres vivos. Sua teoria da seleção natural, como força diretiva da evolução, não contou com plena aceitação por parte da comunidade cultural, tendo se destacado o empenho de T. HUXLEY (1825-1895) na defesa das ideias darwinianas, o que contribuiu para que se formasse uma nova visão dos fatos biológicos.

O século XIX apresentou grandes progressos para a Biologia, não só pela teoria evolutiva, como também em outras áreas a citologia, a microbiologia e a fisiologia. A teoria celular foi desenvolvida por SCHLEIDEN (1804-1881), que propôs que a célula seria a unidade estrutural e funcional dos seres vivos, e SCHWANN (1810-1882), que introduziu a noção de metabolismo para os processos químicos que ocorrem na célula. Enquanto o primeiro se baseou em estudos com plantas, o segundo se baseou em estudos com animais, che-

gando à mesma concepção da célula como unidade básica da organização dos seres vivos. KOLLIKER (1817-1905) aplicou a teoria celular à embriologia, e mostrou que o ovo é uma célula única e que a divisão nuclear precede a divisão celular. Nesse contexto, pôde-se finalmente identificar a célula como depositária da hereditariedade. Em 1875, foi descrito o processo de mitose; em 1882, a fixação de células em tecidos; em 1888, foram visualizados os cromossomos; e, em 1897, foram identificadas as mitocôndrias.

A Microbiologia se desenvolveu em torno da polêmica sobre a geração espontânea, e, principalmente, lidando com a teoria microbiana das doenças, produzindo vacinas e soros, com a finalidade de combater as grandes epidemias da época. Alguns dos precursores desse acentuado desenvolvimento da Microbiologia no século XIX foram F. REDI (1621-1627), que questionou a ideia de geração espontânea, através dos famosos experimentos com carne em decomposição, apontando que moscas surgiriam apenas nas amostras não vedadas com vidros; SPALLANZANI (1729-1799) refez os experimentos de Redi, e procedeu também a uma esterilização rigorosa do material analisado; FRANCASTORIUS (1484-1553) já tinha antecipado a possibilidade de que certas doenças fossem causadas por “sementes” flutuantes no ar, e SYNDENHAM (1624-1689) propusera a existência de causas específicas para cada tipo de doença, e a possibilidade de remédios específicos, como a ação do quinino contra a malária. Esses autores apresentaram as ideias fundamentais, que só foram plenamente aceitas pela comunidade científica após sua confirmação experimental por Pasteur e Koch.

PASTEUR (1822-1895) começou seu trabalho científico como bioquímico, e contribuiu para a metodologia da estereoquímica. Estudando a fermentação, descobriu que certos micróbios fazem o vinho e a cerveja se “estragarem” (isto é, transformam açúcar em ácido). Para se evitar essa transformação, as bebidas poderiam ser fervidas em determinado estágio de fermentação, processo que veio a ser conhecido como “pasteurização”. Prosseguindo seus estudos, Pasteur mostrou que o ar carrega micro-organismos em “estado dormente”, e também detectou a existência de micro-organismos

anaeróbicos; identificou a ação dos micróbios nos animais, e descobriu que uma solução feita dos germes atenuados, injetada em um animal, poderia protegê-lo contra a ação patológica desses mesmos germes. A eficácia dessas vacinas, contra a raiva canina e contra o antrax caprino, foi demonstrada em experimentações públicas. R. KOCH (1843-1910) conduziu, na Alemanha, o desenvolvimento da Microbiologia, paralelamente ao trabalho de Pasteur na França. Ele comprovou a teoria microbiana das doenças, isolou o bacilo da tuberculose e o germe do cólera, não obtendo, contudo, êxito na busca de um remédio contra a tuberculose, que dizimava milhares de pessoas na segundo metade do século XIX.

Presenciou-se também, nesse período, considerável progresso da Fisiologia, que se baseou em conhecimentos acumulados desde a Renascença. A fisiologia animal serviu inicialmente de base para a fisiologia vegetal, tendo CESALPINO (1519-1603) elaborado uma teoria de fisiologia vegetal copiada da animal, atribuindo aos vegetais estruturas como o coração e as veias. Progressivamente foram-se acumulando conhecimentos específicos ao universo vegetal, como o ciclo do carbono, estudado por INGENHOUSZ (1730-1799), o papel da clorofila na fotossíntese, descoberta por DUTROCHET (1776-1847), o ciclo do nitrogênio, analisado por BERTHELOT (1827-1907). LAVOISIER (1743-1794) mostrou o papel combinado da respiração, da transpiração e da digestão nas transformações energéticas por que passam os seres vivos. Em um experimento muito conhecido, ele colocou um pássaro dentro de uma redoma de vidro, observando a transformação que esse animal produzia na composição do ar dentro da redoma, a saber, uma diminuição de oxigênio e um aumento de gás carbônico.

No século XIX, dois nomes se destacaram na área fisiológica, um deles por seus estudos teóricos, o outro pelo desenvolvimento de conhecimentos relevantes à medicina. MILLER (1801-1898) estudou a base físico-química dos fenômenos biológicos, em particular os mecanismos de percepção sensorial, como a percepção visual e a auditiva. Elaborou, entre outras, a teoria da energia específica dos nervos, que afirmava que o traço característico do meio de trans-

missão de estímulo sensorial da resposta comportamental apresenta maior peso na sua determinação do que a natureza do próprio estímulo. O médico e biólogo C. BERNARD (1813-1890) formulou, em seu livro *Medicina experimental*, os conhecimentos básicos da Fisiologia. Entre suas descobertas estão a digestão pancreática, a função glicogênica do fígado, o funcionamento dos nervos vasomotores, e o modo de ação de drogas e venenos no corpo.

Na virada do século, houve considerável progresso nos conhecimentos de genética, o que inclusive permitiu melhor entendimento dos mecanismos da evolução biológica. Boa parte desse progresso se deveu à redescoberta, em 1900, dos trabalhos de G. MENDEL (1822-1884), que realizou diversos experimentos com ervilhas no jardim de seu monastério, e verificou que o crescimento das plantas depende, em grande medida, de fatores hereditários. Em experimentos de hibridação, constatou a proporção de 3 para 1 entre caracteres dominantes e recessivos, na primeira geração de híbridos. A partir desses experimentos, elaborou dois princípios fundamentais da genética: o princípio de *dominância* de genes, e o princípio de *combinações independentes*, tornando possível a previsão das probabilidades das características a serem obtidas nos cruzamentos. DE VRIES (1848-1935), descobridor e seguidor da obra de Mendel, propôs, em seu livro *Teoria das mutações*, publicado em 1901, a existência de mudanças abruptas, sem formas de transição ou antecedentes visíveis, no patrimônio genético, gerando características fenotípicas novas.

Desencadeou-se, no início do século XX, a partir do trabalho de Mendel, uma série de desenvolvimentos da teoria genética. BATESON, em 1902, identificou o paralelismo dos genes, chamando de “alelos” os genes emparelhados; BOVERI e SULTON, ainda no mesmo ano, propuseram que os genes, definidos apenas como unidades funcionais por Mendel, constituiriam partes do cromossomo; MORGAN, em 1909, sugeriu que os genes teriam um *locus* no cromossomo, e GARROD, em 1910, propôs que os genes produziram as enzimas. No âmbito da genética populacional, HARDY e WEINBERG descobriram que a frequência dos genes em uma população tende

a ser constante, e formularam uma equação de equilíbrio das frequências alélicas.

Por meio da teoria evolucionista e da genética, a Biologia se estabeleceu como uma ciência autônoma, que se desdobra em diversas áreas (também chamadas “ciências biológicas”). O desenvolvimento posterior da Biologia no século XIX, que não teremos condições de acompanhar aqui, com a emergência da Biologia Molecular, a Etologia e a Ecologia, já faz parte do estado atual de conhecimento desta(s) ciência(s).

4

FILOSOFIA DA BIOLOGIA

Questões metodológicas

A Física newtoniana constituiu, na época moderna, um modelo para as demais ciências naturais. Por outro lado, e paralelamente, a Biologia desenvolveu, em respeito às características de seu objeto de estudo, uma metodologia própria, trabalhando com conceitos que não puderam ser reduzidos à (ou traduzidos para a) linguagem física. Um exame da história da Biologia nos revela que o conhecimento acerca dos seres vivos esteve, durante muito tempo, subordinado a pesquisas e práticas médicas, e só adquiriu especificidade com o advento da primeira grande teoria biológica, a teoria evolucionista de Darwin. Mas o trabalho dos “naturalistas”, de linhagem darwiniana, foi, até meados do século XX, principalmente *descritivo* – e não *explicativo* (ver Explicações científicas, p.33), como na Física newtoniana. Os biólogos eram considerados “historiadores da natureza”, adotando uma perspectiva metodológica semelhante à dos estudiosos da História humana, que se preocupavam em registrar eventos, datas e personagens marcantes. De modo análogo, os antigos estudiosos da “História Natural” (nome que era dado ao próprio curso de Biologia, nas universidades), seguindo o exemplo de Darwin, percorriam os quadrantes do globo terrestre para

encontrar, estudar, identificar e descrever as mais variadas formas de vida, muitas vezes apontando a importância de suas descobertas para a reconstituição da árvore evolutiva, para o entendimento da história da evolução.

Os “naturalistas” acumularam assim uma massa de conhecimentos, que deveriam ser explicados por meio da teoria evolucionista. Mas, nesse ponto, surgiu um grande problema. Mesmo tendo sido aperfeiçoada, à luz da incorporação das teorias das mutações e de herança modernas (que substituíram a teoria de pangênese, ainda adotada por Darwin), e dos desenvolvimentos matemáticos da genética de populações, a teoria evolucionista não chegou a desempenhar o papel explicativo que as teorias físicas costumam desempenhar frente aos fenômenos físicos. Conseqüentemente, o trabalho dos biólogos permaneceu mais descritivo do que explicativo, e tende a continuar assim, a não ser que uma nova e forte teoria, como a genética molecular, se torne suficiente para reverter tal quadro. A nova dificuldade, que aqui se apresenta, consiste na visão *reducionista* (ver definição deste termo adiante), implicada pelas explicações genéticas dos fenômenos biológicos.

A predominância dos trabalhos descritivos confere uma peculiaridade às pesquisas biológicas que afeta inclusive a filosofia da ciência. Em trabalhos puramente descritivos, os pesquisadores biológicos, mesmo adotando todos os rigores e precauções científicos, aparentam não adotar nenhuma hipótese condutora da pesquisa, exceto suposições óbvias (por exemplo, que em uma área na qual será feito um levantamento florístico existem espécies vegetais). Outra hipótese, um pouco menos óbvia, porém trivial, seria que a distribuição das espécies ao longo da área estudada é uma distribuição *uniforme* (em toda indução se supõe coisa semelhante, o que o filósofo David Hume chamou de “princípio da uniformidade da natureza”). Nesse cenário, torna-se difícil analisar o trabalho biológico exclusivamente com base no modelo físico, que é, ao contrário, mais explicativo do que descritivo. A filosofia da ciência de Karl Popper, que é adotada por alguns biólogos (especialmente, como era de se esperar, por aqueles que realizam trabalhos experimen-

tais, com testes de hipóteses) e cientistas de diversas áreas, não é adequada para se entender a lógica da pesquisa descritiva, uma vez que tal filosofia praticamente identifica o trabalho científico com a busca de explicações.

Durante certo tempo, pensou-se que o predomínio de trabalhos descritivos fosse sinal de uma falta de maturidade da Biologia, supondo-se que toda pesquisa descritiva constituísse mera preparação para uma pesquisa explicativa, que deveria se realizar em seguida. Recentemente, alguns filósofos da Biologia, como Beckner e Hull, sugeriram que talvez o trabalho biológico fosse intrinsecamente dotado de estilo próprio, que se diferenciaria do estilo da Física, e, eventualmente, pudesse até servir de modelo alternativo para os físicos. Em que consistiria tal estilo biológico? Trata-se de uma questão aberta, a ser discutida amplamente. Vamos aqui apresentar três aspectos que, a nosso ver, foram devidamente realçados pelos biólogos e que tendem a ser reconhecidos, tardiamente, pelos próprios físicos:

- a) *Diversidade*: existe uma grande diversidade de formas de vida, inclusive importantes diferenças no interior das espécies (as variedades), e de indivíduo para indivíduo. Essa diversidade é relevante para se entender o próprio fenômeno biológico, não podendo ser deixada de lado, sob o pretexto de uma “simplificação” do objeto de estudo. Por outro lado, a geração da diversidade da vida parece depender de múltiplos fatores, genéticos, ambientais e históricos, que não podem ser generalizados em uma única explicação, ou subsumidos em uma única teoria. Sendo assim, um dos problemas da teoria evolucionista é que, para tornar possível a explicação de todos os tipos de fenômenos biológicos, tal teoria teria que ser tão ampla que, ao final, se tornaria imprecisa e não explicaria nada.

Será que tal característica de diversidade não se aplicaria a todos os fenômenos da natureza, além dos fenômenos biológicos? Ora, a Física newtoniana se aplicava a objetos idealizados, simplificados, nos

quais só eram consideradas as características comuns às *classes* de objetos. Por exemplo, duas barras de ferro, com igual massa, tamanho, condutividade elétrica etc. seriam consideradas idênticas, isto é, não poderiam ser caracterizadas em sua individualidade. Entretanto, em certas áreas da Física contemporânea, como a Termodinâmica desenvolvida por Ilya Prigogine e colaboradores, chegou-se à conclusão de que dois sistemas físicos, aparentemente idênticos, se submetidos a processos que ocorrem à distância do equilíbrio termodinâmico (ver Estabilização sistêmica, p.137), podem apresentar comportamentos marcadamente distintos, dependendo de sua microestrutura particular e de sua história individual. Há, portanto, sinais de que o aspecto de diversidade seria relevante para todas as áreas científicas. Outro exemplo seria a Sociologia, que tende a reconhecer a diversidade de culturas e a impossibilidade de explicação de todas as culturas à luz de uma única teoria sociológica;

- b) *Interação*: não apenas as partes de um organismo vivo estão estreitamente relacionadas entre si, como também há intensa interação entre os organismos e seus ambientes e, ainda, e como teria ressaltado a teoria darwiniana, há intensa interação entre as diversas formas de vida que habitam uma determinada região geográfica. Isso traz imensas dificuldades explicativas, pois impede o uso de esquemas causais lineares (ver Tipos de explicação em Biologia, p.103), o que, por sua vez, dificulta o uso da descrição matemática, que se baseia na noção de *função*. Certos sistemas de relações matemáticas, que expressariam fenômenos biológicos, envolvendo a interação entre muitos agentes, não poderiam ser resolvidos por métodos triviais de cálculo matemático. Tal dificuldade pode ser mais bem avaliada se lembrarmos que os físicos-matemáticos do início do século, como Henri Poincaré, já reconheciam os problemas existentes na derivação das equações que expressavam a evolução temporal de sistemas de *três* corpos em interação.

Para superar essa dificuldade, estão sendo desenvolvidos modelos estatísticos, com simulações computacionais, que procuram mostrar traços relevantes da evolução temporal de sistemas complexos (ver p.29 e p.137). Mas há grande resistência, por parte dos biólogos, em aceitar que as conclusões assim obtidas possam ser aplicadas, sem maiores discussões, à explicação de fenômenos biológicos. Um exemplo seria o trabalho de Stuart Kauffman (1994) a respeito da evolução biológica, no qual o autor pretende corrigir ou complementar a teoria darwiniana (em sua versão atual, “neo-darwiniana”) da evolução, com base em um modelo simplificado de ser vivo, que foi submetido a simulações computacionais;

- c) *Acaso*: existem dois tipos de acaso, que caracterizam os fenômenos biológicos: o acaso das mutações, e o acaso da recombinação gênica em pequenas populações geograficamente isoladas. O primeiro tipo de acaso tem sua origem na estrutura quântica da matéria, cujas propriedades se manifestam no plano molecular, gerando alterações da informação inscrita no DNA, que podem se propagar por meio da divisão celular. Quando as mutações ocorrem nas células somáticas, suas conseqüências atingem apenas o indivíduo. Quando ocorrem, contudo, nas células germinativas, podem se perpetuar na totalidade das células dos descendentes. Quanto à recombinação gênica, trata-se da produção de novos genótipos por intermédio dos processos de reprodução da espécie, independentemente da ocorrência de mutações. Em populações relativamente numerosas, em ambientes estáveis, nem as mutações nem a recombinação gênica tendem a gerar novas espécies, devido à “diluição” da concentração dos genes novos nas gerações seguintes, conforme a tendência ao equilíbrio formulada por Hardy e Weinberg. Devido a esse fato, os biólogos evolucionistas, em particular Mayr, sublinharam a necessidade do *isolamento geográfico* de uma pequena parcela da população, para que os novos genes,

oriundos de mutações ou recombinações, possam atingir uma alta frequência, gerando uma nova espécie, ou uma nova variedade da antiga espécie. Ora, se na história de toda espécie houve um momento de isolamento, no qual a combinação do material genético não obedeceu ao equilíbrio de Hardy-Weinberg, então as características que vieram a se fixar em cada espécie dependem, ao menos em parte, de uma “loteria” da natureza, não podendo ser explicadas a partir de uma regra geral. Tal situação parece encontrar paralelos na Física contemporânea, seja na suposta aleatoriedade das partículas quânticas, seja na evolução não linear de sistemas complexos (que alguns chamam de “caóticos”), nos quais há uma imprevisibilidade ineliminável ou intrínseca.

Portanto, os aspectos de diversidade, interação e aleatoriedade influenciam decisivamente a metodologia de estudo dos seres vivos, conduzindo a um estilo peculiar de entendimento da natureza. Vale aqui lembrar que o filósofo Kant já considerava o estudo dos seres vivos metodologicamente distinto do estudo dos sistemas físicos, uma vez que a categoria de *teleologia* (ver p.103 e p.125) nele (no estudo dos seres vivos) desempenharia um papel central. De nosso ponto de vista, concordamos com a especificidade da pesquisa biológica, mas não pela razão apontada por esse filósofo. As explicações teleológicas, que fazem referência aos *fins* ou *objetivos*, intencionais ou não, que regem as atividades dos seres vivos, podem, e em certo sentido até devem, ser substituídas pelas explicações causais e informacionais (conforme a noção de *teleonomia*, proposta por Monod – ver p.103). Uma discussão mais aprofundada da especificidade da metodologia biológica necessita levar em conta os diversos fatores que se entrecruzam na produção dos fenômenos da vida, os quais necessariamente se refletem, e devem ser levados em conta, em observações e experimentações científicas. Surge aqui uma nova questão, bastante atual, que diz respeito à possibilidade, ou não, de elaboração de explicações causais e teleonômicas que sejam suficientes

para dar conta dos fenômenos biológicos. A posição contrária a essa seria aquela que sustenta a insuficiência das explicações causais e teleonômicas, as quais deveriam ser, sempre, complementadas por descrições da *história particular* do sistema no qual ocorrem os fenômenos. Essa questão está estreitamente vinculada à definição das condições iniciais e das condições de contorno (ver O observador e o processo de modelagem, p.122) dos fenômenos biológicos. Adeptos da insuficiência das explicações causais/teleonômicas procuram caracterizar tal situação, afirmando que certos tipos de sistemas, incluindo os seres vivos, são *autoorganizados*, ou seja, derivam seu padrão de evolução organizacional de fatores intrínsecos, que se agruparam ao longo da história, única, do sistema. Dessa perspectiva, a Biologia nunca poderá ser uma ciência plenamente explicativa, mas permanecerá dependente de uma boa dose de descrições históricas.

O conceito de “vida”

Toda ciência contém uma parte empírica, associada a observações e experimentos, e uma parte teórica, expressa em conceitos-chave, que organizam e direcionam o saber. Na Biologia, o termo teórico (à luz do qual foi aglutinado um conjunto de conhecimentos, fruto de múltiplos estudos empíricos) é o conceito de “vida”, ou de “ser vivo” (ou, ainda, “sistema vivo”, como propõem os biólogos contemporâneos). O significado atribuído ao conceito de “vida” está estreitamente associado àquilo que se toma como objeto de observação, na natureza, em determinada época; porém, de outro lado, o conceito de “vida”, que adotamos, também direciona nosso olhar sobre a natureza e delimita o nosso campo de observação. É digno de nota que, vinte e cinco séculos após o trabalho pioneiro de Aristóteles, não tenhamos, ainda hoje, um consenso, entre os biólogos, acerca do que é a “vida”.

Uma das mais profundas teorias é justamente a do “pai da Biologia”. Aristóteles distinguiu, na composição dos seres da natureza,

dois aspectos: o *material* e o *formal*. A *matéria* é aquilo de que as coisas são feitas, o substrato que é moldado de acordo com a *forma*, que é o tipo de organização que caracteriza cada ser. Quando produzimos o vidro, por exemplo, mudamos a *forma* adquirida pela *matéria* subjacente: pela ação do calor, destruimos a *forma* da areia, e produzimos a *forma* do vidro. Em todos os seres não vivos, a especificação de sua *forma* é feita por agentes externos; por exemplo, a *forma* adquirida por uma pedra é resultado das forças exteriores que são impostas a ela, e não por um processo interno de sua própria estrutura. Nos seres vivos, ao contrário, a *forma* é uma propriedade intrínseca, é determinada pelo próprio ser, e não por agentes externos. As condições ambientais apenas determinam características individuais ou populacionais, mas não a *forma* do ser, que depende da espécie a que ele pertence. O ambiente não pode fazer com que certo animal mude de espécie, ou que seus descendentes sejam de outra espécie que não a sua. Existiria uma capacidade da *forma* do ser vivo de se conservar ao longo do tempo, no indivíduo e através das gerações. Concluiu então Aristóteles que a vida seria a atividade própria da *forma*, a sua autodeterminação, que caracterizaria a autonomia do ser vivo. À *forma* capaz de se autodeterminar, que é a *forma* do ser vivo, ele chamou de “alma” (palavra que possui, portanto, um significado diferente do que lhe foi atribuído por doutrinas religiosas). A *forma* apenas existe, na natureza, junto à *matéria*, e só subsiste enquanto atua sobre a *matéria*.

Com o advento do método científico moderno, no século XVII, e o sucesso de sua aplicação à Física, muitos pensaram que os resultados aí obtidos deveriam ser aplicados ao estudo do ser vivo, cujo funcionamento poderia, em princípio, ser explicado por meio das teorias físicas da época, dominadas pela Mecânica newtoniana. Para o *mecanicismo*, o organismo vivo poderia ser concebido como uma máquina, composta de partes distintas, e regida por leis mecânicas (por exemplo, as leis de mecânica dos fluídos explicariam o mecanismo da circulação). Os estudos de Anatomia vieram, então, auxiliar na identificação das partes componentes dos organismos complexos, os “órgãos e aparelhos”. O funcionamen-

to do ser vivo seria a resultante das funções desempenhadas por suas partes.

Contra a corrente mecanicista, citada acima, surgiu, nos séculos XVIII e XIX, a corrente *vitalista*, que procurou recuperar a concepção aristotélica do ser vivo, interpretando-a sob novo enfoque. Para o vitalismo, haveria algo que seria exclusivo do ser vivo, frente aos demais seres da natureza: uma força ou energia não física, que não se localiza no espaço nem no tempo, e é independente da matéria. Hans Driesch, o principal teórico do vitalismo, acreditou que o processo morfogênético não poderia ser explicado em termos mecanicistas, mas apenas pela introdução de um princípio de organização que chamou, inspirado em Aristóteles, de “entelêquia”. Mais tarde, também veio a defender a Parapsicologia como área científica que estudaria os fenômenos de telepatia, clarividência, telecinese e materialização. Existem ainda outras modalidades de vitalismo, por exemplo, na medicina oriental, de acordo com a qual, na acupuntura, se faz referência a um fluxo de “energia vital” que pode ser alterado pela manipulação das agulhas, mas cuja natureza não seria propriamente física ou, melhor ainda, seria uma forma de energia diferente das conhecidas na Física contemporânea.

Em oposição ao vitalismo, surgiu, no século XX, uma nova concepção do ser vivo, baseada na genética molecular, na bioquímica e na cibernética, para a qual este seria uma máquina complexa, cujo funcionamento não poderia ser explicado apenas pela mecânica, mas com o concurso das três áreas acima. Podemos então caracterizar uma corrente, chamada frequentemente de *reducionista*, para a qual a vida poderia ser explicada pela interação complexa de elementos não vivos, não existindo nenhum fator peculiar aos seres vivos do tipo proposto pelo vitalismo. Há dois tipos de reducionismo: (a) o *ontológico*, para o qual os seres vivos são constituídos exclusivamente de elementos não vivos; (b) o *epistemológico*, para o qual as leis que regem os seres vivos poderiam ser deduzidas das leis que regem as transformações físico-químicas dos seus componentes (por exemplo, leis de difusão, afinidades químicas etc.). Em oposição ao reducionismo epistemológico, mas compatível com o

reduccionismo ontológico, fortaleceu-se, mais recentemente, a corrente *organicista*, para a qual o funcionamento do organismo só pode ser adequadamente explicado mediante leis que não podem ser deduzidas das leis que regem suas partes. Uma de suas variantes é o *holismo científico* (que deve ser distinguido de certas orientações místicas, não científicas, que também se utilizam do termo “holismo”), para o qual há leis e princípios que regem o organismo em sua totalidade, e que não são meros resultantes da soma da atividade das suas partes componentes. Nessa abordagem, reveste-se de especial importância a história das relações entre o organismo, como um todo, e o ambiente. Por exemplo: o fato de um peixe ter escamas não se explicaria apenas por sua constituição genética, mas também pelas relações entre os fenótipos de seus antepassados e o meio aquático, que vieram a selecionar esse tipo de característica morfológica. Levando o holismo a um extremo, alguns autores chegaram a afirmar que o objeto de estudo da Biologia não seria o organismo individual ou as populações, mas, antes, a biosfera como um todo.

Uma possível posição intermediária entre reduccionismo e holismo seria identificar a “vida” com o conjunto de *processos celulares* que têm, em seu limite inferior, processos físico-químicos estruturados a partir do material genético (que, em si mesmo, não é “vivo”), e, no limite superior, a relação do organismo com o ambiente. Na prática, o nosso plano de análise e, conseqüentemente, a localização que estabelecemos para os processos vitais dependerão do tipo de problema que nos dispusermos a resolver. Por exemplo, nas pesquisas em Ecologia, os processos vitais se colocam no plano das condições ambientais necessárias para o equilíbrio da biomassa, sem necessariamente especificar o genótipo de cada forma de vida existente, ou os processos bioquímicos através dos quais os indivíduos de cada espécie se mantêm vivos. Assim, o objeto da Biologia seria o ser ou sistema vivo, em seus diferentes níveis de manifestação; apenas quando tentamos definir o que é a “vida” (isto é, em termos biológicos), é que optamos por um plano de descrição privilegiado (na proposta acima, o plano celular), surgindo, desse modo, o conflito entre as diversas concepções. Não se trata de uma

divergência empírica, e sim de um conflito filosófico, a respeito do significado de um termo teórico, mas a opção filosófica que fazemos pode nos orientar para certo tipo de pesquisa, para certo tipo de problema, cujo estudo julgamos mais promissor, à luz de nossos pressupostos filosóficos.

Estatuto das teorias biológicas

Como ressaltamos anteriormente, nas teorias biológicas uma simplificação do objeto de estudo não pode ser realizada, sob pena de se perderem características essenciais a esse mesmo objeto. Os seres vivos possuem uma complexidade espaçotemporal ineliminável que faz com que o seu conhecimento se torne uma tarefa mais laboriosa, com, frequentemente, menor grau de confiabilidade dos resultados. A complexidade espacial advém do fato de os seres vivos constituírem sistemas essencialmente abertos, não apenas no que diz respeito às trocas de matéria e energia com o ambiente físico, que lhes são indispensáveis para manter seu alto grau de organização, mas também quanto às inter-relações com os demais seres vivos, que determinam grande parte de suas características. A complexidade temporal possui igualmente dois aspectos: em primeiro lugar, são seres dotados de uma dimensão temporal própria, dada pelo ciclo vital (nascimento, crescimento, envelhecimento e morte); em segundo lugar, porque muitas de suas (dos seres vivos) características não podem ser entendidas exclusivamente pela observação e a experimentação no momento presente, mas, ao contrário, exigem um conhecimento (hipotético, ao menos) da história da espécie, na qual, por meio do processo de seleção natural, foram perpetuadas tais características e não outras.

Além dessas dificuldades, decorrentes da própria natureza do seu objeto de estudo, a Biologia também está afetada por ambiguidades em suas principais teorias. Vamos começar pela mais abrangente delas, que é a Teoria da Evolução. A Teoria da Evolução procura encontrar os princípios que regem o desaparecimento e o surgimento

de novas espécies biológicas, assim como as distintas características de indivíduos, populações e ecossistemas, que se fixaram através de uma série de mudanças ao longo do tempo. Filosoficamente, a Teoria da Evolução se opõe à ideia de que a natureza seria imutável, e a mudança apenas ilusão, ideia essa que predominou em nossa civilização até o século XVIII. As mudanças que ocorrem na biosfera não seriam, contudo, aleatórias, mas obedeceriam a um conjunto de regras que seriam explicitadas na Teoria da Evolução. Uma hipótese aparentemente aceitável foi à levantada pelo lamarckismo, de que as características adquiridas durante a existência dos indivíduos biológicos, em sua adaptação ao ambiente físico, se acumulariam, por meio da herança genética, na existência da espécie e evoluiriam de acordo com as alterações do ambiente, ou com a localização das populações no ambiente. Mas essa hipótese veio a se revelar simplesmente falsa, uma vez que, de fato, não ocorre a transmissão genética das características adquiridas. Essa conclusão foi obtida no contexto da genética mendeliana. Aqui já se observa, também, como o fenômeno da interdisciplinaridade é frequente em Biologia. Teoria da Evolução e Genética são duas disciplinas que mantêm estreito relacionamento, proporcionando alterações recíprocas.

Prevaleceu, como explicação para as mudanças dos seres vivos ao longo do tempo, a hipótese neodarwinista da seleção natural, que explica tais mudanças com base em dois fundamentos: (a) *mutações aleatórias*, que produzem diversidade genética e, conseqüentemente, diversidade fenotípica; (b) a *seleção natural*, a competição entre indivíduos e espécies pelos recursos escassos do ambiente, na qual sobrevivem os “mais aptos”, através da reprodução diferenciada. As inovações não se devem a um “aprendizado” com o ambiente, mas são introduzidas via mutações, e a ação do ambiente só se faz posteriormente, favorecendo aqueles indivíduos ou populações cujas características fenotípicas (decorrentes das genotípicas) lhes atribuem vantagens na competição pelos recursos ambientais. No contexto darwiniano, por conseguinte, a adaptação não é uma mera relação de adequação entre os seres vivos e o ambiente, mas, mais acertadamente, um processo dinâmico, no qual as inter-relações

dos seres vivos entre si, e as taxas de reprodução de cada população (dependentes do modo pelo qual se processa tal inter-relação), vêm a “selecionar” aquelas que sobreviverão e poderão perpetuar o seu genótipo.

Seriam as regras acima suficientes para se explicar a estrutura e o funcionamento altamente complexos e coerentes dos seres vivos? Por exemplo, observamos ao longo da evolução que as espécies apresentam, na maioria das vezes, estratégias de sobrevivência (o modo como agem para obter os recursos necessários à manutenção da vida) cada vez mais sofisticadas que as de seus predecessores. Ora, que vantagem adaptativa as estratégias mais elaboradas (com maior número de passos para se atingir o objetivo) têm sobre as mais simples? De um ponto de vista estritamente darwinista, teria a espécie humana alguma vantagem seletiva sobre, por exemplo, as amebas, cuja estratégia de sobrevivência é extremamente simples? Uma possível resposta seria que a maior sofisticação da estratégia de sobrevivência conferiria maior autonomia frente às mudanças ambientais; mas, por outro lado, criaria dependência, dadas as múltiplas condições necessárias para o encadeamento dos passos da estratégia.

Além das objeções quanto a sua insuficiência, frente à riqueza dos fenômenos biológicos, existem objeções à teoria darwinista tomada em si mesma. Quanto à aleatoriedade das mutações, autores contemporâneos argumentam que supomos que as mutações ocorrem ao acaso porque desconhecemos os mecanismos físico-químicos que realmente as produziriam. O avanço do conhecimento mostraria que a alteração do material genético corresponde a um processo bem determinado, o que, por sua vez, transportaria a consequência de a evolução biológica ser dirigida por fatores físico-químicos em uma proporção maior do que a que somos levados a crer pelo darwinismo. Além disso, a seleção natural, para alguns autores, não expressaria a “verdadeira lei científica” porque não permite fazer previsões, com um mínimo de precisão, sobre quais serão os sobreviventes em um determinado ambiente e sob determinadas condições razoavelmente conhecidas; para outros autores, a seleção natural expressaria uma lei científica de tipo probabilístico, a partir

da qual podemos prever apenas probabilidades de sobrevivência, sem especificar univocamente o estado futuro do sistema.

Essa última alternativa permite-nos resolver também outra objeção levantada contra a teoria da seleção natural, a saber, a de que tal teoria seria tautológica. Uma tautologia constitui, de modo geral, uma *fórmula* (ou *forma lógica*) verdadeira em todas as interpretações possíveis. No caso da seleção natural, a tautologia se manifesta quando, em uma situação concreta, para sabermos quais eram os “mais aptos”, utilizamos, como critério de sua identificação, a sobrevivência. Para que a teoria não seja tautológica, é preciso que existam critérios, independentes da sobrevivência, para se determinar quais são os mais aptos (por exemplo, adequações morfológicas e psicológicas ao ambiente físico, capacidade de defesa frente aos predadores); conseqüentemente, seria possível que, em determinados casos, os mais aptos não fossem os sobreviventes. Mas, para que a teoria seja verdadeira, é preciso que haja uma relação entre aptidão e sobrevivência. Se entendermos que a seleção natural é um teoria probabilística, poderemos satisfazer aos dois requisitos; por um lado, asseguraríamos que, na maioria dos casos, a inferência entre aptidão e sobrevivência seria válida (o que pode ser testado empiricamente), e, por outro, haveria a possibilidade de exceções (isto é, a ocorrência dos fenômenos menos prováveis), o que garantiria seu caráter não tautológico.

Passando da Teoria da Evolução à Sistemática, seria de se esperar que encontrássemos, na segunda, uma fundamentação para o conceito de *espécie biológica*, utilizado na primeira. Entretanto, existem diversos conceitos de espécie, cada qual defendido por biólogos respeitados, não se tendo, até o momento, atingido um consenso a respeito dos critérios básicos da classificação biológica. O critério proposto por Aristóteles de que o conjunto dos seres vivos deveria ser completamente distribuído, segundo suas propriedades essenciais (morfológicas, reprodutivas etc.), em espécies totalmente disjuntas umas das outras, não foi atingido. Para que a classificação proposta seja possível, é necessário que a natureza seja tal que as propriedades essenciais, que permitiriam as distinções entre espé-

cies, realmente existam. Mas, na prática, somos nós que estabelecemos, de modo aparentemente arbitrário, grupos de propriedades que certos seres possuem, e outros não. Em nossas pesquisas, não tardamos a encontrar seres que possuem propriedades pertencentes a dois ou mais grupos, e seres que possuem propriedades não pertencentes a nenhum dos grupos que estabelecemos; consequentemente, o trabalho taxonômico se revela árduo, e os resultados distantes daquele ideal, chegando alguns estudiosos a se questionar se há mesmo, na natureza, espécies bem distintas umas das outras, ou se este não seria uma conceito inadequado, que teimamos em lhe impor. Destas reflexões surgiram novas propostas de conceituação das espécies biológicas, com base na árvore evolutiva. Existiria, portanto, uma continuidade entre as diversas espécies, dada pela origem filogenética comum, e qualquer proposta de segmentação desse *continuum* não seria capaz de discriminar espécies completamente distintas entre si.

A Genética seria, em princípio, a área da Biologia na qual teríamos procedimentos mais rigorosos, devido a sua proximidade com a Física e a Química, ciências nas quais o método científico moderno se impôs. Mas, aqui também, existem ambiguidades a respeito de noções básicas, como é o caso do conceito de “gene”. Na genética mendeliana, os genes eram especificados por dois fatores: sua *função* (que característica(s) fenotípica(s) ele produz) e sua *posição* (qual o seu lugar no cromossomo). Não se conhecia, ainda, a constituição físico-química do gene. Com o advento da genética molecular, foi adicionado um novo fator para a identificação do gene, o *estrutural*, segundo o qual cada gene corresponde a um determinado segmento de DNA. Posteriormente, ao se notar que esses três critérios eram ainda insuficientes para se entender o complexo mecanismo de produção das enzimas, tentou-se relacionar os genes com o funcionamento da célula como um todo, levando-se em conta o chamado aspecto *sistêmico* do gene. Embora se observe, na história do conceito de “gene”, um progresso no seu entendimento que acompanha o espetacular progresso experimental da Genética, ainda não se chegou a uma uniformidade do seu significado, sendo que esse conceito

é usado com diferentes sentidos pelos diversos cientistas, cada um priorizando um dos aspectos apontados acima.

As áreas da Biologia ligadas à ontogênese, assim como os estudos de Fisiologia, deparam com o clássico problema do “princípio organizador”, que levou Driesch à hipótese vitalista: dada a relativa simplicidade da informação genética, como explicar a espetacular coordenação de uma infinidade de processos bioquímicos, ao longo da constituição das estruturas do organismo, e da sua manutenção? O recurso aos fatores ambientais é aqui de pouca valia, visto que o desenvolvimento do ser vivo se faz de maneira autônoma; a maior parte de suas propriedades morfológicas e fisiológicas é determinada por fatores internos, cabendo apenas ao ambiente acelerar, retardar ou inviabilizar esse processo. Reducionistas como Monod tentaram explicar os fenômenos do desenvolvimento e da manutenção do organismo como devidos à ação reguladora das proteínas, que, por sua vez, são produzidas pelo material genético, tornando assim desnecessário o recurso a um “princípio organizador” suplementar, que seria substituído pelo “programa” genético. Entretanto, em certas áreas, por exemplo, a Embriologia, existem algumas noções, como a de “campo morfogenético”, utilizada corriqueiramente, que estão mais próximas de uma visão holística do organismo.

As áreas de estudo que levam em conta a ação do sistema nervoso, em espécies nas quais esse sistema veio a se desenvolver a ponto de comandar o comportamento, apresentam maior grau de dificuldade, no que se refere à delimitação dos problemas a serem estudados, dos fatores relevantes para sua apreciação, e das teorias e explicações a serem fornecidas. Nós não temos acesso experimental à consciência que um animal tem dos estados de seu próprio sistema nervoso. Quando observamos o cérebro de um animal, temos acesso apenas aos seus componentes físico-químicos, mas ainda não temos meios de apreender o conteúdo informacional ali retido e processado, conteúdo ao qual apenas o próprio animal tem acesso. Consequentemente, tendemos a interpretar a ação do sistema nervoso do animal por intermédio de suas consequências observáveis:

gestos, posturas, alterações bioquímicas detectáveis com nossos meios experimentais atuais, ou então pela eficácia adaptativa do seu comportamento, frente aos estímulos do ambiente, o que nos permite apenas fazer conjecturas, que não são tão confiáveis assim. As lacunas existentes nas observações do comportamento animal não raramente são preenchidas por comparações com nossos próprios estados de consciência, que são os únicos a que temos acesso.

As anotações acima, a respeito das áreas de estudo mais abrangentes da Biologia, embora estejam longe de ser exaustivas, nos mostram que as teorias existentes ainda estão em processo de amadurecimento, o qual, por sua vez, está correlacionado com o imenso progresso do conhecimento biológico em nosso século. Isso significa que a falta de consenso, sobre as questões mais básicas, em boa parte reflete tal processo de desenvolvimento, a necessidade de incorporação de uma grande quantidade de dados novos, e não uma deficiência estrutural, que prejudicasse o estatuto da Biologia como ciência.

Tipos de explicação em Biologia

A maneira padronizada de explicar um fenômeno é apontar as “causas” que o produzem ou condicionam. Isso é apropriado ao objetivo da ciência: a descoberta dos fatores à luz dos quais podemos controlar a ocorrência dos fenômenos. Mas existem outros tipos de explicações, em Biologia, em que mostramos uma *razão* pela qual o fenômeno ocorre, sem apontar diretamente para uma causa que o produza ou condicione. Alguns autores sugerem que as explicações não causais são insuficientes, ou mesmo não científicas, mas o fato é que essas explicações são muito utilizadas para conferir inteligibilidade a fenômenos cujas causas são difusas, muito numerosas ou muito difíceis de localizar no tempo. Certos problemas podem ser, inicialmente, respondidos através de uma hipótese explicativa não causal, para, subsequentemente, a resposta ser reformulada em uma hipótese causal; nesses casos, a explicação não causal desem-

penha um papel heurístico, ou seja, de facilitar a descoberta da formulação causal.

Os tipos de explicação mais corriqueiros em Biologia são:

- a) *Explicações causais*: segundo o filósofo David Hume, existem dois critérios para determinarmos empiricamente a(s) causas(s) de um fenômeno: *regularidade* e *anterioridade*. Uma causa é caracterizada como a influência de X em Y : X é um evento anterior que se manifesta como condição para a ocorrência de outro evento Y , posterior, e como seu efeito. Autores como David Lewis (1986) atribuem a Hume a primeira formulação de causalidade nos termos acima. Quer dizer, em termos da conexão entre objetos (eventos), bem como o que ele (Lewis) considera a primeira formulação explícita de um condicional contrafactual. A passagem de Hume (1748) (em que tudo isso aparece) é a seguinte: “Podemos definir uma causa como um objeto seguido por outro”, de modo que “[...] todos os objetos, similares ao primeiro, são seguidos por objetos similares ao segundo”. Ou, dito de outro modo (a parte que faz referência à contrafactualidade), “[...] se o primeiro objeto não tivesse sido, o segundo nunca teria existido”. A caracterização de Hume (sugere Lewis) permanece válida em nossos dias, e está pressuposta na “análise regularista” da causalidade, que supõe a conexão [regular] entre antecedente e consequente como o que mais caracteriza a causalidade.

Algumas “emendas” são, contudo, feitas: por exemplo, é preciso contrapor (de um lado) as regularidades que verdadeiramente contam como “leis causais” às (de outro) “generalizações acidentais”. Nossos testes experimentais nos permitem verificar se tal regularidade (a conjunção entre os fenômenos) constitui ou não mera coincidência; caso a regularidade não seja acidental, podemos inferir (indutivamente) que o primeiro fenômeno (o anterior) participa

da produção do segundo (o posterior). Como veremos adiante, a causa pode desempenhar diferentes papéis na produção do efeito, motivo pelo qual deixaremos a discussão e a exemplificação das explicações causais para adiante;

- b) *Explicações formais*: são explicações nas quais mostramos *como* um fenômeno ocorre, sem explicitarmos o porquê, ou as condições nas quais ocorre ou deixa de ocorrer. É o tipo de explicação utilizado nas áreas descritivas da Biologia, cujo objetivo é apenas o de obter e sistematizar dados, oferecendo uma imagem mais clara e apurada do fenômeno. A maneira mais proveitosa de se oferecer uma explicação formal é exibindo o conjunto de funções matemática a que o fenômeno “obedece”, ou, nos casos em que a quantificação não for apropriada, algum outro tipo de ilustração que nos permita visualizar a forma do fenômeno. Um outro instrumento, desenvolvido recentemente, que possibilita a elaboração de explicações formais é a determinação da *dimensão fractal* do objeto de estudo, um assunto que, infelizmente, não teremos condições de aqui desenvolver;

- c) *Explicações teleológicas*: trata-se do tipo de explicação, muito utilizada em Biologia, na qual justificamos a ocorrência de um fenômeno como servindo ao cumprimento de um fim ou objetivo. Por exemplo, ao afirmarmos que “o coração bate para fazer o sangue circular”, estamos explicando o batimento cardíaco como servindo a uma finalidade, a de fazer o sangue circular. Esse tipo de explicação é bastante questionável, pois, como podemos notar nesse exemplo, inverte a relação entre causa e efeito; dá a entender que a “causa” do batimento cardíaco é a circulação sanguínea, quando, na verdade, é o batimento cardíaco que causa a circulação.

Além disso, sabemos que é apenas por meio da ação de um sistema nervoso desenvolvido, como o primata, que os seres vivos podem desfrutar de “intenções”, isto é, o direcionamento consciente de suas ações, com vistas a obter um fim. Tornam-se, então, bastante questionáveis afirmações como “o cão abana o rabo para demonstrar sua satisfação com a presença do dono”. O cão não teria a intenção de relacionar uma ação (abandar o rabo) com uma finalidade (mostrar ao dono sua alegria com a presença dele); esse tipo de explicação substitui a explicação causal correspondente, que seria muito complicada, envolvendo a história da espécie, através da qual se fixou tal comportamento. A explicação seria mais ou menos a seguinte: em uma espécie com genótipo 1, fatores diferenciais na replicação do DNA geram descendentes com genótipo 2, que produzem fenótipos com características novas de comportamento (frente a um certo estímulo, respondem com certo padrão fixo; no nosso caso, abanam o rabo na presença de um indivíduo socialmente significativo para o animal); no processo seletivo, tal fenótipo se revela vantajoso adaptativamente; assim, os indivíduos que o possuem se reproduzem em maior proporção que os demais, e por isso o genótipo 2, que gera tal tipo de comportamento, é fixado majoritariamente na espécie. Então, traduzir aquela explicação finalista, relativamente simples, em uma explicação causal, requer um longo desenvolvimento, o qual, em muitas situações, não desejamos levar a cabo, motivo pelo qual usamos, nessas situações, as explicações teleológicas. Embora não explicando efetivamente o fenômeno, as explicações teleológicas nos apontam algumas pistas que podem ensejar uma explicação mais adequada.

Para alguns autores da corrente vitalista, entretanto, a teleologia, ou a orientação para um fim, é uma característica fundamental dos seres vivos, o que distinguiria radicalmente a Biologia das ciências físicas. Todo o processo evolutivo seria direcionado pela “energia vital” à realização de um fim. Só assim seria possível entender uma série de dados da história evolutiva, que parecem convergir de maneira não acidental. Esse tipo de posicionamento filosófico fren-

te à evolução se harmoniza perfeitamente com crenças religiosas, difundidas inclusive entre biólogos.

- d) *Explicações por vicariância*: nesse tipo de explicação, a *ausência* de um determinado fator é apontada como responsável pela ocorrência de um fenômeno. Embora se use muitas vezes a palavra “causa”, neste contexto não se trata de uma verdadeira explicação causal porque alguma coisa que está ausente não pode, a rigor, causar um efeito que está presente. Por exemplo, quando se afirma que “a ausência de ferro no organismo causa anemia”, trata-se de uma explicação por vicariância, e não de uma explicação causal, uma vez que aquilo que verdadeiramente causa a anemia são os demais fatores que atuam na ausência do ferro. Assim como as explicações finalistas, as explicações por vicariância também parecem ser insuficientes, mas podem auxiliar no processo de descoberta de melhores explicações.

Tipos de causação em Biologia

Uma explicação causal é um esquema que aplicamos às coisas. A explicação causal pode ser empreendida de diversas maneiras, escolhendo-se, em cada caso, a que se julga mais apropriada. Os seres vivos constituem objetos de estudo muito complexos; conseqüentemente, a explicação dos fenômenos a eles relacionados, em termos de relações causais, requer, muitas vezes, a elaboração de esquemas de causação também complexos. Vamos, inicialmente, estudar as modalidades de relacionamento *entre uma causa e um efeito*, para, posteriormente, estudar os *processos* causais mais apropriados para explicar os fenômenos biológicos. Há quatro esquemas de causação entre uma única causa e um único efeito, que dão origem a quatro diferentes tipos de testes experimentais da hipótese que os contenha:

- a) *a causa é condição necessária e suficiente para o efeito*: isso significa que, sem a ocorrência da causa, o efeito não pode ocorrer (condição necessária), e que basta a ocorrência da causa para a ocorrência do efeito (condição suficiente). Exemplo: “Uma alteração no cromossomo 21 causa a Síndrome de Down”. Não existe caso de Síndrome de Down sem uma alteração no cromossomo 21, e não existe tal alteração sem os sintomas da Síndrome de Down;
- b) *a causa é condição suficiente e não necessária para o efeito*: basta a causa para que o efeito ocorra, mas o efeito pode ocorrer sem a presença dessa causa (isto é, pode haver outras causas). Exemplo: “O seccionamento do pescoço pela guilhotina causa a morte”, ou, no caso do condicionamento clássico, “O toque da campainha causa a salivação do cão”;
- c) *a causa é condição necessária e não suficiente para o efeito*: o efeito não pode ocorrer sem a causa, mas, para que a causa produza o efeito, são necessárias condições suplementares. Exemplo: “O vírus da hepatite causa a hepatite”;
- d) *a causa é condição não necessária e não suficiente para o efeito*: também chamada “causalidade probabilística”, uma vez que a presença da causa aumenta a probabilidade de ocorrência do efeito, sem, contudo, ser necessária nem suficiente para produzi-lo. Exemplo: “Fumar causa câncer”.

Vejamos agora os tipos de processos causais, ou seja, tipos de esquemas causais nos quais estão envolvidas diversas relações causais (sendo que cada uma delas pode ser dos quatro tipos acima). Há basicamente três tipos de processos causais, e um quarto, que resulta da combinação dos três primeiros, em um mesmo sistema. O tipo de processo causal mais simples é a *causação linear*, na qual dispomos de uma série de fatores encadeados em uma única linha causal, em que o efeito de um é a causa do subsequente, por exemplo:

$$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$$

Figura 2 – Causação linear.

Um segundo tipo de processo, bastante frequente nos estudos em Biologia, é a *causação circular*, na qual a linha causal figura um anel fechado.

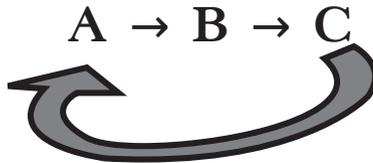


Figura 3 – Causação circular.

Relacionadas à causalidade circular estão as noções de *retroalimentação* (do inglês *feedback*), e de *homeostase*. Ocorre retroalimentação quando o sistema altera sua ação causal sobre o meio, de acordo com as alterações da ação causal do meio sobre ele. A retroalimentação pode ser positiva ou negativa. É positiva quando os resultados de uma certa ação do sistema sobre o meio levam-no a intensificar a ação; e é negativo quando os resultados levam-no a inibi-la. Um mecanismo homeostático é uma combinação de dois mecanismos de retroalimentação negativa, de modo a garantir a estabilidade do sistema (i.e., manter certas variáveis dentro de certo intervalo de valores). Por exemplo, o mecanismo da regulação de temperatura de uma casa, no qual há um termômetro ligado a um condicionador de ar. Quando a temperatura ultrapassa os 30°, o condicionador é acionado para resfriamento. Quando, por outro lado, a temperatura cai abaixo dos 15°, o condicionador é acionado para aquecimento. Dessa maneira, a temperatura ficará sempre no intervalo [15°-30°].

Um terceiro tipo de processo é o de *forks* (bifurcações) causais, que pode ter duas variantes: *fork* de causa comum ou *fork* de efeito comum:



Figura 4 – Forks causais.

No primeiro caso, um único fator é suficiente para produzir dois efeitos distintos; no segundo, ocorre o concurso de dois fatores distintos, para a produção de um único efeito. O esquema de causa comum é muito utilizado para se explicar casos em que dois fenômenos ocorrem sempre juntos, de maneira não acidental, sem que um seja a causa do outro. O esquema de efeito comum é especialmente útil para quando precisamos explicar fenômenos produzidos pela conjunção de diversos fatores, como, na Biologia, a conjunção de fatores genéticos e ambientais, na produção de determinado tipo de comportamento.

Finalmente, temos o esquema, bastante usado atualmente, em simulações das funções biológicas no computador, das *redes causais* (*networks*), que consiste na combinação de processos causais entrelaçados para gerar, na totalidade do sistema, efeitos cujas causas não podem ser localizadas em nenhum de seus componentes em particular. O estabelecimento desse tipo de relação causal só se tornou possível com a utilização do computador, pois a mente humana não é capaz de computar o funcionamento de uma rede com muitas relações causais simultâneas. Abre-se, assim, uma nova possibilidade de estudo dos fenômenos biológicos, que parece ser a que mais se aproxima da sua complexidade.

Antes de encerramos este capítulo, discutiremos, na próxima seção, a relação entre consciência e atividade cerebral. Discutiremos, em especial, a hipótese de a atividade cerebral que dá suporte à consciência não ser apenas função de redes (causais) neuronais. Apresentamos uma nova perspectiva nas ciências do cérebro, a hi-

pótese astrocêntrica, proposta por James Robertson, que considera o astrócito o estágio final do processamento da informação que atinge a consciência. Mais explicitamente, a rede astrocitária, formada pela conexão entre astrócitos provenientes de diversas regiões cerebrais, seria responsável pela integração de aspectos afetivos, emocionais, perceptivos e cognitivos em uma totalidade una e coerente, correspondendo ao “aqui e agora” de nossa experiência fenomenológica individual.

O cérebro e a consciência humana: uma perspectiva astrocêntrica

Em 1906, Santiago Ramón y Cajal recebia o Prêmio Nobel por suas pesquisas a respeito da estrutura microscópica do cérebro. Uma de suas principais conjecturas era a “Doutrina do Neurônio”, postulando que o neurônio seria a unidade funcional do sistema nervoso. Na visão clássica da atividade cerebral, as redes neuronais – formadas por neurônios conectados por meio de sinapses – seriam as responsáveis pelas diversas funções desempenhadas pelo cérebro: os processos cognitivos, afetivos, emocionais e motores.

Cajal sabia que o cérebro contém outras células, mais numerosas do que os neurônios, as chamadas células gliais. Entretanto, a função dessas células era amplamente desconhecida. Eram consideradas mero suporte estrutural e metabólico para a atividade neuronal – daí o nome “glia”. Decorridos mais de cem anos da consagração de seu trabalho, começa-se a avaliar que a área interdisciplinar que veio a receber – há cerca de 50 anos, ainda sob influência de Cajal – o nome “neurociência” conseguiu entender apenas uma parte da atividade cerebral.

Novas tecnologias e modelos explicativos têm gerado conhecimentos novos a respeito das células gliais, mostrando que elas desempenham papel tão ativo quanto os neurônios, nas diversas funções realizadas pelo cérebro. Para aumentar a surpresa dos neurocientistas, trabalhos recentes têm dado suporte à hipótese “astro-

cêntrica” levantada por James Robertson (2002), postulando que os astrócitos, o tipo mais frequente das células gliais, teriam papel central para o processamento consciente e a formação da memória.

Estudos também clássicos a respeito da formação da memória e da mediação cerebral dos processos conscientes, que se iniciam por volta da década de 1940, com McCullough e Pitts, passando pela famosa “Lei de Hebb”, proposta por Donald Hebb em 1949, e por estudos experimentais de Potenciação de Longa Duração (LTP), a partir da década de 1960, enfocaram exclusivamente as conexões entre neurônios. Em uma modelagem simplificada, uma sinapse circunscreve o terminal axional do neurônio chamado pré-sináptico, e uma seção do dendrito do neurônio pós-sináptico. Entre ambos há uma fenda, na qual se propagam determinadas macromoléculas, liberadas pelo neurônio pré-sináptico, os transmissores e moduladores neuronais, que se ligam a receptores localizados na membrana do neurônio pós-sináptico, possibilitando assim que um sinal bioelétrico que atinja o terminal axional do neurônio pré-sináptico seja transmitido ao neurônio pós-sináptico.

Uma das descobertas que está revolucionando o nosso entendimento do cérebro é que muitas sinapses cerebrais, especialmente as que envolvem o neurotransmissor mais utilizado para os processos cognitivos, afetivos e emocionais, o glutamato, não se reduzem a uma conversa entre dois neurônios, mas constituem um “triângulo” no qual participa também o astrócito. O nome “sinapse tripartite” foi cunhado justamente para dar conta dessa nova descoberta. Tal descoberta não tem apenas implicações estruturais, mas também funcionais, impactando justamente o nosso conhecimento dos mecanismos envolvidos nas chamadas “funções cognitivas superiores” humanas, como a memória e a consciência.

No processo de formação de memória, tem-se observado que a participação do astrócito na sinapse tripartite influencia a resposta que os neurônios darão a um estímulo excitatório. Tais respostas são basicamente duas: (a) o estímulo vai desencadear um processo de LTP, que envolve uma determinada transdução de sinais intracelulares, regulação gênica e aumento da produção de receptores siná-

ticos, dando suporte à formação de memórias; ou (b) o estímulo vai desencadear um processo de LTD (Depressão de Longa Duração), que bloqueia a formação da memória do estímulo, e reduz a sensibilidade dos neurônios perante a nova estimulação do mesmo tipo.

Modelos disponíveis da sinapse tripartite glutamatérgica suportam a alternativa de que o astrócito seria o componente que definiria se um determinado estímulo vai ser lembrado ou esquecido. O sinal excitatório recebido pelo neurônio pré-sináptico é automaticamente repassado para o neurônio pós-sináptico, que o transmite para outros neurônios. Entretanto, o glutamato liberado pelo primeiro neurônio atinge não só o segundo, como também o astrócito, gerando uma resposta nele.

Diferentemente do neurônio, o astrócito não produz potenciais elétricos, mas processa a informação recebida e atua sobre o neurônio pós-sináptico por meio de uma modalidade de processamento de informação que utiliza como veículo as ondas de cálcio (i.e., fluxo de íons de cálcio dentro do astrócito). Essas ondas atravessam o astrócito, que tem a forma de uma estrela, e atingem outras extremidades, onde eliciam a liberação de glutamato astrocitário, o qual se liga a receptores extrassinápticos de ambos os neurônios. Através desse sinal, o astrócito pode determinar se os mesmos entrarão em um processo de potenciação ou de depressão.

De que modo a inusitada participação dos astrócitos impacta o estudo dos mecanismos cerebrais que dão suporte à consciência, e também de transtornos e doenças que afetam a consciência, como a epilepsia de ausência, esquizofrenia e depressão? Os principais fatores cerebrais experimentalmente correlacionados com o processamento consciente são a resposta hemodinâmica medida pela Ressonância Magnética Funcional (fMRI), e a sincronia oscilatória global, registrada em diversas modalidades de eletroencefalograma (EEG).

No âmbito da Neurociência Cognitiva, diversos experimentos têm sido realizados, nos quais se solicita que um sujeito humano realize uma tarefa perceptiva e/ou cognitiva, ao mesmo tempo em que se faz o escaneamento de sua atividade cerebral por intermédio do fMRI. Em estudos sobre consciência, é fundamental ainda que

o sujeito reporte de modo verbal ou não verbal (por exemplo, apertando um botão) quais são seus estados e processos mentais durante a execução da tarefa.

Com base nesses dados, os pesquisadores “subtraem” a atividade cerebral medida na ausência da tarefa (e também, se for o caso, a atividade cerebral ligada aos movimentos necessários para se efetuar o relato) do resultado obtido durante a tarefa, conseguindo assim um resultado que corresponderia à atividade cerebral que dá suporte aos estados de consciência obtidos durante o experimento.

Em vários experimentos, esse resultado se mostrou muito bem correlacionado com o tipo de conteúdo consciente reportado pelos sujeitos. Por exemplo, sempre que os sujeitos veem rostos de pessoas, uma determinada região do córtex apresenta atividade diferenciada. Tal correlação tem levado um grupo influente de pesquisadores a propor que, com base exclusivamente na fMRI (sem os relatos dos sujeitos), pode-se fazer a “leitura da mente”, ou seja, prever com alto grau de acerto o tipo de conteúdo em que as pessoas estão pensando ou que estão sentindo (Haynes; Rees, 2006). Observe-se aqui que se pode identificar apenas o tipo de conteúdo consciente, por exemplo, se o indivíduo está reconhecendo uma face humana; porém, com tais recursos não há como se determinar objetivamente qual face está sendo reconhecida. Tal limitação decorre da própria natureza do processo de significação, uma vez que um determinado significante (estímulo) pode desencadear diversas respostas cerebrais (correspondendo a diferentes significados), sendo também possível que diversos significantes induzam um mesmo padrão de ativação (correspondendo a um mesmo significado a eles atribuído por um sujeito).

Tal possibilidade de “leitura parcial” da mente, já comprovada experimentalmente, tem grande importância para a filosofia da mente, pois derrubaria a crença de que os estados conscientes ocorreriam apenas na perspectiva de primeira pessoa, como proposto pelo dualismo de propriedades, de Chalmers (1996). Teríamos então, ao contrário do que as posições dualistas postulam, a possibili-

dade de acesso ao conteúdo dos estados conscientes da perspectiva da terceira pessoa (observador científico).

Recentemente, tem ficado evidente que a resposta hemodinâmica depende diretamente dos astrócitos e não dos neurônios, pois são os astrócitos que exercem o controle vascular (Haydon; Carmignoto, 2006). Em termos estruturais, esse resultado era previsível, uma vez que os neurônios não têm contato direto com o sangue, recebendo glicose e outros elementos por intermédio de astrócitos. A novidade está em se determinar, funcionalmente, que a resposta hemodinâmica é prejudicada quando se perturba a atividade dos astrócitos. Nesse mesmo trabalho, se verificou ainda que os astrócitos são mais sensíveis a certos aspectos da informação visual do que os próprios neurônios (Schummers et al., 2008).

No que diz respeito ao fenômeno da sincronia oscilatória, observa-se inicialmente que tal sincronia ocorre em várias frequências (delta, teta, alfa, beta, gama), e pode ainda ser local ou global. É a sincronia global que se correlaciona melhor com a consciência. Os astrócitos estão envolvidos tanto no processo de geração da sincronia local (que pode conduzir à sincronia global) como no processo pelo qual a sincronização já existente gera consequências para a atividade cerebral (Fellin et al., 2004) e possivelmente para o comportamento.

Como cada astrócito está conectado a até 140 mil sinapses, a partir do momento em que sua atividade fisiológica (formação de ondas de cálcio) ultrapassa certo limiar, essa célula pode ativar simultaneamente grande número de sinapses, favorecendo a sincronização dos neurônios envolvidos. De modo reverso, uma vez estabelecida a sincronia de grande população de neurônios, estes podem ativar concomitantemente os astrócitos aos quais estão conectados, fazendo que ultrapassem o limiar para a geração de ondas de cálcio (Pereira; Furlan, 2009). Esse círculo excitatório, envolvendo neurônios sincronizados e astrócitos, muito provavelmente está no centro do processamento cerebral da consciência. Novos resultados experimentais, confirmando ou refutando estas conjecturas, são aguardados.

Como o estudo da consciência é uma área interdisciplinar de grande complexidade, que ainda não atingiu um grau de maturação suficiente para forjar referenciais teóricos amplamente reconhecidos pela comunidade científica, a formulação da hipótese astrocêntrica exhibe o objetivo principal de inspirar a formulação de novos modelos e estudos empíricos, possibilitando o debate e a comparação com os modelos neurocênicos predominantes na atualidade. Desse modo, espera-se que, da diversidade de alternativas, possa se engendrar o progresso do conhecimento nesta área que é de grande interesse para a autocompreensão humana, possibilitando, em futuro breve, a implantação da Ciência da Consciência como disciplina e/ou curso reconhecido nos meios acadêmicos.

5

TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

O conceito de “sistema”

A teoria geral dos sistemas constitui uma área de estudos interdisciplinar (e transdisciplinar, no sentido em que as disciplinas não são meramente justapostas, mas ocorre uma síntese do conhecimento), na qual se supõe que existam princípios gerais para o entendimento da constituição e da operação de diversos tipos de sistemas, nas diversas áreas do conhecimento. Em outras palavras, a teoria geral dos sistemas procura descrever, analisar, abstrair e idealizar os contextos físico, biológico, mental, formal e social, tendo o conceito de sistema como seu pressuposto epistemológico e ontológico fundamental. Assim, o acesso à organização dos existentes é guiado pelo conceito de sistema (o pressuposto epistemológico). Além disso, os princípios e subconceitos extraídos (ou derivados) do conceito (geral) de sistema podem orientar e promover o conhecimento de sistemas particulares (de diversos tipos de sistemas), pertencentes a múltiplos âmbitos da realidade. Já uma afirmação mais forte (ligada ao pressuposto ontológico) é que a realidade pode ser concebida como uma escala (em sobreposição) de sistemas.

A teoria geral dos sistemas foi originalmente formulada na década de 1950, por um pensador de formação biológica, Ludwig

Bertalanffy, e tem sido usada na Engenharia e na Administração de Empresas, na Física e na Matemática (sistemas dinâmicos), nos estudos interdisciplinares da Cibernética (teoria geral da regulação de mecanismos) e na Teoria da Informação. Pretendemos, neste capítulo, fornecer subsídios para a aplicação da teoria geral dos sistemas na área biológica, na qual tem sido relativamente pouco usada, com exceção da Genética Molecular (vide os trabalhos de Jacques Monod, François Jacob e Jean-Pierre Changenx, sobre o óperon e as regulações alostéricas) e da Ecologia (vide, por exemplo, o trabalho de Eugene Odum). A teoria geral dos sistemas será também, no oitavo e no nono capítulos deste livro, usada para conferir suporte e fundamentação à abordagem sistêmica ou biopsicossocial da saúde e do ser humano.

Antes de definir “sistema”, consideraremos alguns exemplos. Na Física clássica, encontramos estudos de sistemas simples (de poucos componentes e com poucas interações entre si), como os pêndulos. O comportamento dos pêndulos é simples, uma vez que, supondo-se sua energia total constante e ausência de atrito, seu movimento periódico pode ser descrito como um intercâmbio de energia potencial e energia cinética tal que a soma de ambas seja constante. Outro exemplo de sistema, frequentemente citado nos séculos XVII e XVIII, é o relógio mecânico, que já apresenta um maior número de componentes e de interações, de modo que o comportamento global (marcação do tempo) apresenta um significado novo, em relação aos componentes analisados separadamente. Contudo, seu comportamento não é complexo, pois os componentes estão conectados entre si de modo muito justo, ou seja, os componentes não dispõem de “liberdade” de movimento uns em relação aos outros, exceto naqueles movimentos que caracterizam o funcionamento regular do próprio relógio.

No século XIX, grande atenção foi dada a sistemas formados por um gás dentro de um recipiente, os quais, além da complexidade de sua constituição, também apresentavam complexidade comportamental, uma vez que as moléculas do gás têm “graus de liberdade”, umas em relação às outras. Uma maneira de evitar que essa com-

plexidade impedisse uma descrição exata, ou mesmo probabilística, do comportamento desses sistemas foi a adição de suposições simplificadoras nos cálculos, como as suposições de que todas as colisões (entre as moléculas e destas com as paredes do recipiente) são perfeitamente elásticas, que as moléculas possuem forma esférica, e que estão distribuídas uniformemente ao longo do recipiente. Tais suposições deram origem à analogia entre o choque das moléculas e um jogo de bilhar.

Da Biologia veio o exemplo do sistema celular, a unidade básica da vida, constituído por componentes não vivos (núcleo, citoplasma, membrana etc.) os quais, em sua interação, geram como resultado o fenómeno da vida. A constituição e o funcionamento da célula foram progressivamente conhecidos, ao longo do desenvolvimento da Biologia no século XX. Já no início do século, duas de suas características eram de maior interesse para o estudo dos sistemas, pois não eram encontradas nos sistemas físicos até então: em primeiro lugar, o fato de a célula, como sistema aberto, ser capaz de regular seus níveis de atividade e o intercâmbio de materiais com seu exterior; e sua capacidade de duplicação, de produção de outro sistema semelhante. Com o advento da teoria da evolução darwiniana, os biólogos começaram a se interessar por sistemas de alto grau de complexidade, os *ecossistemas*, constituídos por diversas populações de seres vivos (cada qual, por si só, já constituindo um sistema de sistemas celulares) em interação recíproca, e com o meio físico. Ecossistemas abrangem grande número de componentes, e admitem vários tipos de relações entre esses componentes; porém, no lugar de apresentarem um comportamento totalmente caótico, surpreendentemente seguem padrões de evolução bem definidos, que constituem o processo de *sucessão ecológica*.

No estudo de sistemas formados por indivíduos humanos, como as organizações empresariais, revelou-se uma nova dimensão: o comportamento dirigido para objetivos. Os sistemas constituídos pelo homem, mesmo quando incorporam componentes físicos e biológicos, frequentemente só podem ser entendidos em relação ao fim para o qual foram criados ou organizados. A utilização dessa

noção de finalidade (ou “teleologia”) para sistemas não humanos é discutível, embora já fosse feita desde Aristóteles. Para caracterizar a atividade dirigida dos demais seres vivos, foi proposto o termo “teleonomia”. Discutiremos a respeito de sistemas teleológicos e teleonômicos logo adiante.

Após levarmos em conta a diversidade de sistemas, a partir dos exemplos citados, poderemos agora tentar encontrar uma definição geral de “sistema”.

O método da “caixa preta”

Chamamos de “caixas pretas” a todos os objetos dos quais conhecemos suas interações com o ambiente que os cerca, mas não conhecemos o que ocorre em seu interior (i.e., não conhecemos seus “mecanismos” internos). O sistema *isolado*, que não troca matéria, energia ou informação com o exterior, não pode ser estudado ou concebido como “caixa preta”. Nos casos de sistemas *fechados*, que não trocam matéria, mas trocam energia e informação, ou no caso dos sistemas *abertos*, que trocam também matéria, se conhecermos o que trocam com o exterior, poderemos defini-los como *processadores* que realizam uma determinada função. Suponhamos agora que, no interior desse sistema, existam outros sistemas, que chamaremos de “subsistemas”, os quais também são inicialmente concebidos como caixas pretas. Então, conhecendo os subsistemas, e as relações que mantêm entre si e com o exterior do sistema maior (ou mais geral) no qual estão incluídos, podemos vir a entender como funciona esse sistema maior (ou mais geral). Além disso, podemos também conhecer os elementos constituintes de cada subsistema, e as relações desses elementos entre si, o que possibilita entender os “mecanismos” dos subsistemas, aprofundando ainda mais o conhecimento do sistema maior (ou mais geral). Ao final desse processo, nossas “caixas pretas” serão os elementos dos subsistemas, mas os próprios subsistemas que, no início constituíam as “caixas pretas”, ao longo do estudo se tor-

naram “caixas translúcidas” (expressão criada por Mario Bunge). Por essa razão, “caixa preta” expressa uma noção metodológica que desempenha o papel de indicador de um objeto de estudo, do qual conhecemos os contornos espaçotemporais e suas interações com o ambiente externo. À medida que nosso estudo progride, as “caixas pretas” serão os componentes de escala cada vez menor do sistema, cujos mecanismos pouco a pouco vão sendo elucidados. Mas poderemos nunca chegar aos elementos últimos do sistema (o que é bem ilustrado pelo estudo do “átomo”, no qual são encontradas subpartículas cada vez menores), de modo que, no limite inferior (em termos de escala de grandeza) do sistema estudado, sempre depararemos com “caixas pretas”.

Apresentaremos agora uma definição de “sistema”, no contexto de uma Teoria Geral dos Sistemas (TGS). Um *sistema* é uma totalidade espaçotemporal que, com exceção dos sistemas isolados, apresenta “entradas” e “saídas” de matéria, energia e/ou informação, sendo que as funções que realiza são desempenhadas pelas interações entre seus subsistemas e elementos básicos, cuja constituição nos é desconhecida, ou desinteressante do ponto de vista do entendimento do sistema maior (ou mais geral). Uma *visão sistêmica* é um enfoque científico que se preocupa com a totalidade formada pelas interações entre subsistemas e seus respectivos elementos, recusando um entendimento desses componentes dissociado da dinâmica da totalidade do sistema. Acredita-se que o tipo de interação entre os componentes seja responsável pelas funções características do sistema maior (mais geral). Em certo sentido, a Teoria Geral dos Sistemas adota um enfoque formal, ou procura olhar para a forma como organização e/ou sistema. Esse olhar para a forma é conduzido pela identificação das propriedades, dos princípios de organização e das leis aplicáveis a sistemas gerais, isto é, desconsiderando (em um primeiro momento) a especificidade e a natureza dos diversos sistemas particulares. O objeto de investigação da Teoria Geral dos Sistemas é – parece correto afirmar – a forma (e/ou organização). Ao focar a forma (e/ou organização), a Teoria Geral dos Sistemas assume uma perspectiva intrinsecamente interdisciplinar,

uma vez que seus métodos de análise são aplicáveis ao estudo dos diversos sistemas particulares.

Com base nas noções expostas acima, podemos distinguir três tipos de visões sistêmicas. A visão *holística* é aquela que sustenta que há funções desempenhadas pelo sistema como um todo que não podem ser explicadas exclusivamente a partir das propriedades dos seus componentes, ou mesmo por intermédio das interações entre os componentes. A visão *reducionista* é aquela que sustenta que as propriedades da totalidade dos sistemas podem ser explicadas exclusivamente pelas propriedades de seus componentes. A visão *interacionista* sustenta que as funções desempenhadas pelo sistema são produzidas (e explicadas) pelas interações entre seus componentes. De nossa perspectiva, a visão interacionista absorve e supera as limitações do holismo e do reducionismo.

O observador e o processo de modelagem

Entendemos por “observador” qualquer agente cognitivo (homem, robô...) que seja capaz de delimitar um sistema e estudá-lo. Para fazê-lo, o observador terá que progressivamente definir:

- a) as fronteiras espaciais e temporais do sistema (o que, em Física, se chama “condições de contorno”);
- b) as entradas e as saídas do sistema (o que também se inclui nas “condições de contorno”);
- c) quais são os subsistemas, os elementos dos subsistemas e as relações entre subsistemas e entre os elementos.

Diferentemente da Física e da Matemática, na TGS não podemos estabelecer o estado inicial do sistema, uma vez que tal estado se apresenta como uma “caixa preta” para o observador. Esse aspecto faz a TGS ter um campo de aplicação prática maior que a dos sistemas dinâmicos. Embora o observador se baseie em dados obtidos por meio do exame dos sistemas, como é ele próprio quem define

aquilo que entende como o sistema, é possível que dois observadores diferentes definam sistemas diferentes, a partir do exame de uma situação única. Para evitar que isso gere conflito entre ambos, dizemos que seus estudos constituem *modelos* possíveis daquela situação, mas não supomos que um deles seja necessariamente verdadeiro e o outro, falso, uma vez que é admissível que uma mesma realidade seja modelada de diferentes maneiras. Por exemplo, ao definir o que entendem como sendo o sistema estudado, os dois (ou mais) observadores podem utilizar diferentes escalas de grandeza espaçotemporal, uma delas definindo o sistema no plano macroscópico, outro, no plano químico-molecular, e um terceiro, no plano atômico. Diferentes opções de escalas de grandeza geram estudos bastante diferenciados, embora se referindo (e à luz de distintas perspectivas) a uma mesma realidade complexa. Mas se dois ou mais modelos estiverem adequados a uma mesma realidade, deverão possuir um núcleo em comum. Um exemplo disso seria o seguinte: um engenheiro eletrônico define como seu sistema de estudo um computador, incluindo seu *software*, mas sem levar em conta sua ligação com uma rede do tipo *Internet*; outro engenheiro eletrônico estuda o mesmo computador, porém conectado a uma rede. A admissão dessa conexão de entrada e saída de informação pode fazer que o funcionamento dos dois sistemas, aparentemente idênticos, venha a ser, da perspectiva do usuário, bastante diferente. Incluir ou não essa conexão na definição do sistema é de livre escolha do observador. Mas, apesar da diferença, os dois sistemas têm uma parte em comum, que é o próprio computador.

Ampliando um pouco essa discussão acerca do papel do observador, parece correto, à luz do exposto, afirmar que o que conta como *elemento*, *sistema* e/ou *subsistema*, ou a forma como olhamos para a organização de um sistema, depende da *perspectiva* (e/ou propósito) do observador. Assim, por exemplo, como destaca Gershenson (2007), em algumas circunstâncias (dependendo do propósito) pode ser desejável se referir às células como elementos (se estamos observando uma colônia de bactérias, por exemplo); em outras circunstâncias, pode ser desejável se referir às células como

sistemas (se estamos analisando a regulação gênica, por exemplo); ainda em outras circunstâncias, seria desejável conceber as células como sistemas em interação e coordenação com outros sistemas (na morfogênese, por exemplo). Mas aqui uma questão filosófica pode ser discutida. Notemos que, como destaca Gershenson (2007), a maneira como classificamos (e/ou descrevemos) um componente de um sistema mais geral pode variar em conformidade com uma perspectiva e/ou propósito. Contudo, à luz de uma filosofia realista, a organização (ou a suposição de que o componente, seja qual for a perspectiva ou o propósito de caracterização, dispõe de uma estrutura interna) não varia (mas antes acompanha) as suas diferentes classificações (ou descrições). Pode ser que, dependendo da perspectiva assumida, a organização interna do componente não seja o mais importante em conformidade com certa descrição/classificação. Mas isso não quer dizer que a organização interna do componente desaparece ao se assumir tal *perspectiva*. A organização interna do componente é, ao contrário, a condição de possibilidade das múltiplas perspectivas possíveis.

Mais especificamente, um sistema pode ser descrito e analisado (epistemologicamente) à luz do total coletivo das relações entre os seus componentes e subsistemas. Essa descrição não pode deixar de conter certa dose de “subjetividade”, característica da perspectiva humana (e não poderia ser diferente). O “observador” desempenha (como mencionamos) um papel relevante na descrição e na análise das propriedades e relações de um sistema. Contudo, reconhecer a inevitabilidade do *perspectivismo* não implica adesão compulsória ao *relativismo*. O sistema pode ser (i) descrito, (ii) abstraído e (iii) analisado sob múltiplos aspectos e múltiplos pontos de vista (*perspectivismo*), mas nem tudo pode ser “afirmado” sobre a organização do sistema, e se nem tudo pode ser afirmado sobre a organização do sistema, então o sistema possuiria, à luz de uma concepção filosófica realista, uma realidade que independeria de nossas próprias concepções (ou preferências) sobre o seu (do sistema) arranjo de organização. Essa realidade se faz responsável pela correção das

hipóteses acerca da organização do sistema que empreendemos e, se há arranjos de organização independentes do nosso próprio pensamento, então o relativismo (entendido como não “há uma organização presente na realidade que seja independente de uma estruturação conceitual por nós adotada”) não é possível (ainda que, em razão da complexidade do sistema, o perspectivismo sim).

Podemos colocar isso de outro modo. Embora seja o caso que nossas descrições e teorizações acerca de um sistema sejam sempre relativas a uma perspectiva, com base na qual examinamos e procuramos prever o comportamento futuro de tal sistema, é igualmente o caso que nossas descrições e teorizações se mostram equivocadas, e que assim somos forçados a fazer correções nessas descrições e teorizações. Todavia, o fato de que podemos cometer erros (e, assim, fazer correções) parece constituir evidência de que há uma estrutura real do sistema que independe de uma (mera) perspectiva, e se há uma estrutura real, independente, do sistema, então o relativismo sistêmico é inaceitável, ainda que o perspectivismo seja aceitável (já que sempre descrevemos e predizemos o comportamento do sistema à luz de certa perspectiva). De um modo geral, uma orientação realista acerca dos sistemas (sistemas existindo independentemente de nossas mentes individuais e coletivas) considera que um sistema constitui uma “*entidade real*” caracterizada por um arranjo relacional de componentes e subsistemas organizados. Assim, o diálogo (como o papel da experiência) entre “aquilo que julgamos constituir um sistema” (um modelo) e “aquilo que o sistema sugere corresponder aos seus componentes e relações” pode conduzir a caracterizações cada vez mais próximas da própria organização do sistema.

Estrutura, função, organização e programa

Essas quatro noções são essenciais ao desenvolvimento do estudo de um sistema. De certo modo, nós já as mencionamos, direta ou indiretamente, ao falar sobre sistemas, mas aqui pretendemos realizar uma distinção mais rigorosa, que impeça que sejam mal

usadas, ou confundidas entre si, o que infelizmente não é pouco frequente:

- a) *Estrutura* do sistema: a estrutura é constituída pelos elementos e pelas relações estáveis ou regulares do sistema, elementos e relações que não se alteram ao longo da operação do sistema. Nem sempre a estrutura de um sistema é conhecida no início do processo de observação; o mais seguro é identificá-la ao final do processo (como já indicou Aristóteles, quando se referiu às “propriedades essenciais” de um ser), a não ser que a estrutura já tenha sido bem identificada em estudos de outros sistemas do mesmo tipo, como, por exemplo, os cromossomos nos sistemas celulares;
- b) *Função* do sistema: cada função particular do sistema constitui uma atividade específica e regular por ele (pelo sistema) realizada, e a função total é uma composição das múltiplas funções particulares, que pode ser identificada pelas entradas e pelas saídas do sistema. Cada atividade compreende ao menos uma alteração de estado dos componentes e/ou do meio externo, sendo que essa alteração pode ser representada por meio de funções matemáticas: o estado, anterior às alterações, consta como um elemento do domínio da função, e o estado alterado (posterior) consta como um elemento da imagem da função. Como as funções expressam alterações regulares, a cada elemento do domínio é associado um, e apenas um, elemento do contradomínio. Tal regularidade é garantida por mecanismos de regulação material, energética e/ou informacional;
- c) *Organização* do sistema: a organização de um sistema é constituída pela totalidade das relações que os componentes do sistema mantêm entre si, em determinado momento, definindo um padrão de conexão específico. Ao longo da evolução do sistema, um padrão de conexão pode dominar ininterruptamente, ou então vários padrões de conexão podem se suceder; ou seja, a organização não é

fixa (como a estrutura), mas varia de acordo com os estados obtidos pelos subsistemas e os respectivos elementos. As relações estruturais podem ser ativadas ou inativadas, com diferentes intensidades, de modo que contribuem mais para o funcionamento do sistema aquelas relações estruturais que são ativadas com maior frequência e/ou intensidade. Além dessas, a organização de um sistema também engloba as relações não estruturais, que se estabelecem durante certo intervalo de tempo e desaparecem posteriormente. Desse modo, as interações efetivas entre os componentes, que constituem suas funções, dependem não apenas dos componentes estruturais, mas de toda a organização que se estabeleceu previamente no sistema. Chamamos de “evolução sistêmica” à trajetória de mudanças organizacionais de um sistema.

Podemos descrever a “evolução sistêmica” pela perspectiva da sequência de estados estáveis e instáveis surgidos durante o processo de adaptação do sistema ao ambiente. A instabilidade tende ou (i) a desaparecer (ser substituída por um estado estável), ou (ii) a se instaurar ostensivamente, produzindo, no limite, o colapso do sistema (ou o colapso sistêmico). As mudanças de organização constituem (e/ou são consequências de) processos do sistema. Como mudanças, estão subordinadas (de um modo geral) à busca, pelo sistema, (i) da sua melhor expressão, (ii) da sua manutenção (ou sobrevivência), (iii) da sua reprodução, (iv) da sua evolução (como aumento de complexidade) e (v) de uma criação (o caso mais geral) (Bresciani; D’Ottaviano, 2000, p.299).

As mudanças (transformações) de organização podem se manifestar (em alguns casos) de forma predeterminada (sem nenhuma novidade no processo). Outras mudanças podem se manifestar (em maior ou menor grau) de forma imprevista ou não determinada. O último caso (mudanças imprevistas) constitui um resultado emergente (ou global) das atividades e das funções autônomas (com

graus de liberdade) desempenhadas pelos elementos (em interação) do sistema; e isso é expressão (como veremos) de uma auto-organização do sistema. Além disso, as mudanças (transformações) de organização podem se manifestar “[...] de modo contínuo ou descontínuo, e também de modo incremental [quando, por exemplo, novas relações (entre elementos) se estabelecem e se incorporam à organização do sistema mais geral ou de subsistemas] ou de modo radical” (ibidem, p.299); em um caso limite, a mudança radical pode constituir uma ruptura total com a organização considerada (ibidem, p.299).

A adaptação (como uma classe particular de mudança – predefinida, se derivada dos mecanismos de regulação, em maior ou menor grau espontânea, quando decorrente de um processo de auto-organização) se caracteriza pela passagem de um estado instável (caracterizado pela presença de uma perturbação) a um estado estável (superação da perturbação), garantindo a continuidade do sistema em seu ambiente. Mais especificamente, a auto-organização constitui um fenômeno de transformação e/ou criação de uma organização. Tal transformação e/ou criação flui interativamente (e através de processos recorrentes) das atividades predeterminadas e das atividades autônomas e espontâneas ligadas à presença de graus de autonomia (e plasticidade) de parte dos elementos internos e, em alguns casos, parte dos elementos de fronteira de um sistema (Bresciani; D’Ottaviano, 2000, p.301). Além disso, em alguns casos:

[...] pode-se admitir que a organização que emerge no sistema, decorrente do fenômeno de auto-organização, não tem as características que permitam a sua qualificação como uma criação organizacional. Portanto, nesses casos, a organização emergente pode ser qualificada apenas como reprodução ou duplicação de uma organização já existente ou que já tenha existido anteriormente. [...] processos de reprodução sem novidade têm recebido a denominação de autopoiese [a autocriação/manutenção dos sistemas vivos]. (ibidem, p.301)

Assim, a “evolução sistêmica” pode ser concebida como uma alternância (que preserva a identidade) dos estados de organização assumidos pelo sistema durante sua trajetória de adaptação ao ambiente (o que envolve temporalidade). No que diz respeito aos sistemas que exibem a característica da auto-organização, o teórico Michel Debrun (grande estudioso dos conceitos de sistema e auto-organização) afirma que a “*configuração temporal ideal*” para a auto-organização de um sistema – como complexificação do seu (do sistema) estado de organização – efetivamente ocorrer (ainda que não existam garantias para tanto), surge “[...] quando o passado, mantido a certa distância do presente e não o sufocando, serve-lhe de alicerce”, ajudando o sistema “[...] a se lançar rumo ao futuro” (Debrun, 2009, p.141). Quer isso dizer que se, de um lado, o “[...] peso do passado [dos estados de organização assumidos pelo sistema no passado] for esmagador, a eventualidade de uma auto-organização (como alteração significativa da complexidade organizacional do sistema) será menor” (ibidem, p.141). Se, por outro lado, a abertura ao futuro (pensemos em sistemas/agentes humanos) for “[...] extrema – sob a forma de projetos de reauto-organização que pretendam fazer *tabula rasa* do passado – esses projetos, na falta de âncora, tenderão a fracassar” (ibidem, p.141). Seja como for, a evolução do sistema se manifesta, essencialmente, ou (i) através da reprodução (sem novidade) de estados de organização [caso em que o estado passado do sistema fortemente determina o seu estado presente e o seu estado futuro], ou, alternativamente, (ii) através da criação de um estado de organização inaudito, não completamente determinado pelos estados de organização passados. Além disso, em alguns casos, a reprodução de uma organização (sem novidade) e a criação de modalidades de organização originais podem coexistir na evolução de um sistema. A “evolução sistêmica” constitui um processo temporal (baseado em uma memória sistêmica) de explicitação de estados de organização gestados no interior de um conjunto consistente de mecanismos de regulação do sistema ao ambiente (interno e/ou externo) (voltaremos a este ponto adiante; p.131 e p.137).

- d) *Programa* do sistema: trata-se de um componente informacional estrutural, existente em certos tipos de sistemas, como os seres vivos e os computadores. Sua peculiaridade de especificar relações que irão se estabelecer no sistema ao longo do tempo, por meio de regulações desencadeadas a partir do componente informacional estrutural. O programa é a parte da estrutura que, além de se manter invariante, exerce uma ação organizadora sobre outras partes do sistema, através de uma ação progressiva (isto é, em diversas etapas) ao longo do tempo. Assim, por exemplo, uma determinada parte do genoma humano determina ao longo do processo morfogênético (embriogênese) a organização celular típica dos órgãos digestivos (fígado, pâncreas etc.), que lhes possibilita desempenhar suas funções características.

Estreitamente relacionada à noção de programa está a noção de *teleonomia*. Os sistemas naturais e artificiais podem ser classificados em dois tipos: aqueles que possuem uma direção de suas atividades, e aqueles que não possuem este tipo de direcionamento. Os primeiros se subdividem em teleológicos e teleonômicos, enquanto os segundos constituem os sistemas estritamente causais. Os sistemas estritamente causais podem ser explicados por meio das relações de causa e efeito, incluindo aqui também as regulações informacionais. Para o entendimento dos sistemas teleológicos e teleonômicos, por outro lado, é preciso fazer referência aos *objetivos* que, de modo planejado ou espontâneo, perseguem. Uma explicação de suas atividades em termos puramente causais seria insuficiente para se entender o seu comportamento. Os sistemas teleológicos são aqueles planejados, construídos e/ou gerenciados com *a intenção de obtenção de um fim*. Um exemplo é a empresa, que está voltada para a obtenção de resultados, como a geração de um produto, a satisfação do consumidor e o lucro dos seus proprietários. Os sistemas teleonômicos são aqueles sistemas que possuem um programa que os conduz, *de modo não intencional*, à realização de um fim. Um

exemplo é o das plantas, que executam uma série de atividades que tornam possível sua sobrevivência e reprodução. Essas atividades não são intencionais; não é correto dar explicações teleológicas para o comportamento dos seres vivos, exceto para aqueles dotados de um sistema nervoso complexo, capaz de lhes propiciar um comportamento intencional.

Quando o ser humano interage com a natureza, pode haver um conflito entre suas finalidades intencionais e o direcionamento espontâneo dos sistemas naturais. Por exemplo, quando um engenheiro florestal, funcionário de uma empresa madeireira, traça suas diretrizes para exploração de uma floresta, deve procurar compatibilizar seus objetivos (por exemplo, aproveitamento de uma espécie de estágio clímax), com o processo de sucessão ecológica no ecossistema, que depende dos programas incrustados nos genomas de cada espécie e das interações dessas espécies entre si, e com o meio físico. A empresa madeireira só terá sucesso, no longo prazo, se os seus objetivos forem compatíveis com a direção espontânea da evolução do ecossistema; caso contrário, ou a empresa destruirá o ecossistema, ou então não conseguirá extrair os materiais em quantidade suficiente para sua viabilidade econômica. A partir de um estudo da sucessão ecológica nesse ecossistema, o engenheiro florestal poderá optar por soluções, como a combinação da extração de espécies clímax com espécies pioneiras, e os respectivos reflorestamentos.

Interações intrassistêmicas

Os subsistemas identificados devem corresponder a unidades de processamento material, energético ou informacional. Cada subsistema deve ser responsável por desencadear ou regular determinados processos, que podem ser de três tipos (ver Le Moigne, p.106):

- a) *armazenagem* de matéria, energia e/ou informação;
- b) *transporte* de matéria, energia e/ou informação;

c) *transformação* de matéria, energia e/ou informação.

As interações entre os subsistemas constituem a atividade do sistema maior (mais geral); por essa razão, e por intermédio do estudo da função de cada subsistema, e das relações desses subsistemas entre si, poderemos entender o funcionamento do sistema maior (mais geral). A definição da(s) função(ões) de cada subsistema leva em conta suas entradas e saídas. Quando a saída de um subsistema constitui a entrada de outro subsistema, ou vice-versa, dizemos que existe uma *conexão* entre ambos os subsistemas. A organização do sistema maior (ou mais geral) pode, assim, ser identificada como o conjunto das conexões entre seus subsistemas.

Energia é uma quantidade física existente em várias modalidades (elétrica, calorífica, química, atômica etc.), que se propaga entre sistemas ou entre as partes de um sistema. Todos os processos que ocorrem nos sistemas, sejam eles de armazenagem, transporte ou transformação, envolvem alterações de energia. Alguns dos fenômenos produzidos por meio desses processos podem ser considerados puramente energéticos (como, por exemplo, a fervura de um líquido, ou o funcionamento do motor de um automóvel). Mas existem processos nos quais a alteração energética é de pequeno porte, porém as conseqüências organizacionais são de grande porte. São os *processos informacionais*, nos quais determinados tipos de sinais são armazenados, transmitidos e/ou transformados pelo sistema, propiciando ao sistema parâmetros de regulação de suas atividades. Como os sinais envolvem uma quantidade pequena de energia, sua análise (do ponto de vista energético) não é capaz de revelar seu papel no funcionamento do sistema. Para se entenderem os processos informacionais foram desenvolvidas novas categorias de análise, que constituem a *Teoria da Informação*. Vamos aqui introduzir, brevemente, algumas de suas características:

- a) um processo informacional se realiza entre ao menos dois sistemas, um deles sendo a *fonte* e o outro o *receptor* de informação;

- b) a fonte é um sistema que pode ficar em n estados possíveis. O fato de, em um determinado instante, a fonte estar em um estado $n1$, o registro desse fato pelo receptor constitui um *processo informacional*;
- c) a *quantidade de informação* transmitida é inversamente proporcional à probabilidade N_x/N , e é medida em função da quantidade de escolhas binárias (*bits*) necessária para especificar o evento N_x (por exemplo, se a probabilidade é $1/16$, então são necessárias 4 escolhas binárias para especificar o evento). O número de *bits* é igual a $\log_2 N_x/N$;
- d) por meio dos processos informacionais, a organização interna do receptor é regulada pelos estados obtidos na fonte, de modo que, quanto maior a quantidade de informação transmitida, maior a correlação entre a organização interna do receptor e a organização existente na fonte;
- e) a transmissão de informação pode ser prejudicada pelo *ruído*, afetando o *canal* que liga a fonte ao(s) receptor(es).

Os processos informacionais possuem grande relevância para o funcionamento dos sistemas porque permitem a tomada de *decisões* adequadas relativamente a seus objetivos. Uma decisão é uma escolha, consciente ou não, entre duas ou mais alternativas de organização sistêmica. Tomemos como exemplo de decisão o papel desempenhado por um relê num circuito elétrico. A regulação informacional pode fazer que as decisões essenciais sejam tomadas com baixo custo energético e com alto ganho operacional, por exemplo, a regulação do metabolismo pelas proteínas alostéricas.

Os sistemas costumam apresentar certos *padrões de conexão* na organização de seus subsistemas e respectivos elementos internos. Existem aqueles sistemas em que predomina um padrão *vertical*. São os sistemas hierárquicos. Nesses sistemas, alguns processadores comandam o funcionamento de outros processadores, localizados em um nível inferior. Existem sistemas com um padrão *horizontal*,

os sistemas cooperativos, em que os processadores se localizam em um mesmo plano, influenciando-se reciprocamente.

Além disso, podemos distinguir entre sistemas com uma disposição organizacional *linear* de suas unidades de processamento (dispostos em uma única sequência, e a “entrada” de uma unidade constitui a “saída” de outras), e com uma disposição *distribuída*, em que as unidades de processamento formam uma rede de interações, na qual o fluxo ocorre simultaneamente em múltiplas direções. Nesse último padrão, é necessário que os processadores possuam capacidade de conexão maior do que na disposição linear, já que, em tal disposição (a linear), apenas são necessárias uma única entrada e uma única saída para cada um deles (para cada um dos processadores). Um exemplo de processador com múltipla conectividade é o neurônio, que consegue, por meio de seus múltiplos dendritos e do axônio, se conectar simultaneamente a milhares de outros neurônios.

Igualmente importante é o mecanismo de *retroação*, pelo qual as saídas de um processador interferem, direta ou indiretamente, em suas entradas. A retroação pode ser *positiva*, quando um incremento das saídas produz um incremento nas entradas e, conseqüentemente, no nível de atividade do sistema, ou *negativa*, quando um incremento das saídas produz uma inibição das entradas e do respectivo nível de atividade. Do mesmo modo, na retroação positiva uma diminuição da intensidade das saídas gera uma diminuição nas entradas, e, na retroação negativa, uma diminuição nas saídas gera um aumento nas entradas.

Por intermédio dos mecanismos de retroação, um sistema estruturalmente simples pode vir a apresentar um comportamento bastante complexo. Isso é evidenciado no estudo dos sistemas dinâmicos *caóticos*, nos quais uma diferença de pequena magnitude nas condições iniciais pode conduzir a trajetórias amplamente divergentes ao longo de sua (dos sistemas dinâmicos *caóticos*) evolução temporal. Essa divergência pode ser descrita pela operação matemática de *iteração*, em que o valor de uma função em t_2 depende do valor da mesma função em t_1 , correspondendo a um mecanismo

de retroação positiva. Exemplos físicos desse tipo de processo são atualmente muito estudados, a partir do trabalho pioneiro de Ilya Prigogine sobre o fenômeno de autocatálise nas reações bioquímicas. Por meio da iteração de valores, também são geradas figuras chamadas *fractais*, que apresentam, entre outras características, a propriedade de autossimilaridade. Isso significa que as figuras fractais apresentam uma mesma forma geométrica, em diferentes escalas de grandeza (por exemplo, em uma árvore, o desenho dos veios das folhas se assemelha ao desenho de seus galhos).

Para a compreensão dos diferentes padrões de conectividade, é utilizada uma *representação matricial* da organização (Le Moigne, p.115). Na matriz, podemos identificar as retroações diretas e indiretas, relações de hierarquia ou cooperação (elementos que têm mais entradas e mais saídas) e ordem linear ou em rede (quantidade de entradas e saídas por elemento).

Ao entrarem em interação, os subsistemas passam a ter atividades que não possuíam antes. Desse modo, a organização do sistema como um todo incorpora propriedades que resultam da interação dos seus subsistemas, as quais são chamadas *propriedades emergentes*. Por exemplo, quando estão em turma, um grupo de adolescentes apresenta um comportamento distinto daquele que seus membros apresentam quando estão separados uns dos outros.

Um caso particular de emergência de propriedades, na Física, se relaciona com a “Lei dos Grandes Números”. Essa lei afirma que, em um sistema com grande número de componentes, existe um mecanismo de compensação segundo o qual o abandono de certo estado, por um determinado número de elementos, frequentemente é compensado pela passagem de uma quantidade equivalente de elementos para esse mesmo estado, de modo que, na totalidade do sistema, se manifeste uma estabilidade não notada nas partes (isoladamente concebidas) desse sistema. Por exemplo, em uma população biológica em um ambiente estável, a frequência de ocorrência dos genes tende a se manter constante.

Outro mecanismo, responsável pela emergência de propriedades novas na totalidade dos sistemas, é a retroação positiva, que faz

que o regime de funcionamento estabelecido em uma parte do sistema se amplie e venha a “dominar” o sistema em sua totalidade. Nesse caso, as interações entre as partes do sistema constituem um veículo para a expansão do padrão organizacional, obtido no subsistema com retroação positiva.

O exemplo mais espetacular de propriedade emergente é a vida, que ocorre em sistemas constituídos por componentes que, considerados isoladamente, não possuem essa propriedade. A vida é uma propriedade dos sistemas celulares gerada pela interação entre seus diversos componentes (núcleo, citoplasma, membrana etc.). A função vida constitui uma composição das distintas funções desempenhadas pelas múltiplas partes do sistema celular.

Podemos afirmar que as propriedades emergentes inauguram planos mais complexos de organização, planos que possuem um estatuto ontológico próprio, não sendo possível concebê-los ou abordá-los a partir de planos organizacionais mais simples, elementares, ou menos complexos. Em outras palavras, as propriedades dos sistemas (a vida) que não são encontradas em planos de organização mais elementares constituem propriedades emergentes, que têm suas gêneses essencialmente dependentes das interações complexas entre elementos reunidos por um contexto sistêmico. Assim, por exemplo, (i) células, como unidades organizadas, emergem da complexa dinâmica de interação/relação entre moléculas (DNA, RNA, proteínas e metabólitos [açúcares e aminoácidos]); (ii) tecidos emergem da complexa dinâmica de interação/relação entre células, e assim por diante. Ou seja, há uma sobreposição de planos de organização, sendo que as propriedades que emergem em um plano (precedente) se manifestam como elementos-base dos outros (subsequentes). Essa é a razão pela qual (a existência de propriedades emergentes) o método cartesiano de decomposição (para análise e entendimento) do sistema em seus elementos mais simples (e suas propriedades fundamentais) não seria completamente aceitável na estrutura conceitual da Teoria Geral dos Sistemas.

Mas, claramente, podemos nos colocar a caminho da análise das “partes”. Basta ter em mente que o comportamento do “todo”

(do sistema) pode ser irredutível (em razão da sua complexidade) ao comportamento das “partes”. Além disso, um “todo organizado” (ou sistema) pode transmitir a sua forma/organização, e/ou seu arranjo particular de relações, às suas “partes”, elementos e/ou subsistemas. Por isso, ao analisar as “partes”, podemos ter (em alguns casos, e em certa medida) uma indicação dos padrões (ou arranjos) de organização do “todo” (ou dos arranjos subjacentes à manifestação do sistema). Assim, por exemplo, uma cultura, como uma “totalidade organizada”, é formada por padrões de interação e relações (linguísticas, religiosas, científicas, sociais e etc.) entre indivíduos e/ou coletividades. Em um processo de educação (aprendizado formal e/ou informal), esses padrões de interação e relações (que podem ser considerados hábitos coletivos) são (ou tendem a ser) transferidos da “totalidade organizada” (do sistema) para as suas “partes” (os indivíduos). Em outras palavras, a transferência reproduz, na “parte”, os padrões que organizam o “todo”, assegurando a estabilidade/regularidade desse “todo”. O sistema transmite às “partes” a sua organização, ainda que essa organização esteja estabelecida, nas partes, sempre de modo “incompleto” ou “imperfeito”: um indivíduo (como membro) instancia “certa parcela” das relações que conferem organização à cultura (como um sistema), sendo a cultura (i) irredutível ao indivíduo e (ii) algo mais complexo do que a mera soma de seus indivíduos.

Estabilização sistêmica

Um dos aspectos mais importantes para o entendimento dos sistemas vivos é a *estabilidade* que eles apresentam frente às perturbações externas. Por exemplo, o conceito de *saúde*, na medicina, está estreitamente relacionado à estabilidade do sistema vivo. A noção de estabilidade também tem importância prática para a administração de sistemas humanos, como empresas públicas e privadas, e para o manejo e a conservação de ecossistemas. Contudo, seu signi-

ficado não é facilmente apreendido, sendo comum a confusão entre o conceito de estabilidade e o conceito de equilíbrio.

De um ponto de vista físico, os dois conceitos acima se distinguem, e, em certos casos, até se opõem. Falaremos primeiramente sobre o conceito de equilíbrio, que foi desenvolvido no contexto da teoria do calor, a termodinâmica. No século passado, alguns físicos e engenheiros perceberam que, apesar da validade da Lei da Conservação da Energia (que é a Primeira Lei da Termodinâmica), ao longo das transformações (por exemplo, conversão de movimento em calor, através do atrito), ocorre uma progressiva diminuição de parte da energia que podemos utilizar para realizar trabalho. Na propulsão de um trem, ocorre um aquecimento dos eixos e essa forma de energia não é utilizável para movimentar o trem. Inicialmente, essa perda de energia utilizável foi interpretada como uma tendência exclusiva do calor no sentido da dissipação. Mais tarde, foi reinterpretada como uma direção inerente a todos os processos físicos, que rumam para um estado final no qual não ocorreria mais transformação da energia que pudesse ser utilizada para realizar algum tipo de trabalho.

Tomemos como exemplo um processo de mistura entre dois líquidos. Em um sistema isolado, dois líquidos miscíveis entre si progressivamente formam um composto homogêneo. Ao longo do processo de mistura, reações químicas entre os elementos dos dois líquidos podem liberar energia utilizável. Após, contudo, atingir o estado final de equilíbrio, nada mais ocorrerá no sistema, exceto se for atingido por alguma força externa (deixando assim de ser isolado). Os físicos chamaram de “entropia” à medida da incapacidade de um sistema – no qual a quantidade total de energia se conserva – de realizar trabalho. Então, à medida que o sistema isolado se aproxima do equilíbrio, sua entropia aumenta e atinge o valor máximo no equilíbrio.

Essa afirmação ilustra a Segunda Lei da Termodinâmica, que afirma que, em um sistema isolado, a variação da entropia no tempo é sempre positiva ou nula, ou seja, a entropia nunca diminui espontaneamente. Uma consequência disso é que, se constatarmos

que em um determinado sistema a entropia diminui, logo sabemos que esse sistema é aberto e está recebendo “energia útil” (ou “entropia negativa”) do seu exterior. Tal consequência é de fundamental importância para o entendimento da física dos seres vivos. Esses sistemas apresentam, na ontogenia (processo que vai desde a embriogênese até a morte do organismo individual), momentos em que sua organização aumenta drasticamente em termos de complexidade (maior diferenciação celular, maior grau de inter-relações entre os subsistemas). Isso só é possível porque os seres vivos são sistemas abertos que consomem energia útil do ambiente, na forma de alimentos. Se um ser vivo for isolado, logo morrerá, e seu corpo sofrerá decomposição biológica, quando seus componentes atingirão o equilíbrio físico. Desse modo, a estabilidade do ser vivo enquanto vivo, o que implica alto grau de complexidade organizacional, só ocorre se o sistema estiver fisicamente distante do equilíbrio termodinâmico, às custas do consumo de energia útil, extraída do ambiente. Os seres autótrofos dependem da energia útil do Sol, e os heterótrofos dependem da energia útil acumulada pelos autótrofos.

Podemos agora discutir mais sobre estabilidade. Estados estáveis de um sistema são aqueles que, uma vez obtidos, tendem a permanecer. Por exemplo, imaginemos uma caixa contendo uma bolinha que desliza sobre uma superfície ondulada (parecida com uma superfície montanhosa). Se sacudirmos a caixa e depois a colocarmos em repouso, a bolinha provavelmente irá parar em algum dos vales da superfície, e tenderá a permanecer ali, a não ser que a caixa sofra uma nova sacudida vigorosa. Então, o estado da caixa, com a bolinha em um vale relativamente profundo, é um estado *estável*. Por outro lado, se eventualmente a bolinha parar bem no topo de uma das elevações (podemos supor que a superfície da bolinha seja, por exemplo, de forma decaédrica), esse estado do sistema será *instável*, pois qualquer sacudida poderá tirar a bolinha dessa posição.

Com base nesse conceito de estabilidade, podemos perceber que todo estado de equilíbrio termodinâmico é estável, mas nem todo estado estável é um estado de equilíbrio termodinâmico. Tomando como exemplo ecossistemas (que estudaremos mais

adiante), verificamos que esses tendem para um estado altamente estável, o “clímax”, em que há alto grau de complexidade organizacional e máximo aproveitamento da energia. Ora, constitui erro grave conceber esse estado como um estado de equilíbrio do tipo termodinâmico; no equilíbrio não há complexidade organizacional, nem atividade. O estágio clímax, por sua vez, é extremamente dinâmico, incluindo uma grande diversidade de processos de transformação energética. Assim, a ideia de um estado final imutável, a ser conservado intacto, é altamente criticável no contexto da ecologia.

Sistemas complexos, como os sistemas vivos, possuem mecanismos que permitem a manutenção de sua organização através de processos compensatórios ativos. Esses mecanismos são dos seguinte tipos:

- a) *Homeostase*: manutenção de certo nível de atividade, em determinada parte do sistema, por meio da combinação de duas retroações negativas. Um exemplo clássico é o termostato. Trata-se de um mecanismo de regulação da temperatura, por exemplo, de uma casa (supõe-se que algo semelhante opere nos seres vivos dotados de autonomia térmica). Quando a temperatura do sistema atinge um limite superior, é acionado um mecanismo de resfriamento, e, quando atinge o limite inferior, é acionado um mecanismo de aquecimento. Desse modo, a temperatura do sistema sempre ficará no intervalo compreendido entre o limite inferior e o limite superior;
- b) *Redundância*: produção ou manutenção de certos componentes em duplicata, ou com várias repetições, permitindo que, na ausência do componente funcionalmente ativo, outros componentes do mesmo tipo do primeiro possam desempenhar a função anteriormente exercida por ele. Por exemplo, no DNA cromossômico existem sequências repetidas, que podem ser acionadas, no caso de dano ao segmento inicialmente ativado;

- c) *Variedade*: produção ou manutenção de componentes em qualidade mais variada do que a utilizada em determinado momento, de modo a se possuírem recursos extraordinários para enfrentar situações adversas. Por exemplo, o sistema imunológico produz uma variedade de anticorpos mais abrangente do que a estritamente necessária para o enfrentamento dos antígenos que atingem o organismo do animal, em um determinado momento;
- d) *Flexibilidade*: existência de componentes que podem realizar funções, eventualmente substituindo outros componentes ausentes. No sistema nervoso, determinados grupos de neurônios, que realizavam uma função, como reconhecer estímulos oriundos do dedo médio da mão direita, podem ser realocados para o reconhecimento de estímulos do dedo indicador da mesma mão, no caso da perda do dedo médio.

Evolução sistêmica

Um sistema completamente isolado atinge o equilíbrio termodinâmico e permanece eternamente nesse estado. Sistemas parcial ou totalmente *abertos* a seus ambientes podem ser influenciados, ou mesmo destruídos, por diversos fatores.

Chamamos de *evolução sistêmica* à sucessão de estados percorridos por um sistema qualquer, seja em direção ao equilíbrio, como no caso dos sistemas isolados, seja em direção ao aumento de sua complexidade organizacional, como ocorre com os ecossistemas.

Quando um sistema se encontra em um estado estável, ou em um ciclo de estados estáveis, e certos fatores, externos ou internos, ameaçam a manutenção dessa estabilidade, caracterizamos esses fatores como *perturbações*. Por exemplo, os vírus (para um ser vivo), a colisão com meteoros de grande porte (para um sistema solar), ou a ação destrutiva do homem (para os ecossistemas) são considerados

perturbações. Essas perturbações podem ser neutralizadas pelos mecanismos que mantêm a estabilidade dos sistemas, ou podem gerar (pequenas ou grandes) alterações no sistema, eventualmente conduzindo-o até estados ainda mais complexos (caso a perturbação seja absorvida pelo sistema).

Um noção importante, para se entender a evolução dos sistemas em geral, é a de *pontos críticos* (ou de parâmetros críticos, que são os valores das variáveis de uma equação matemática que definem um ponto crítico). Os pontos críticos, no gráfico da evolução de um sistema, são aqueles nos quais determinadas perturbações passam a influenciar seriamente a sua (do sistema) organização, podendo conduzir a alterações bruscas. Os exemplos mais estudados de pontos críticos são provenientes da Física, dos estudos de transição de fases; para ilustrar com um dos casos mais simples, lembremo-nos de que a temperatura de 100 graus centígrados define um ponto crítico na evolução de um sistema formado por um recipiente com água, pois, a partir desse ponto, começa a fervura, gerando um novo arranjo organizacional das moléculas.

As *mudanças organizacionais* de um sistema são aquelas nas quais as relações entre seus subsistemas, e/ou entre os elementos dos seus subsistemas, são rearranjadas, sem, contudo, serem alterados os próprios componentes, nem as relações mais elementares (chamadas “estruturais”) que eles mantêm entre si. Por exemplo, a mudança da disposição dos livros em uma biblioteca, a mudança do espaçamento adotado em uma plantação, ou a mudança de funcionários em uma empresa, são mudanças organizacionais. Já as mudanças estruturais são aquelas que alteram a composição do sistema estudado, seja por meio da alteração dos componentes, ou das relações básicas que eles mantêm entre si. Portanto, após uma mudança estrutural, surge um novo sistema, com algumas de suas partes provenientes do sistema antigo, mas com a possibilidade de apresentar comportamentos bastante diferentes (em comparação com o sistema antigo). Por exemplo, constituem mudanças estruturais a alteração das espécies plantadas em uma área, reações químicas em que surgem novos elementos, alterações gênicas que ori-

ginam uma nova espécie, ou ainda quando uma empresa modifica seu ramo de atividade.

Quando um sistema passa por sucessivos estágios de estabilidade e instabilidade, alterando sua organização, mas não sua estrutura, chamamos tal processo de *homeorese*. Por exemplo, diversas camadas geológicas mostram os estágios da evolução de um mesmo sistema, a Terra. Do mesmo modo, na evolução política de um país, ocorre um período de estabilidade de certo governo e, em seguida, seu momento de crise, gerando um rearranjo organizacional, do qual emerge um novo governo, que também terá seu período de estabilidade, e posterior crise, e assim por diante. Se eventualmente ocorrer uma revolução que mude não apenas o governo, mas também os princípios constitucionais básicos do país (como nos casos da Revolução Francesa e da Revolução Russa), então teremos mudanças estruturais que geram não só uma nova organização política e, sim, e em certo sentido, um novo país.

Nos seres vivos, se considerarmos que a estrutura básica é constituída por seus genes, durante a ontogenia não ocorrem mudanças estruturais, uma vez que não se podem alterar os genes das células (as mutações afetam poucas células, comparativamente ao número total). Desse modo, o processo de desenvolvimento embriológico, incluindo a diferenciação celular e a constituição dos diversos subsistemas especializados (ósseo, muscular, vascular, respiratório, nervoso etc.), indo até o crescimento e a maturação do organismo, constitui um processo homeorético, no qual um mesmo sistema passa por sucessivos patamares de estabilização e desestabilização, culminando no indivíduo adulto.

Há uma grande dificuldade em se comparar a evolução de sistemas diferentes, às vezes até de sistemas que pertencem a uma mesma classe, como é o caso de dois indivíduos de uma mesma espécie biológica. Uma maneira de se conseguir comparar sistemas diferentes seria a formulação de um conceito comum de *complexidade*. Se tal conceito estiver disponível, poderemos comparar um organismo humano com uma ameba, e afirmar, por exemplo, que o homem seria mais complexo do que a ameba (o que não implica que

esteja mais adaptado, uma vez que o conceito de adaptação é relativo a cada espécie e a cada ambiente). Quais seriam os parâmetros a serem considerados para a formulação desse conceito de complexidade? De acordo com a visão sistêmica apresentada, deveríamos levar em conta, simultaneamente, dois indicadores:

- a) *diversidade estrutural*: inclui a quantidade de partes independentes entre si (em Física esse número corresponde aproximadamente ao que é chamado *grau de liberdade* do sistema) e também o número de tipos de partes qualitativamente diferentes entre si, que é chamado *variedade* do sistema. Um exemplo poderá nos esclarecer sobre ambos os fatores acima citados. Tomemos um sistema constituído por cinco bolinhas que giram dentro de um globo, sendo duas delas brancas e três pretas. A cada giro do globo é extraída uma bolinha, por meio de uma janela colocada em sua base inferior, e, antes do novo giro, a bolinha é recolocada. Uma vez que o sistema é constituído basicamente pelas cinco bolinhas e pelo globo, sua quantidade de partes independentes é seis. Já o número de tipos diferentes de elementos é três: o globo, bolinhas brancas e bolinhas pretas. Portanto, a diversidade estrutural de um sistema é dada pelo número e pela variedade de suas partes constituintes;
- b) *coordenação de funções*: embora estruturalmente independentes, as partes de um sistema mantêm interações entre si, regulando reciprocamente seus planos e tipos de atividades. Dessas interações surgem as operações e as funções executadas pelo sistema, que estão diretamente correlacionadas com sua complexidade (trata-se do que alguns autores chamaram *complexidade funcional*, em complementação à complexidade estrutural, dada pela diversidade). Portanto, o grau de interação entre as partes de um sistema indica sua capacidade de coordenação de funções, e deve ser também considerada ao se aferir a complexidade do sis-

tema. Exemplos de complexidade funcional são abundantes nos seres vivos, bastando lembrar como funcionam o sistema respiratório, o digestivo ou o muscular, ou mesmo o funcionamento interno das células.

Uma das razões do estudo da evolução dos diversos tipos de sistema é o interesse humano em exercer controle externo sobre esses sistemas. As diversas profissões técnico-científicas, como a engenharia, a medicina, a economia e a administração de empresas, são atividades nas quais os profissionais procuram utilizar seus conhecimentos científicos para planejar, manter e dirigir sistemas, o que implicitamente supõe a capacidade humana de controlar a evolução espontânea desses sistemas, e colocá-la em função de nossas finalidades. Desse ponto de vista, dois conceitos são utilizados para se referir à adequação ou não dos sistemas, relativamente aos objetivos humanos:

- a) o conceito de *eficácia*: diz respeito à capacidade de um sistema teleológico de atingir determinados objetivos, independentemente do caminho utilizado para atingi-los. Por exemplo, usinas de energia atômica são eficazes para o fornecimento de eletricidade para grandes metrópoles;
- b) o conceito de *eficiência*: diz respeito à relação entre o benefício produzido pelo sistema e os gastos efetuados pelo sistema para atingir o benefício. No exemplo acima, as usinas nucleares podem ser eficazes, mas ineficientes, se o custo da energia for excessivamente alto, ou se elas trouxerem danos ecológicos vultosos.

Como uma observação final ao estudo da evolução sistêmica, devemos lembrar que os diversos tipos de sistemas podem evoluir espontaneamente para estados de maior complexidade organizacional, inclusive vindo a apresentar maior eficácia e eficiência, com relação às expectativas humanas, sem que tal processo tenha sido induzido por fatores externos. Chamamos (como já mencionado)

de *auto-organização* a esse tipo de processos, lembrando ainda que, para que seja possível a auto-organização, o sistema necessita ser aberto e consumir energia útil de seu ambiente. Exemplos de auto-organização são: o processo embriológico dos seres vivos multicelulares; a construção de um termiteiro (“cupinzeiro”) por parte de uma multidão desses insetos; a dinâmica da bolsa de valores etc.

Ao lado da existência de processos de auto-organização, existem também limites ao controle dos sistemas por parte de um agente externo. Esses limites incluem:

- a) resistência dos materiais ou dos fatores biológicos e/ou humanos, frente a novos arranjos organizacionais;
- b) conflitos entre o controle externo e a direção de evolução espontânea (auto-organização) do sistema;
- c) impossibilidade de o agente externo reestruturar completamente o sistema; e
- d) limites de conhecimento e de recursos disponíveis para o agente externo.

Notamos, neste ponto, que uma visão sistêmica possibilita não apenas a percepção de novas alternativas de interação com os diversos tipos de sistema que nos rodeiam (e, em certo sentido, com nós mesmos), mas também a visualização dos limites do controle (ou das previsões) que podemos exercer sobre esses sistemas (inclusive, e principalmente, sobre nós mesmos).

Teoria da auto-organização: possível aplicação às ciências da saúde

O Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência (CLE-UNICAMP), associado a pesquisadores da USP, UNESP, UFSCar, UFMG entre outros, organiza, desde 1986, seminários para discussão de sistemas auto-organizados. Esse grupo de pesquisadores (atualmente sob a coordenação da Profa. Itala M. Loffredo

D'Ottaviano) iniciou seus trabalhos sob a liderança do Prof. Michel Debrun, que desenvolveu uma abordagem conceitual original dessa importante temática científico-filosófica da atualidade. Fazemos aqui uma síntese dos principais conceitos relativos aos sistemas auto-organizados, ressaltando as contribuições de Debrun (1996a,b) para o entendimento da gênese, constituição e funcionamento desses sistemas, e, em seguida, destacamos os principais resultados de nossa abordagem da temática no âmbito das ciências da saúde.

A *Teoria da Auto-Organização* é parte da *Teoria dos Sistemas*, de acordo com a qual, e como ressaltamos, os sistemas são “recortados” ou “abstraídos” pelo observador, conforme seus objetivos e propósitos, e analisados a partir das interações entre seus próprios componentes e com o ambiente externo. Qualquer agrupamento, delimitado em termos espaciais e temporais, pode constituir um sistema. Encontramos, já na Física aristotélica, tanto na *Teoria das Quatro Causas (Eficiente, Formal, Material e Final)* como na atividade da *substância hilemórfica* (i.e., resultante da interação forma/matéria), concepções semelhantes àquelas atualmente desenvolvidas pela teoria da auto-organização (vide uma aproximação histórica em Pereira Jr., 1986). A origem da ideia moderna de autonomia, que se encontra estreitamente vinculada à Biologia e à Antropologia, pode ser situada na obra *Crítica do julgamento*, de Kant (cf. Keller, 2008), passando ainda pela Filosofia da Natureza de Hegel (cf. discussão em Pereira Jr., 1994). No século XX, essa linha de investigação foi além da Filosofia e assumiu caráter científico interdisciplinar (Keller, 2009), abrangendo “da Física à Política” (subtítulo de um famoso colóquio dedicado ao tema, realizado em 1980, na cidade de Cerisy, na França).

No Colóquio de Cerisy, diversos autores, dentre eles Atlan (1981), discutiram questões epistemológicas da auto-organização, como a questão de se saber se a aparente autonomia dos sistemas seria intrínseca aos mesmos (abordagem realista) ou se ocorreria apenas na mente do observador. No segundo caso, é possível que sistemas aparentemente auto-organizados sejam, de fato, regidos por leis determinísticas desconhecidas ao observador científico.

O que é auto-organização?

Em todos os sistemas, há fatores endógenos e exógenos determinantes de sua dinâmica. Auto-organização e hetero-organização (uma organização preestabelecida por um sujeito planejador central e que obedece a uma “lei de funcionamento” invariável, sem cursos alternativos e espaço para o surgimento de padrões inauditos de organização e criatividade) constituem tipos compatíveis de dinâmica em que há, respectivamente, uma preponderância, ora de fatores endógenos, ora de fatores exógenos.

Em uma primeira aproximação aos fenômenos da auto-organização, é relevante a visualização de exemplos. Podemos encontrar na Internet alguns exemplos canônicos de processos auto-organizados, como as interações entre magnetos (inicialmente discutidas por Heinz von Foerster) e a reação de Belousov-Zhabotinski, também chamada “relógio químico”, devido à sucessão de fases que apresenta.¹

Outros exemplos, mais pitorescos, são encontrados no comportamento animal (cf. exemplo do “Barco de Formigas”) e humano (cf. exemplo “Tráfego de Hanói”).²

Características da auto-organização:

Identificamos algumas características dos sistemas auto-organizados, como as seguintes:

1 – *Espontaneidade*

Expressa a existência de uma espontaneidade nos sistemas naturais, artificiais ou humanos. Exemplos: “relógio químico” (Reação de Belousov-Zhabotinsky). Essa espontaneidade também pode

1 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=KPP-4-LEHXQ>>; <<http://www.youtube.com/watch?v=SzncgG8dPVI&feature=related>>.

2 Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=A042J0IDQK4>>; <<http://www.youtube.com/watch?v=LzjifmHavAQ>>.

ser entendida como um limite ao controle desses sistemas por parte da razão instrumental.

2 – *Respostas construtivas às perturbações*

Os sistemas auto-organizados são complexos semiabertos que derivam seus padrões de organização das relações internas entre seus componentes. Perturbações de origem externa podem ser utilizadas construtivamente, deflagrando processos organizacionais inauditos.

3 – *Presença de causalidade circular*

Os sistemas auto-organizados frequentemente apresentam múltiplos e distintos planos de organização, os quais mantêm, entre si, relações de *feedback*. Essa característica é ilustrada pelo conceito de *autopoiese* (Maturana; Varela, 1980). Inspirado no funcionamento celular, esse conceito faz referência a uma causalidade circular de genoma e metabolismo (genes instruem a produção das proteínas que regulam o metabolismo; já os produtos do metabolismo, por sua vez, regulam a expressão dos genes).

4 – *Não linearidade*

Sistemas auto-organizados apresentam aspectos de não linearidade (desproporção entre magnitude de causas e efeitos; “efeito borboleta”). Um mecanismo que opera nesses processos é a chamada “criticalidade auto-organizada” (estudada por Bak; Tang; Wiesenfeld, 1987): quando, por exemplo, um monte de areia atinge um tamanho crítico, uma pequena perturbação (a adição de um único grão) pode causar uma avalanche.

Teoria da auto-organização de Michel Debrun

A caracterização dos processos auto-organizados e/ou auto-organizativos que passamos a empreender está essencialmente baseada nas ideias de Debrun (2009) sobre este tema, originalmente publicadas em 1996. Hoje, como uma tendência, especialistas das

mais diversas áreas do conhecimento têm cada vez mais frutiferamente debatido e compartilhado *insights* acerca do fenômeno da auto-organização. Predominantemente em estudo está o advento/complexificação de estruturas nos domínios físico, químico, biológico, psicológico, social etc. Os especialistas atraídos pela auto-organização tendem a professar a crença de que a “organização” se manifesta em termos de uma característica essencial dos diversos domínios e/ou contextos da realidade. De um modo geral, a “organização” tem sido abstrata ou formalmente representada como uma estrutura, um conjunto de elementos e relações entre esses elementos. Às diversas áreas do conhecimento cabe a tarefa de preencher os componentes dessa estrutura com algum estofamento empírico, como, por exemplo, elementos de um tipo específico, relações, leis e princípios em operação em sistemas reais.

Inicialmente, Debrun (1996 a,b) distingue duas modalidades de auto-organização: auto-organização primária (AOP) e auto-organização secundária (AOS). Mais explicitamente, a *auto-organização* é um fenômeno de criação e/ou reestruturação de uma organização. Debrun (2009) caracteriza a “criação de uma organização” como *auto-organização primária*. Na auto-organização primária, passamos de elementos independentes, ou soltos, a elementos interdependentes, ou conectados. Há, segundo Debrun (2009, p. 64), auto-organização primária quando:

[...] uma interação, seguida de eventual integração, se realiza entre elementos totalmente distintos (ou havendo, pelo menos, predominância de tais elementos), em um processo sem sujeito nem elemento central nem finalidade imanente – as possíveis finalidades situando-se no plano dos elementos.

O surgimento da vida pode constituir exemplo de auto-organização primária, como uma passagem do contexto físico-químico para o contexto biológico. Outros exemplos incluem: encontros face a face duráveis em alguma medida, formas que emergem em interações coletivas e/ou sociais, projetos nacionais, projetos inter-

nacionais e projetos globais. Em relação à (i) acima (“uma conversa sem agenda entre pessoas que pouco se conhecem, por exemplo”), Debrun (2009, p.38) escreve o seguinte:

[...] mesmo que haja regras ou alvos explícitos ou implícitos regulando o comportamento dos atores, que suas qualidades e o estado inicial sejam conhecidos de antemão etc., a emergência eventual de uma forma global e persistente (equilíbrio ou estagnação [...] da conversa) [...], depende basicamente da interação que vai se estabelecer, na hora, entre os participantes.

Nessa passagem Debrun menciona um ponto essencial para a compreensão de um processo de auto-organização, quer seja ele primário ou secundário, a saber, a interação entre os elementos é o motor, o que impulsiona a formação ou reestruturação de uma forma ou organização; voltaremos a esse ponto adiante. A *auto-organização* como “reestruturação de uma organização” é caracterizada por Debrun como *auto-organização secundária*. O significado mais atribuído ao prefixo “auto”, na auto-organização secundária, faz referência a alguma modalidade de compreensão, por parte dos indivíduos e das coletividades, dos seus respectivos “graus de autonomia” e “autoafirmação” na interação (causal, moral, política, social) com outros indivíduos e/ou coletividades. Em outras palavras, a AO secundária ocorre em um sistema já constituído, quando um novo padrão de organização se forma a partir das interações entre seus (do sistema) componentes (componentes esses dotados de certo “grau de autonomia”) e com o ambiente. Exemplos: processo terapêutico, jogo de futebol (para uma abordagem do papel da informação na AO secundária, vide também Pereira Jr. e Gonzalez, 2008). Podemos, assim, sugerir que os conceitos centrais da teoria da auto-organização em Debrun (1996a,b) são:

(i) Da interação entre as partes se gera uma forma global nova no sistema;

- (ii) Ao longo do processo ocorrem ajustes das partes e entre elas;
- (iii) A AO não é absoluta; ela coexiste com a hetero-organização, que pode inclusive derivar do controle centralizado de um agente interno ao sistema.

Questões epistemológicas da auto-organização nas ciências da natureza

Tendo se desenvolvido, durante o século XX, principalmente na Físico-Química, a teoria da auto-organização se defronta com questões epistemológicas típicas dessa área, em particular, com os problemas encontrados nas tentativas de formalização (próprias às ciências empíricas) de processos auto-organizados. Os conceitos de estrutura e função são fundamentais para o entendimento de sistemas complexos, como os biológicos. Nos modelos de base lógico-matemática, a estrutura é, como destacamos, definida como um conjunto de elementos e relações estáveis entre esses mesmos elementos. O conjunto de relações internas e de fronteira de um sistema, especificadas em um determinado recorte espaçotemporal, constitui sua (do sistema) organização.

Já a dinâmica estrutural constitui o processo de alteração do estado (arranjo dos elementos) de um sistema ao longo do tempo, o que pode incluir alterações em sua (do sistema) estrutura. As funções de um sistema (no sentido biológico) são as atividades regulares observáveis que ocorrem em seu interior (nos sistemas vivos, as funções fisiológicas) ou em sua interação com o ambiente (o comportamento). Se o desempenho de uma função acontece de maneira bem-sucedida, há o que podemos designar de *satisfação sistêmica* (Gershenson, 2007). De um modo geral, quanto maior a satisfação sistêmica, maior a sinergia, ou eficiência comunicacional, dos elementos e/ou subsistemas constituintes do sistema mais geral. Assim, por exemplo, o subsistema imunológico desempenha a função de classificar os micro-organismos em conaturais (que fazem parte do organismo) e invasores, a serem combatidos. Se tal classificação é, pelo subsistema

imunológico, desempenhada apropriadamente, juntamente com o combate aos micro-organismos invasores, então a satisfação do sistema imunológico acontece; o sistema bem desempenha sem desequilíbrio sua função (Gershenson, 2007). Como realça Gershenson (2007), doenças autoimunes surgem quando a distinção entre os elementos que fazem e os que não fazem parte do sistema acontece inapropriadamente. Em um caso como esse, o subsistema imunológico passa, por exemplo, a atacar elementos essenciais ao bom funcionamento do sistema biológico ao qual pertence. Não existe “satisfação sistêmica” nesse caso, uma vez que um subsistema do sistema mais geral (o organismo) estaria atuando contrariamente à funcionalidade mais ampla a manutenção da integridade do sistema.

O comportamento global do sistema, como já discutido, não é necessariamente idêntico à soma dos comportamentos dos seus elementos e/ou dos seus subsistemas isoladamente concebidos. O “todo” é, em geral, “mais” (pode ser, porém, “menos”) do que a soma das suas partes, e “[...] esse fato define a propriedade de sinergia [eficiência comunicacional]” positiva (no caso de o “todo” ser “mais” do que a soma de suas partes) e negativa (no caso de o “todo” ser “menos” do que a soma de suas partes) do sistema (Bresciani; D’Ottaviano, 2000). O desempenho da seleção brasileira de futebol nos últimos campeonatos mundiais, por exemplo, caracteriza-se como um fenômeno de sinergia negativa. Os jogadores brasileiros se destacam por sua habilidade e criatividade com a bola, razão pela qual são atraídos para atuar em clubes europeus. Reunidos, contudo, às vésperas do mundial, não há tempo para que eles, excelentes jogadores, construam, através de um ajuste global, uma identidade sistêmica como equipe. O elevado grau de habilidade/criatividade individual dos jogadores não se traduz em harmonia coletiva, sistêmica. Os jogadores se comportam muito mais “como mero agregado” e muito menos, considerando a funcionalidade incipiente, como um verdadeiro sistema. É como se, nesse caso, o *todo*, a seleção brasileira (e/ou a funcionalidade do todo), fosse menor do que a soma de suas partes (e/ou a soma da funcionalidade das partes), os jogadores que a constituem. A sinergia negativa pode

valer como uma explicação para nossa ausência de êxito nas últimas copas do mundo.

A dinâmica estrutural constitui um processo construído no âmbito de um modelo lógico-matemático, ao passo que as funções de um sistema – no sentido acima estabelecido – se situam em um domínio empírico. Nesse quadro teórico, é possível (e provável, tendo em vista a incompletude das teorias científicas) que a espontaneidade da evolução dos sistemas observados não seja completamente capturada pelo modelo explicativo. O conceito de auto-organização surge, assim, como uma tentativa de trazer tal espontaneidade para o domínio da ciência (Prigogine; Stengers, 1996; Keller, 2009).

O conceito de auto-organização pode fornecer um vínculo entre a dinâmica estrutural representada em um modelo de sistema complexo (considerando-se as devidas condições iniciais e de contorno), e a emergência de novas funções observáveis no sistema modelado, desde que tais funções não tenham sido induzidas por agentes externos (ou seja, assumindo-se que sejam engendradas pelo próprio sistema).

A hipótese se justifica no contexto de uma concepção filosófica para a qual as funções de um sistema complexo derivam de seu padrão ou arranjo de organização, e não de forças ou causas que se situariam em um plano ontológico distinto (como, por exemplo, as ideias platônicas ou a força vital, em sua concepção mais tradicional). Portanto, uma vez que a dinâmica estrutural de um sistema expressa as mudanças das relações que constituem sua organização, é previsível que haja uma correspondente alteração em suas funções, embora na maioria dos casos não se possa deduzir exatamente qual alteração virá a ocorrer. Uma abordagem dessas questões no contexto da filosofia da Biologia pode ser encontrada em Pereira Jr. (1995) e Pereira Jr. et al. (1996).

Auto-organização na área da Saúde

Encontramos, na área das Ciências da Saúde, três modelos explicativos: o biomédico, o sociológico e o psicológico (vide Putti-

ni; Oliveira; Pereira Jr., 2010). Na perspectiva da teoria da auto-organização, os modelos supracitados não seriam excludentes entre si, pois cada um se referiria a um plano de organização de um sistema complexo, o indivíduo humano, indivíduo esse que resulta da interação entre diversos fatores: biológicos, psicológicos e sociais (Figura 5).

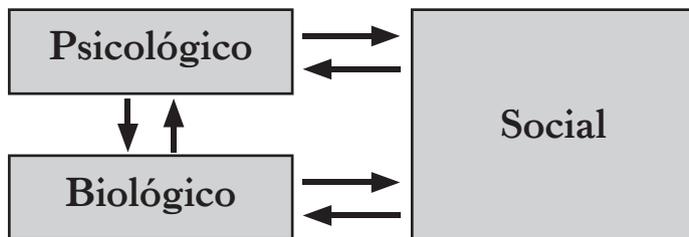


Figura 5 – A concepção biopsicossocial do ser humano, preconizada pela Organização Mundial da Saúde, aponta no sentido de um complexo de interações dinâmicas, de caráter auto-organizado, que ocorreriam durante o processo epigenético, levando à constituição do ser (ontogenia).

Os autores acima (Puttini; Oliveira; Pereira Jr., 2010) argumentam que a ideia de coevolução (no sentido de uma interação entre os três tipos de fatores ao longo do tempo, chegando-se ao seu atual condicionamento recíproco) se aproximaria da auto-organização sistêmica.

Lussi, Pereira e Pereira (2006) argumentam que o modelo da reabilitação psicossocial de Saraceno (1999) contém vários elementos próprios ao modelo de auto-organização, propondo ações focalizadas no fortalecimento das habilidades das pessoas e na diminuição das deficiências e dos danos causados pela experiência do transtorno mental. Contudo, tais propostas ainda se restringem ao enfoque do processo saúde-doença na perspectiva da terceira pessoa (profissional de saúde), e não (ou apenas incidentalmente e de modo marginal) leva em conta a visão que o próprio sujeito elabora a respeito desse processo (perspectiva da primeira pessoa). De

acordo com os autores, a proposta de Saraceno constitui grande avanço, ao considerar o ambiente uma das variáveis fundamentais para a compreensão da saúde e do transtorno mental, mas não formula uma visão sistêmica da relação mente-corpo-ambiente, centrada no sujeito. Os autores destacam, principalmente, que essa abordagem não considera a autonomia dos sujeitos nas interações com o ambiente e, portanto, as consequências de tal interação na assistência em Saúde Mental; voltaremos a esses pontos nos capítulos 8 e 9 do livro.

Auto-organização filogenética e Teoria da Evolução

Sterelny e Griffiths (1999, p.125) argumentam que, caso os seres vivos sejam auto-organizados, então “a organização surge espontaneamente no próprio sistema, no lugar de ser imposta do exterior via mecanismo de seleção natural”. Kauffman (1993) propôs a existência de processos filogenéticos auto-organizadores, de modo complementar aos mecanismos de pressão seletiva/adaptativa e reprodução diferencial, mecanismos esses previstos na abordagem darwiniana. Lewontin (2000) concebe o processo evolutivo como uma *construção ativa*, na qual ambiente e organismo interagem e transformam-se reciprocamente, caracterizando uma *coevolução*. Deacon (1996) alude ao “efeito baldwiniano” para explicar a origem de nossa espécie.

Pereira Jr. et al. (2004) empreendem uma síntese das ideias dos autores citados, concluindo que a ideia de auto-organização no plano filogenético implica a corresponsabilidade de todos os agentes para com os rumos do processo evolutivo. Desse modo, a evolução não seria guiada nem em direção a um fim predeterminado (teoria do “*design inteligente*”), nem ocorreria ao acaso (neodarwinismo), mas, antes, a evolução seria resultante das ações dos agentes envolvidos de acordo com metas estabelecidas por eles mesmos.

Além do mecanicismo e do vitalismo

Morin (1987) sugeriu que uma ciência dos sistemas complexos deveria ir “*além do mecanicismo e do vitalismo*”, possibilitando a superação de limitações daqueles tipos de modelos. Uma interpretação da filosofia de Canguilhem de acordo com essa diretriz foi empreendida por Puttini e Pereira Jr. (2009). O conceito de auto-organização é subjacente à concepção teórico-filosófica que inspira a homeopatia de Samuel Hahnemann, tal como caracterizada por Rebollo (2008, p.67), em termos de um “*vitalismo materialista*” ou “*organicismo dinâmico*”. Segundo Hahnemann (apud Rebollo, p.68-69), a força vital, “motor infatigável de todas as funções normais do corpo, não foi criada para servir de auxílio a si mesma nas enfermidades”. Tal incapacidade torna necessário o uso de medicamentos para combater a morbidade. Os medicamentos são concebidos como uma perturbação (introdução de quantidade infinitesimal de substância de dinamismo semelhante ao do agente morboso) que gera uma resposta do organismo, processo que se assemelha à auto-organização secundária.

De acordo com Hahnemann, diferentemente de outras correntes vitalistas (de concepção dualista), ao longo do processo terapêutico a força vital não possui um papel organizador das funções vitais; o processo é deflagrado pelo medicamento homeopático, que provoca uma reação (auto-organizadora) do corpo. Nessa perspectiva, conjecturamos que a postulação da força vital teria sido um recurso explicativo perante a diferença observada entre previsões feitas com base em modelos mecanicistas, e observações realizadas em indivíduos sãos e doentes; nesse sentido, a força vital como categoria explicativa nas ciências biomédicas ocuparia a mesma posição do conceito de auto-organização. Entretanto, tal força seria incapaz de atuar para restaurar seu próprio dinamismo, requerendo, para tanto, uma ação auto-organizadora do corpo.

Auto-organização e ciências humanas

Na área da ciência política, o conceito de auto-organização tem sido utilizado tanto por correntes pró como anticapitalistas: a “mão invisível” (a autorregulação do mercado, transformando vícios privados em virtudes públicas) das ideologias liberalistas e a organização dos trabalhadores em Conselhos de Fábrica (*soviets* da Revolução Russa). O conceito de autonomia tem sido utilizado por correntes de esquerda que recusam o controle dos processos de transformação por um partido de tipo leninista (“centralismo democrático”).

Diversas utilizações da teoria da auto-organização ocorrem na área das ciências cognitivas, para se abordar, por exemplo, a questão da consciência (vide Pereira Jr. e Rocha, 2000) e da linguagem humana (Pereira Jr., 2007). Enfocaremos aqui o processo de auto-organização no plano psicossocial, discutindo como se poderia concebê-lo na vida cotidiana.

Para se entender o processo de auto ou hetero-organização na vida cotidiana de um indivíduo, procuramos (Pereira Jr.; Lussi; Pereira, 2002) estabelecer um sistemas de categorias que abrangessem as várias dimensões da existência humana, para se relacionar a auto ou a hetero-organização com padrões de interação entre essas dimensões da existência:

Família: Subsistência • Modelo de referência para o eu • Afeto
Corpo: Cuidados com a saúde • Esportes • Aparência e autoestima • Alimentação e higiene • Sexualidade

Trabalho: Produção econômica • Consumo • Competição e cooperação • Construção do conhecimento científico e tecnológico

Lazer: Descanso • Jogos e brincadeiras • Diversão • Dedicção a um *hobby*

Sociabilidade: Atividades políticas • Comunicação social • Relações comerciais na vida diária

Transcendência: Arte • Religião e mística • Filosofia

A interação entre as categorias, na vida de um indivíduo, poderia ocorrer conforme ao menos três padrões fundamentais (Lussi; Pereira Jr.; Freitas, 2006):

a) *Somatória de fatores*

As satisfações obtidas pela atividade em duas ou mais categorias se somam, compondo, de modo acumulativo, a função global de satisfação do indivíduo. Pode ocorrer que as categorias isoladamente não sejam fonte de satisfação, mas que, em conjunto, venham a sê-lo. Nesse caso, o indivíduo conseguiria obter satisfação por meio da somatória das categorias. Por exemplo, para um indivíduo que não se sobressai em nenhuma categoria, uma fonte de satisfação estaria no fato de que o conjunto de suas ações relacionadas com essas categorias se apresenta como harmonioso e adequado em relação ao *modelo de Eu* que incorporou ao longo de sua história de vida.

b) *Compensação de fatores*

Uma segunda modalidade de interação entre as categorias seria a compensação entre atividades hiper e hipossatisfatórias. Nesse caso, o indivíduo não conseguiria obter satisfação em uma ou mais categorias, mas compensaria a hipossatisfação por meio de uma hipersatisfação obtida em outra(s). Por exemplo: um indivíduo que não consegue obter satisfação na família se sobressai no trabalho; aquele que não consegue obter satisfação no trabalho nem na família pode se compensar através da alimentação ou da prática de um esporte; aquele que fracassa em todas as categorias anteriores eventualmente encontra compensação no lazer etc.

c) *Conflitos de fatores*

Uma terceira modalidade de interação, que pode ser tanto destrutiva como construtiva, consiste no conflito entre atividades que ocorrem em diferentes categorias, de modo que a obtenção de satisfação em uma delas se torna contraditória com a obtenção de satisfação em outra. Por exemplo, em certas profissões, o excesso de exigências no trabalho gera conflitos com a vida familiar, levando ao estresse e forçando a uma reorganização da vida do indivíduo.

Uma teoria da auto-organização situa-se no plano transdisciplinar, se aplicada a uma ampla variedade de sistemas. O objetivo da construção dessa teoria não é explicar a dinâmica dos sistemas, para o que são elaborados métodos e técnicas próprios de cada área científica específica. O propósito da teoria é, antes, descrever princípios comuns ou gerais e possibilitar o entendimento de aspectos comuns da dinâmica dos diversos tipos de sistema.

No que diz respeito à área de Saúde, a principal contribuição da teoria da auto-organização seria no sentido de se compreender a diversidade de fatores que, quando reconhecidos e administrados pelo próprio sujeito, podem favorecer o processo de construção da saúde e prevenção da doença (vide dois tipos de exemplos, de hospitalização de longo termo e reabilitação psicossocial, em, respectivamente, Pereira, Furegato e Pereira Jr., 2006; Pereira Jr. e Pereira, 2009. Nesse sentido, a teoria da auto-organização não tem a pretensão de substituir ou corrigir os conhecimentos específicos de cada área e disciplina científica, mas, antes, de contribuir para uma visão integral do ser humano que perpassa as múltiplas disciplinas que estudam os múltiplos aspectos desse ser.

Auto-organização, cosmologia e religião

Uma última questão que se coloca seria a respeito da própria natureza do universo. O universo, como um todo, é auto-organizado? Não temos, evidentemente, condições de aqui responder a essa questão. Apenas indicamos que as diversas religiões e concep-

ções filosóficas e metafísicas adotadas pela humanidade abordam essa questão de diferentes modos. Por exemplo, para as visões imanentistas, como o panteísmo de Spinoza, o universo poderia ser considerado um sistema auto-organizado, cuja organização seria assegurada pela atuação de um Deus integrante do sistema. Também para Peirce, há, na natureza, um potencial criador derivado do acaso como elemento objetivo, e da tendência à formação de hábitos (ou crescimento das leis naturais), que estabiliza, ou racionaliza, “as sugestões” do acaso. É, de acordo com Peirce, a interação entre liberdade, ou ausência de determinação (e como expressão do acaso), e lei, ou determinação, ainda que não determinação absoluta, que garante que o universo de nossa experiência se encontra em evolução e, como há acaso (potencial criador), essa evolução não deixa de constituir um processo de auto-organização do universo como sistema. Já nas visões transcendentistas, como o criacionismo e a teoria do “*design* inteligente”, um Deus ou Arquiteto, criador e/ou mantenedor da organização do mundo, se situaria fora do universo, caracterizando assim um mundo hetero-organizado. Conflitos que são resolvidos levam a um novo processo de auto-organização, enquanto conflitos não resolvidos e exacerbados levam à auto-(des)organização e até, no limite, ao colapso do sistema.

O exemplo do ecossistema

Uma das mais ricas ilustrações do uso da TGS, na área biológica, é o estudo dos ecossistemas. Esses sistemas, devido à complexidade de sua constituição, e das interações (auto-organizadas) que se estabelecem no seu funcionamento, apenas podem ser adequadamente abordados à luz de um enfoque multidisciplinar. A TGS constitui o núcleo agregador de conhecimentos que propicia uma síntese dos conhecimentos parciais a respeito dos ecossistemas, e, *ipso facto*, permite o entendimento da sua (dos ecossistemas) dinâmica global, dinâmica essa que pode comportar processos de auto-organização. Desse modo, é comum encontrarmos diagramas e conceitos da TGS

em trabalhos de ecologia, como, por exemplo, no livro clássico de E. Odum, no qual baseamos nossas considerações seguintes.

De acordo com Odum (1998), os ecossistemas constituem uma unidade que abrange a comunidade biótica residente em certa área geográfica, interagindo com o ambiente físico, e possibilitando que parte da energia disponível no ambiente seja absorvida por tais formas de vida, e que ocorra ciclagem de materiais entre os componentes bióticos e abióticos. No que se refere ao fluxo de energia, esse é de mão única, indo do ambiente para os seres autótrofos, e destes para os heterótrofos, não podendo ser reutilizada indefinidamente; quanto ao fluxo de materiais, alguns elementos (carbono, nitrogênio, fósforo, água) são continuamente reciclados pelos seres vivos ali presentes.

A estabilidade dos ecossistemas está estreitamente relacionada ao balanço entre a produção de energia orgânica pelos autótrofos, e seu consumo pelos heterótrofos. Na dinâmica da natureza, sem a ação do homem, ocorre um retardo na utilização da energia orgânica pelos heterótrofos, o que gera um acúmulo de oxigênio na atmosfera, e de combustível fóssil no subsolo. Através desses mecanismos, os seres vivos indiretamente controlam o ambiente terrestre em que vivem. Esse fato propiciou a formulação da “*Hipótese Gaia*”, que sustenta a existência de um direcionamento global, de natureza auto-organizada, da atividade dos seres vivos, com vistas à regulação do ambiente terrestre.

Aceitando ou não a visão acima, devemos ter em conta que há, nos ecossistemas, inúmeras modalidades de interação entre os componentes, e de controle recíproco, que, em conjunto, dirigem sua (do ecossistema) evolução rumo ao estágio ‘clímax’, e garantem sua estabilidade frente a perturbações. Costuma-se destacar a importância de componentes que operam com baixa energia, mas possuem alto poder de regulação sobre os outros componentes. Um exemplo citado por Odum é o dos insetos parasitas de herbívoros que representam menos de 0,1% do metabolismo total da comunidade, e têm grande efeito de controle da produção orgânica, por gerar a morte de herbívoros.

A estabilidade de um ecossistema depende de vários fatores, como a sua história evolutiva, os tipos de controle internos, as características de ambiente de entrada (insolação, clima, solo), e o grau de complexidade estrutural e funcional atingida. Via de regra, um crescimento excessivamente rápido dos componentes bióticos tende a ser prejudicial; por essa razão, os ecossistemas mais novos, por terem desenvolvido menos mecanismos de controle, são mais instáveis e suscetíveis de catástrofes biológicas.

Para entendermos como ocorre a evolução dos ecossistemas, temos que levar em conta dois conceitos fundamentais: os *fatores limitantes* e os *limites de tolerância*. Conforme a chamada “Lei de Liebig”, em situação de relativo balanço de energia, o material essencial que está disponível em quantidade mínima constitui fator limitante do crescimento de um ecossistema. Fatores limitantes são, portanto, pontos de estrangulamento, que devem ser conhecidos por aqueles que pretendem trabalhar com o manejo de ecossistemas. Por exemplo, na agricultura, sabe-se que a ausência de zinco, em quantidade pequena no solo, pode prejudicar culturas que possuem todos os demais fatores de crescimento disponíveis. Já os limites de tolerância são as faixas de concentração de elementos nas quais as formas de vida podem existir, como, por exemplo, as faixas de tolerância à luz e à alteração de temperatura que uma determinada planta pode suportar. Tanto a falta de luz e calor como o excesso desses elementos físicos inviabilizam a existência das plantas, o que significa que elas só podem viver no interior de determinadas faixas de variação de luz e calor. Desse modo, as formas de vida com maiores faixas de tolerância têm condições de serem mais amplamente distribuídas geograficamente.

Da combinatória entre os limites de tolerância e os fatores limitantes de cada espécie presente em um ecossistema surge um processo dinâmico, e auto-organizado, de interação e alteração organizacional no ecossistema, que é chamado de *sucessão ecológica*. Nesse interessante processo, o predomínio de certas espécies, em determinado momento, gera o ambiente propício para que outras espécies cresçam e proliferem, tomando o lugar dominante das primeiras.

No caso de sucessão vegetal, observamos, em uma área desmatada de uma floresta (neste caso trata-se da chamada *sucessão secundária*, que ocorre em áreas previamente ocupadas), que inicialmente crescem as árvores que se beneficiam de uma maior insolação, e que são chamadas “pioneiras”. À sombra dessas árvores, crescerão outras, que se beneficiam do ambiente de sombreamento produzido pelas pioneiras. Logo aquelas crescerão acima das pioneiras, e passarão a dominar o ecossistema. Esse processo continua até o estágio final, chamado “clímax”, no qual a distribuição de espécies atinge a estabilidade máxima, e tende a se perpetuar, caso não ocorram perturbações de grande porte. Constitui-se, desse modo, a sucessão ecológica em um dos mais fascinantes temas para a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas.

6

CIÊNCIA E SOCIEDADE

A ciência como atividade superestrutural

A constituição das ciências da natureza parece, à primeira vista, basear-se apenas em uma relação entre a mente humana e a natureza: nossa mente procura *entender* leis e princípios de funcionamento da natureza, o que enseja a formação das mais amplas teorias; em um segundo momento, o conhecimento obtido é utilizado para aumentar o poder humano, a partir da *aplicação* particularizada do conhecimento, construindo instrumentos utilizados para transformar a natureza e dela obter os produtos de que necessitamos.

A interferência de fatores sócio-históricos na atividade científica, conforme inúmeras vezes observamos na história das ciências, revela que as ciências da natureza na verdade se fundam sobre uma relação triádica entre conhecimento, natureza e sociedade. As estruturas sociais, nas quais estão inseridos os produtores da ciência, exercem influência considerável, embora nem sempre notada, sobre a maneira como é feita a ciência, e esta, por outro lado, através de sua aplicação a problemas humanos e tecnológicos, altera as condições nas quais se processa a vida social.

Uma abordagem sociológica do conhecimento só se realizou plenamente no século XIX, quando Karl Marx propôs sua teoria da

estrutura social, na qual ocupa lugar central a distinção entre a “infraestrutura” e a “superestrutura” sociais. A *infraestrutura social* é constituída pelo conjunto das atividades humanas de transformação da natureza, gerando os produtos necessários à sobrevivência dos indivíduos em sociedade, como alimentação, vestuário, moradia etc. O domínio da infraestrutura é o do *trabalho produtivo*, no qual o homem realiza um esforço, físico e/ou mental, para adequar, via instrumentos de trabalho (os meios de produção), a matéria-prima, extraída da natureza bruta, às necessidades humanas. Para realizar essas atividades, os indivíduos adotam certa organização do trabalho, as *relações de produção*, na qual ocupam diferentes posições. Marx percebeu que aqueles indivíduos, *proprietários* dos instrumentos de trabalho, ocupam uma posição privilegiada, a partir da qual obtêm novos privilégios: podem repassar a outros as tarefas mais desgastantes, assumir a administração do trabalho e – o que é mais importante – podem se apropriar de uma maior fatia do produto do trabalho coletivo. Em quase todas as formas de sociedade existentes na história humana, ocorreu esse tipo de organização do trabalho produtivo, na qual há uma desigualdade de direitos e deveres entre os indivíduos, e essa desigualdade tem seu fundamento no plano da infraestrutura.

A *superestrutura social* consiste no conjunto das atividades culturais, como relações familiares, lazer, atividades artísticas, religiosas, e cognitivas (Ciência, Filosofia). Nessas atividades, os indivíduos aparentam se comportar de maneira livre e igualitária, mas, na verdade, suas atitudes são condicionadas pela posição que eles ocupam na infraestrutura. As diversas atividades superestruturais só são possíveis a partir dos recursos produzidos no plano da infraestrutura, o que faz que, embora não explicitamente, as ações humanas na superestrutura reflitam a posição ocupada na infraestrutura. Os *interesses* que orientam as ações têm sua fonte na infraestrutura, a qual comporta as relações básicas que cada indivíduo necessita manter com a sociedade para obter os bens necessários à sua sobrevivência.

Na sociedade capitalista, existem duas posturas frente aos instrumentos de produção, que dão origem às duas classes sociais fun-

damentais: a “burguesia” e o “proletariado”. A burguesia é a classe proprietária dos instrumentos de produção (máquinas, terra), e o proletariado é a classe não proprietária, que necessita vender o seu trabalho aos proprietários para sobreviver. A atividade científica, desenrolando-se no seio de uma sociedade dotada das características acima, e situando-se no plano da sua superestrutura, não poderia ser completamente autônoma, mas sofreria a interferência contínua da organização infraestrutural existente.

A partir da época medieval, a atividade científica veio a se concentrar em instituições dedicadas exclusivamente à pesquisa e ao ensino: as universidades. Os integrantes dessas instituições tinham a impressão de que suas atividades intramuros não estariam diretamente relacionadas à vida prática, mas, antes, suas atividades seriam regidas apenas por critérios endógenos de avaliação. Alguns sociólogos importantes, como Karl Mannheim, embora aceitando a tese de que as formas de conhecimento são socialmente determinadas, julgaram que a universidade seria como que uma exceção à regra geral, pois seu relativo afastamento dos conflitos e jogos de interesse da vida prática permitiria uma apreciação imparcial e, conseqüentemente, mais objetiva dos problemas científicos, para os quais deveriam ser encontradas as soluções teóricas e experimentalmente mais apropriadas, independentemente das injunções derivadas dos interesses dos membros da comunidade acadêmica, como cidadãos engajados em uma ou outra perspectiva política.

Por certo as influências do contexto socioeconômico externo na atividade científica não são imediatamente identificáveis, mas temos consciência de que elas existem, começando na forma pela qual a universidade capta os recursos necessários à sua subsistência. Outra típica região de interação está na forma como a sociedade se apropria dos frutos do trabalho intelectual produzido pela universidade (como se apropria das teorias e técnicas elaboradas pelos pesquisadores), e como absorve os profissionais ali formados, no mercado de trabalho. Detendo-nos um pouco mais nessa última forma de interação, sabemos que o próprio estudante traz para a vida acadêmica uma série de posicionamentos e de definições a respeito *do que* deve ser ensinado

pelos professores e de *como* deve ser ensinado, de acordo com a percepção que tem do seu futuro horizonte profissional, isto é, de como irá enfrentar a vida prática, inclusive no que diz respeito àquela que julga ser sua posição social de classe, e do que precisa realizar para mantê-la ou para ascender socialmente.

Nas ciências humanas, a interferência da posição política do cientista na análise de seu objeto de estudo é mais patente, pois os princípios que estabelece para a interpretação dos fenômenos condicionam, em boa parte, os resultados da análise. Porém, nas ciências da natureza, não está claro em que medida os posicionamentos sociopolíticos podem interferir na opção por determinada teoria ou procedimento metodológico, em detrimento de outros. É claro que há um favorecimento de tipo corporativista (se você tiver um aliado político em um cargo importante de um órgão de financiamento de pesquisas, provavelmente será mais beneficiado por esse órgão), que não chega a ser propriamente uma determinação da infraestrutura sobre a superestrutura. Resta a possibilidade de um tipo mais sutil de condicionamento, que é o condicionamento através da ideologia, de que trataremos a seguir.

Ciência e ideologia

De acordo com a hipótese marxista, as formas de pensar são determinadas pela posição do indivíduo na estrutura econômica. Mais do que isso, há sistemas de ideias já prontos, as *ideologias*, que são absorvidas irrefletidamente pelos indivíduos, mesmo que não sejam efetivamente adequadas aos seus interesses. As ideologias são sistemas de ideias, internamente coerentes, que, contudo, ocultam ou mascaram as condições reais em que estão os indivíduos. Por exemplo, na área da publicidade, ocorre um mascaramento das imperfeições, dos conflitos e das contradições do mundo real; os modelos e os atores que fazem a propaganda de um produto apenas mostram os seus (do produto) supostos benefícios, e são orientados a ocultar possíveis efeitos danosos ao consumidor.

A ideologia constitui uma imagem mental idealizada do mundo em que o indivíduo está inserido. Ao adotá-la, o indivíduo não se pergunta acerca da adequação entre a imagem e o mundo de relações econômicas e sociais no interior do qual ela foi gerada. No plano do conhecimento científico, trata-se de ocultar certas condições sociais que suportam e determinam o conhecimento: evita-se questionar, por exemplo, *para que* se faz a ciência? A quem serve uma tecnologia? Em suma, a filosofia marxista propõe uma concepção “negativista” de ideologia, na qual ela seria responsável:

- a) pelo mascaramento ou ocultamento das relações econômico-sociais que estão na base (infraestrutura);
- b) pela tentativa de evitar a conscientização das determinações da infraestrutura, e também de se conceber a infraestrutura como histórica e passível de ser transformada;
- c) pela dissimulação de interesses particulares, ou pela tentativa de apresentá-los como universais;
- d) por um tipo de consciência que não se indaga sobre seus próprios condicionantes, sobre as atividades de base que permitem que essa consciência exista e participem na determinação de seu conteúdo.

Em complemento a tal visão da ideologia, outros filósofos de inspiração marxista, como Adam Schaff, propuseram uma concepção mais positiva, segundo a qual a ideologia serve para *organizar a ação coletiva* dos indivíduos de um grupo para a obtenção de objetivos, de acordo com seus interesses particulares. Ao expressar os interesses do grupo, a ideologia permite a passagem da mera consciência para a ação, e, durante a ação, promove a coesão e o direcionamento das atividades do grupo. Como exemplo, citamos a necessidade de uma ideologia para coordenar a ação dos diversos indivíduos que atuam em uma empresa ou em uma organização política.

Nessa visão, a origem da ideologia estaria na necessidade humana de utilizar a linguagem para estabelecer comunicação. A ação

racional supõe participação em uma “comunidade de significação”, na qual atribuímos significados comuns às palavras e a outros atos expressivos (gestos, sinais etc.). Só podemos comunicar ao outro o que nosso sistema compartilhado permite. Há necessidade de trazer para o mundo da linguagem tudo o que possa ser comunicado, mas a preservação de certos interesses de grupos ou classes faz que determinados fatos não sejam retratados fielmente, para que os indivíduos não possam tomar consciência deles. A ideologia é um modo deformado de codificação da realidade, lícita por um grupo ou uma classe que deseja se emancipar, se promover ou se organizar com vistas a um objetivo. Esse grupo ou essa classe precisa codificar sua ação em uma ideologia, por meio da qual põe em evidência um programa de ação e, ao mesmo tempo, oculta os aspectos da realidade que lhe são desfavoráveis. Exemplos: a “ideologia do choque econômico”, o nacionalismo, o ecologismo e outros “ismos”.

A estrutura da sociedade tecnológica

O homem expressa uma relação *técnica* com a natureza todas as vezes que se utiliza de instrumentos para transformá-la, com vistas à obtenção de um produto. Os instrumentos permitem uma extensão dos poderes do organismo humano. O material é transformado pela operação do instrumento, gerando um produto que é apropriado e consumido pelo homem.

Na história, encontramos desde os instrumentos naturais (mãos, dentes etc.), e os artificiais mais rudimentares (roda e faca de pedra), até os produtos da mais recente tecnologia moderna. A relação técnica primária é a do artesão, que cria seus próprios instrumentos de trabalho, e executa todas as fases da produção de um bem. A tecnologia está em um estágio avançado da relação técnica, no qual foram aplicados *conhecimentos científicos* ao desenvolvimento dos instrumentos de transformação, ampliando enormemente o seu poder. A evolução tecnológica não é fruto apenas da prática, não constitui mero resultado do autoaperfeiçoamento do trabalho dos

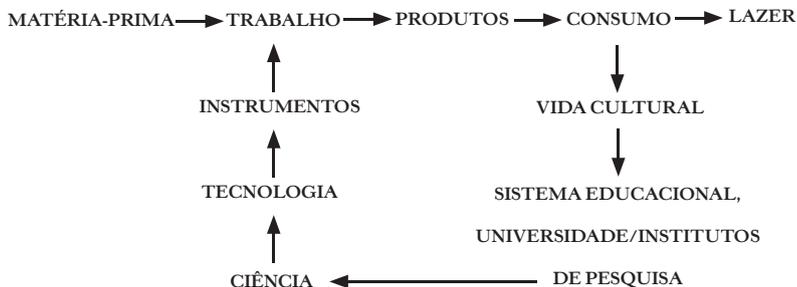
artesões e técnicos, mas dependeu e depende, essencialmente, do conhecimento científico produzido por indivíduos e grupos que, muitas vezes, não se dedicam (e não teriam tempo de se dedicar) ao uso dos instrumentos no trabalho de transformação da natureza.

O aperfeiçoamento da tecnologia existente, sua extensão para novas áreas de aplicação e a criação de novas tecnologias são atualmente tarefas de grupos bem organizados e bem financiados, nos quais as interações interdisciplinares desempenham um importante papel. Por exemplo: na criação da tecnologia computacional, participaram filósofos (lógicos), linguistas, engenheiros elétricos, biólogos e matemáticos.

A utilização dos resultados do trabalho científico, pela sociedade, se faz principalmente via aplicações tecnológicas, vindo a afetar o modo de vida do conjunto da população. Na vida prática, o senso comum termina por absorver artefatos tecnológicos, cuja fabricação só se tornou possível a partir de teorias altamente complexas, que o senso comum desconhece. A produção tecnológica pressupõe um elevado patamar de conhecimento científico, mas o uso dos produtos tecnológicos nem sempre requer o domínio desse conhecimento por parte do usuário.

A sociedade do final do século XX foi caracterizada como *sociedade tecnológica*, devido ao alto grau de utilização dos artefatos tecnológicos, não só no plano da produção econômica, mas também nas atividades culturais e no lazer. A aplicação da ciência e da tecnologia à indústria foi, sem dúvida, o propulsor de um processo de acumulação de riquezas sem precedentes na história humana, que caracterizou a humanidade no século XX.

A forma de funcionamento dessa sociedade pode ser caracterizada através do seguinte esquema:



O aspecto mais importante do esquema acima esboçado constitui o fato de que há uma interação e uma realimentação entre, por um lado, o trabalho produtivo, e, por outro, a atividade científica. A produção do conhecimento científico sofisticado e da alta tecnologia apenas se tornou possível devido à existência de uma infraestrutura social, na qual são produzidos os bens, cujo consumo sustenta as atividades da superestrutura, na qual se localizam as atividades científicas e tecnológicas. Através da aplicação da tecnologia aos meios de produção, essas atividades mudam a qualidade do trabalho produtivo, gerando não só aumento de produtividade e diminuição de custos, como também criação de novos produtos que irão modificar o modo de vida da massa da população, inclusive em relação ao lazer.

Podemos, assim, perceber que, nesse tipo de sociedade, a “teoria” e a “prática”, embora em diferentes locais de elaboração e execução, não podem estar completamente dissociadas. Um dos aspectos da vinculação do teórico e do prático é que a relação entre ciência e tecnologia não ocorre apenas no sentido da incorporação dos resultados científicos pela tecnologia. A própria atividade científica é profundamente influenciada pela atividade tecnológica, no estabelecimento de temas e problemas a serem trabalhados (os quais atualmente são sugeridos, em grande parte, por lacunas na tecnologia); além disso, o modo como a pesquisa científica é empreendida ou conduzida e a transmissão e o compartilhamento dos resultados das pesquisas científicas também são profundamente influenciados pela atividade tecnológica.

Há diversos tipos de atividade tecnológica. A *pesquisa tecnológica*, responsável pela resolução de problemas existentes e pelas ino-

vações a serem introduzida está em constante interação com o estado de conhecimento em cada área científica envolvida na tecnologia específica; o *planejamento tecnológico*, responsável pela aplicação de uma determinada tecnologia a um determinado tipo de problema prático; e ainda as atividades de *execução* do projeto e *manutenção* do parque tecnológico. Nessas últimas atividades concentra-se a procura de profissionais, em um mercado de trabalho no qual a qualificação tecnológica é um requisito indispensável.

Uma avaliação filosófica da sociedade tecnológica tem sido feita por filósofos marxistas e existencialistas, e pelo movimento ecológico. De um ponto de vista marxista, a corrida tecnológica sem fim serve aos interesses da classe dominante, uma vez que a implementação das inovações está sob seu (da classe dominante) controle, e pode ser utilizada para restringir o espaço de atuação dos trabalhadores, que não dominam o *know-how* tecnológico, os métodos e os processos utilizados na produção dos bens e na administração da sociedade. Quando os trabalhadores conseguem dominar certa tecnologia, esta já foi tornada obsoleta, cedendo lugar a outra, mais eficaz e lucrativa. O desenvolvimento dos instrumentos de produção não eliminaria as relações de produção desiguais, mas, bem ao contrário, serviria para reproduzir a desigualdade ou mesmo aprofundá-la.

Para os existencialistas, a atenção dispensada aos meios de produção obscurece o sentido da existência humana, que estaria ligado aos fins. Na sociedade tecnológica, o “como fazer” se torna mais importante do que “o que fazer”; a busca de uma eficácia sempre maior, levada ao extremo ou maximizada, geraria um estado de tensão que destrói a possibilidade de uma vida satisfatória e desvia a atenção das questões humanas fundamentais, como a relação com a natureza, com os outros e com a memória cultural.

Já à luz de uma perspectiva ecológica, o progressivo aumento do poder do homem sobre a natureza pode ser ambivalente, pois, de um lado, traz benefícios ao ser aplicado às conveniências humanas; de outro lado, contudo, torna possível a destruição de condições ambientais não renováveis que dão suporte à biosfera e à própria

vida humana. Além do problema do “bom uso” e do “mau uso” do poder conferido pela tecnologia em relação aos fins humanos, coloca-se a questão da avaliação das consequências ambientais que a utilização dos modernos mecanismos industriais acarretam. Esse é um problema “objetivo”, que deve ser tratado cientificamente, deixando-se de lado os sentimentos puramente preservacionistas. A dificuldade está na complexidade do objeto de estudo da ciência ecológica, o ecossistema. Dada a dificuldade de testar hipóteses sobre causas e efeitos das alterações nos ecossistemas, muitas vezes as propostas de ação são carregadas de posicionamentos ideológicos apresentados como científicos.

O filósofo Adam Schaff identifica na atualidade três revoluções científico-tecnológicas em curso: a da microeletrônica, a da microbiologia e a da energia nuclear. Em seu conjunto, as três revoluções podem alterar radicalmente o modo da produção econômica, fazendo que seja necessária uma quantidade cada vez menor de trabalho para a manutenção, ou mesmo ampliação, do nível de produção. Essa mudança teria como consequência a liberação do ser humano para tipos outros de ocupação do tempo que não o trabalho (tal como é tradicionalmente concebido, envolvendo esforço físico e mental).

Contudo, essa ainda não é a realidade a ser enfrentada pelas gerações que estão ingressando agora, e nos próximos anos, no sistema produtivo; elas enfrentarão o desafio de um trabalho ainda árduo, e que deve ser tecnologicamente qualificado, em um regime de muita competição. Estamos em uma fase de transição, na qual as novas tecnologias estão sendo implantadas em uma estrutura econômica antiga, exigindo grande esforço de adaptação e criatividade. Para realizar tais tarefas, o profissional necessita dominar não só os procedimentos técnicos adequados, como também, muitas vezes, os princípios teóricos subjacentes às “receitas” tecnológicas, uma vez que, apenas a partir desses princípios, o profissional terá condições de avaliar os problemas concretos e determinar como uma tecnologia se aplica (ou não) a eles.

Ética da pesquisa científica

Questões éticas não se colocam apenas frente à utilização dos resultados da ciência. Também na produção desses resultados supomos que a ciência possua certos objetivos. As distorções que a impedem de atingir esses objetivos lhe são prejudiciais e devem ser valorados negativamente, em relação aos fins propostos. Os fins da ciência parecem ser, basicamente, ampliar o conhecimento humano e melhorar a vida humana. O meio para se atingir esses fins é a *resolução de problemas*. Os grandes desafios à ampliação do conhecimento humano se colocam na forma de *problemas teóricos*, a serem solucionados através da descrição de uma realidade até então desconhecida, ou da explicação dos aspectos desconhecidos por meio de aspectos conhecidos. Já a solução dos *problemas práticos* que afetam a vida humana se faz por meio de aplicação da conhecimento teórico, para a invenção de instrumentos técnicos ou tecnológicos que sejam eficazes para a transformação da realidade na direção desejada, com dois tipos de benefícios: desenvolvimento de novos artefatos para as indústrias, e contribuições diretas para a qualidade de vida (por exemplo, a cura de doenças).

Se a caracterização dos objetivos acima estiver correta, toda pesquisa científica deve ser realizada em função de problemas teóricos ou práticos. Qualquer pesquisa que não se orientar para a solução de problemas, ou em cujo desenrolar ocorram distorções que a impeçam de solucioná-los, deve ser criticada do ponto de vista ético, mesmo que aparente ser altamente produtiva do ponto de vista quantitativo (isto é, mesmo que apresente um grande volume de atividades, relatórios e publicações científicas). Chamamos de *pesquisas burocráticas* às pesquisas que, apesar de apresentarem diversos cuidados quanto à metodologia utilizada (por exemplo, a utilização de sofisticados tratamentos matemáticos), não se direcionam para as finalidades próprias da ciência. Evidentemente essas pesquisas cumprem outras funções, como a promoção das carreiras individuais, ou a (aparente) legitimação dos financiamentos con-

cedidos a grupos institucionais organizados. A existência de pesquisas burocráticas revela que não podemos avaliar a qualidade da produção científica de um ponto de vista puramente metodológico, sugerindo que a definição dos valores éticos da ciência interfere com a própria definição da metodologia a ser utilizada.

A preocupação com uma ética de pesquisa científica adquire importância na atualidade, pois já podemos constatar, em âmbito mundial, que, a partir de um determinado momento, o aumento do financiamento da ciência, e o correspondente aumento do número de pesquisas e de publicações científicas, não tem trazido um aumento proporcional nas contribuições ao conhecimento teórico ou à resolução de problemas práticos. Um considerável número de publicações científicas tem se revelado redundante, desprovido de maior interesse teórico ou prático, refletindo a existência de inúmeras pesquisas de natureza burocrática.

A eficácia da ciência (sua capacidade de solucionar problemas reais) é assegurada pelo uso correto da metodologia científica, com a consequente definição do problema a ser enfrentado sendo feita logo no início do processo de pesquisa. Desse modo, a hipótese a ser levantada deve ser capaz de, caso confirmada, constituir verdadeira solução ao problema; e o teste da hipótese, sendo feito *após* a formulação da hipótese, é planejado de modo a verificar o desempenho da hipótese, através de suas consequências. Assim, qualquer inversão indevida na ordem do processo de pesquisa poderá prejudicar gravemente, senão anular, sua eficácia. Se a formulação da hipótese for feita após a obtenção de resultados, tal hipótese será com certeza uma hipótese confirmada pelos resultados previamente obtidos, desse modo eliminando o risco concernente aos testes de hipóteses, a saber, o risco de que a hipótese seja desconfirmada. Porém, com tal inversão da ordem da pesquisa, o problema a ser resolvido por tal hipótese também será definido após a formulação dessa hipótese, ou sequer chegará a ser definido. Logo, se não houver uma feliz coincidência, certamente a hipótese não será a solução de nenhum problema real, e tal pesquisa, embora aparentemente bem-sucedida, estará desvinculada do objetivo da ciência.

A inversão da ordem lógica de pesquisa, ou a adulteração de algum de seus passos, certamente implicará em distorções que afetarão a eficácia da ciência. Infelizmente, são inúmeras as possibilidades de adulteração do método científico, variando em graus que vão de um simples e comum “favorecimento” das condições experimentais para a obtenção dos resultados previstos pela hipótese, até os casos de inequívoca fraude científica (a falsificação de resultados experimentais). No médio e no longo prazo, as fraudes são menos prejudiciais para a ciência do que os pequenos “favorecimentos” porque aquelas são mais facilmente detectadas e desmascaradas, enquanto as pequenas distorções vão minando gradualmente os programas de pesquisa, que ainda consumirão consideráveis esforços humanos e verbas antes de estagnarem por completo.

A partir do próximo capítulo, passamos a empreender uma reflexão crítica acerca da psicossomática. No transcurso da História, as concepções sobre saúde e doença, assim como o próprio pensamento médico, incluem concepções filosóficas acerca do problema mente-corpo, de importância central para as ciências da vida e da saúde. Contemporaneamente, o *problema corpo-mente* é concebido como o *problema cérebro-mente* ou, de modo geral, o problema de se explicitar as múltiplas relações (*além da direção dessas relações*) entre *estados e processos cerebrais* (objetivos) e estados e processos mentais (subjetivos). O desenvolvimento das neurociências e da psiconeuroimunologia sugere complexas interações bidirecionais (e auto-organizadas) entre sistema nervoso, sistema imunológico e sistema endócrino, assim como um papel central aos aspectos emocionais/cognitivos no processo saúde-doença. Isso, por sua vez, desfavorece uma *concepção dualista acerca da natureza humana*. As crescentes pesquisas em psiconeuroimunologia indicam a necessidade de se discutir uma abordagem mais ampla (ou sistêmica) em saúde, para que possamos maximizar os benefícios das intervenções médicas. O modelo biopsicossocial proposto por Engel, *que contempla uma abordagem centrada na integralidade sistêmica e auto-organizada do ser humano*, demanda estratégias de intervenção que promovam o bem estar físico e psíquico, melhorem as relações sociais e as condi-

ções de vida e trabalho, atuando, *ipso facto*, também no âmbito da macroestrutura econômica, social e cultural.

Assim, procuramos, no próximo capítulo, destacar os autores e as concepções que mais contribuíram para o desenvolvimento da psicossomática, e também para a *problemática da relação mente-corpo*. O oitavo capítulo procura, por sua vez, empreender uma análise sistemática dos mecanismos fisiológicos subjacentes aos processos psicossomáticos. Além disso, esse capítulo constitui exemplificação de uma abordagem científica ao problema corpo-mente (e/ou cérebro-mente) com base na psicossomática.

7

REFERENCIAIS TEÓRICOS DA PSICOSSOMÁTICA

Neste capítulo, destacamos os autores e as concepções que mais colaboraram para o desenvolvimento da psicossomática e para *oproblema da relação mente-corpo*. Já no oitavo capítulo, analisamos os mecanismos fisiológicos dos processos psicossomáticos. Esse oitavo capítulo constituirá exemplificação de uma abordagem científica ao problema corpo-mente (e/ou cérebro-mente).

Psicanálise

O termo “psicossomática” foi utilizado, pela primeira vez, em 1818, por Heinroth, um psiquiatra alemão. Nessa época, Heinroth se dedicava ao estudo da insônia e os reflexos das paixões na tuberculose, destacando a possibilidade de uma influência dos fatores psicológicos nas patologias (Lipowski, 1984).

A compreensão da relação mente-corpo, até então, estava essencialmente baseada em uma visão dualista, tanto em relação ao princípio como em relação à função dos aspectos mentais e corporais. O funcionamento do corpo e o da mente eram, pois, considerados quase independentes entre si, e a interação ocorreria em uma via dupla, de modo psicossomático ou somatopsíquico. A compreen-

são da interação mente e corpo ganha novas perspectivas a partir da Psicanálise, à luz da qual ambas as dimensões, a mental e a corporal, passam a ser pensadas de modo conjunto, integrado e dinâmico, o que, por sua vez, favorece ou possibilita a criação de um campo de saber denominado *psicossomático* (Valente; Rodrigues, 2010).

Sigmund Freud

No final do século XIX, Freud (1835-1930) resgata, com o desenvolvimento da teoria psicanalítica, a importância dos aspectos internos ao homem, sua experiência interior. Não encontrando, nos corpos das histéricas, lesões orgânicas que justificassem os sintomas por elas apresentados, Freud (1893), em *Algumas considerações para um estudo comparativo das paralisias motoras orgânicas e histéricas*, afirma, então, que “[...] a histeria se comporta como se a anatomia não existisse, ou como se não tivesse conhecimento desta”. Assim, por exemplo, uma paralisia nos membros inferiores ocorria ainda que os músculos e nervos estivessem intactos, ou uma afasia ocorria sem que a área de Broca estivesse comprometida. Através da hipnose, era possível retirar ou até alterar os sintomas momentaneamente, o que, por sua vez, indicava que o organismo estava em condição “normal” de funcionamento. Exemplos como esses desafiaram a medicina da época, já que não havia, até então, qualquer explicação para eles (paralisia nos membros inferiores sem prejuízo nos músculos e nervos; afasia sem comprometimento da área de Broca), o que, por sua vez, fazia que a histeria caísse no âmbito da mera encenação e teatralidade.

Através da associação livre, que se tornou a técnica psicanalítica por excelência, as histéricas diziam o que lhes aparecia à mente e acabavam por lembrar uma cena traumática, trauma esse que, de certo modo, se associava aos sintomas. Essa associação era tal que, ao verbalizar a situação traumática, os sintomas eram abrandados. Assim, os sintomas passam a ter um sentido construído pelo sujeito, uma motivação desconhecida para o indivíduo, inconsciente.

Mas ao verbalizar e trazer à tona o evento traumático e reprimido, os sintomas eram, como mencionado, aliviados (Freud, 1895).

Podemos assim afirmar que, apesar de não ter se aprofundado nas questões de somatização com os estudos sobre histeria, Freud assinala a relevância dos aspectos psíquicos em algumas manifestações somáticas, fornecendo bases para se pensar na interação entre o psíquico e o somático a partir da psicanálise.

Georg Groddeck

Em 1917, Groddeck (1866-1934) publica, no periódico *Internationale Zeitschrift für Psychoanalyse*, sua obra intitulada *Condicionamento psíquico e tratamento de moléstias orgânicas pela psicanálise*, obra que foi considerada o marco da medicina psicossomática. No texto já aparece o conceito de *Isso*, “por quem somos vividos”, ao qual Groddeck atribui poder causal de ação sobre todo o organismo. Groddeck define a doença como uma das expressões do *Isso*, tal como o formato do nariz, o jeito de andar (como uma manifestação de vida), e não como um mal a ser combatido a qualquer preço. Groddeck supõe a manifestação do *Isso* até mesmo nos acidentes que nos acontecem (Casetto, 2006).

Eis o que afirma o autor:

A doença não provém do exterior, o próprio ser humano a produz; o homem só se serve do mundo exterior como instrumento para ficar doente, escolhendo em seu inesgotável arsenal de acessórios ora a espiroqueta da sífilis, ora uma casca de banana, depois uma bala de fuzil ou um resfriado. (Groddeck, 1923, p.21)

Groddeck estendeu o campo da psicanálise a todas as doenças, e a elas atribuía uma significação. Acreditou encontrar no significado da doença o valor simbólico dos sintomas, já que considerava o homem um ser inatamente predisposto à simbolização (Épinay,

1988). Assim, por exemplo, dores de cabeça aplacam os pensamentos; magreza e fraqueza denunciam a nostalgia da condição de recém-nascido; uma barriga, o desejo de gravidez. Groddeck menciona vários de seus próprios sintomas que fez desaparecer – inclusive a gota – somente com a autoanálise (Casetto, 2006). Uma vez que o sintoma constitui manifestação do *Isso*, a doença possui um sentido próprio, particular para o indivíduo. Um sentido impossível de determinar genericamente, seja por seu intrínseco caráter particular, seja porque não há limites precisamente definidos, mas, antes, um todo *fuzzy* (sem corte preciso) entre o saudável e o doentio, entre o ponto no qual começa a enfermidade e o ponto no qual termina a saúde. O papel do analista seria decifrar esse sentido através da análise, uma vez que a retomada da consciência sobre o que fez a pessoa desenvolver tal sintoma potencialmente produziria a cura.

Franz Alexander

Na década de 1930, surge, na cidade de Chicago, sob a direção de Franz Alexander (1891-1964), o Instituto Psicanalítico de Chicago. Alexander sustentava um modelo psicossomático de base psicofisiológica. Defendia que as doenças orgânicas poderiam ser entendidas basicamente como respostas fisiológicas exacerbadas decorrentes de estados de tensão emocional crônica, estados esses motivados por processos mentais inconscientes desprovidos de significado simbólico (Pasini, 1983). Segundo ele, estados emocionais reprimidos provocariam a cronificação das alterações fisiológicas que normalmente acompanham as emoções, alterações que se regularizam quando tais emoções são expressas e se desfazem. Assim, por exemplo, a raiva é acompanhada por um aumento da pressão sanguínea; trata-se de um concomitante fisiológico que não possui finalidade expressiva, constituindo apenas uma resposta regida pelo sistema nervoso simpático, que prepara o organismo para a ação. Mas se a raiva não pode ser diretamente expressa, nem encontra

um caminho alternativo, as alterações neurovegetativas associadas, como as relativas à pressão, deverão se manter em um patamar elevado (Casetto, 2006).

Associada à psicogênese, Alexander cria a teoria da especificidade, que preconiza que as respostas fisiológicas para estímulos emocionais, tanto normais como mórbidos, variam de acordo com a natureza do estado emocional precipitante. A resposta vegetativa de determinado estímulo emocional varia de acordo com a qualidade da emoção, e todo estado emocional possui sua correspondente síndrome fisiológica. Para Alexander, os aspectos emocionais e fisiológicos constituem expressões concomitantes diferentes de um mesmo processo, de um processo único. O aspecto emocional é expresso por palavras, enquanto o fisiológico é expresso por meio de alterações nas funções corporais, como, por exemplo, a alteração da pressão arterial na experiência emocional da raiva. O aumento da pressão arterial é o concomitante (expressão somática) daquele momento de vida da pessoa que está com raiva (expressão emocional daquele momento) (Valente; Rodrigues, 2010).

Os sintomas psiconeuróticos corresponderiam, na visão de Alexander, à construção de caminhos alternativos, individuais, para a expressão de emoções reprimidas. Portanto, os sintomas psiconeuróticos não seriam os responsáveis pelas organoneuroses, mas a psiconeurose seria uma modalidade de expressão alternativa do reprimido. Afirmava que a pressão sanguínea de alguns hipertensos normalizava-se quando se desenvolviam alguns sintomas neuróticos. Alexander rompia com a tradição que situava os males orgânicos como resultado direto ou indireto da psiconeurose (Casetto, 2006).

As proposições de Alexander foram questionadas nas décadas seguintes por autores que acreditavam que seu modelo psicossomático de base psicofisiológica se apoiava em uma visão dualista do homem. Endossando esses questionamentos, diversos psicanalistas franceses se organizaram com o intuito de delinear uma nova via de formação das manifestações corporais do sofrimento emocional (Peres, 2006).

Pierre Marty

Em 1962, Pierre Marty (1918-1993) e Michel de M'Uzan propuseram o conceito de pensamento operatório. Tratava-se da conceituação de uma modalidade de atividade psíquica diferente da neurose e da psicose. Ela descrevia um modo de pensamento consciente que parecia desprovido de simbolizações, de atividades oníricas, de duplos sentidos, de metáforas, de atos falhos e de fantasia (Valente; Rodrigues, 2010; Casetto, 2006), mas excessivamente orientado para a realidade externa e estreitamente vinculado à materialidade dos fatos (Peres, 2006), o que denota a existência de uma carência funcional do psiquismo (Horn; Almeida, 2003; Silva; Caldeira, 1993). A fala desses pacientes é usada mais como modo de se livrarem rapidamente das tensões do que para significar suas experiências (Casetto, 2006).

Em 1966, Marty propõe o conceito de “depressão essencial”. Tal depressão decorreria de eventos traumáticos, e tornaria o sujeito particularmente vulnerável ao adoecimento. O pensamento operatório poderia se estabelecer na cronificação desse estado, no qual a capacidade de elaboração psíquica do impacto da vida cotidiana estaria bastante comprometida (ibidem). Nas palavras de Marty:

Essa sintomatologia depressiva define-se pela falta: apagamento, em toda a escala, da dinâmica mental (deslocamentos, condensações, introjeções, projeções, identificações, vida fantasmática e onírica). Não se encontra, nessa depressão “conveniente”, a “relação libidinal” regressiva e ruidosa das outras formas de depressões neuróticas ou psicóticas. Sem contrapartida libidinal, portanto, como a desorganização e a fragmentação ultrapassam sem dúvida o domínio mental, o fenômeno é comparável ao da morte, onde a energia vital se perde sem compensação. (Marty, 1993, p.19)

Marty (1993) define o psiquismo como um conjunto de funções complexas, evolutivamente mais recentes do que as somáti-

cas e, portanto, mais suscetíveis à desorganização. Ele permitiria aos organismos lidar com o impacto afetivo de situações da vida. O psiquismo deficiente, tanto emocional como simbolicamente, desorganiza-se progressivamente com a introdução de um distúrbio, cabendo então ao somático lidar com tal distúrbio (Valente; Rodrigues, 2010). Nesse caso, um processo regressivo atingiria algum ponto de fixação somático, fazendo que um distúrbio se estabelecesse na função correspondente a esse ponto, de modo a estancar o processo involutivo e permitir a reorganização posterior e gradual do sujeito (Casetto, 2006). Tais pontos de fixação seriam em parte herdados, em parte constituídos pela história de vida do sujeito, sendo as manifestações somáticas destituídas de sentido próprio. Desse modo, cada indivíduo apresentaria uma sintomatologia com fortes traços que lhe são próprios, particulares, de tal modo que a psicossomática deve ser pensada a partir do sujeito e não a partir da doença (Valente; Rodrigues, 2010).

A somatização, então, surgiria em decorrência de estruturas psíquicas deficitárias na capacidade de representação e elaboração simbólica. Assim, o sintoma ocorreria pela ausência de sentido, em virtude da incapacidade do psiquismo para lidar com o distúrbio. Portanto, um menor grau de atividade mental corresponde a uma maior vulnerabilidade somática. À capacidade de elaboração simbólica, que indicaria a qualidade e a quantidade das representações psíquicas, Marty (1998) denominou mentalização. Quanto melhor a mentalização, maior a capacidade do psiquismo em sustentar os choques dos traumatismos no registro psíquico (Valente; Rodrigues, 2010).

Marty recomendou uma terapêutica diferente, especialmente nos casos de somatizações graves. Devido à negatividade simbólica e à ausência de referências afetivas, resultantes do pensamento operatório, sua proposta era de um trabalho psicoterápico em que o papel do terapeuta seria de nomeação dos estados psíquicos e, sobretudo, afetivos, de modo a suprir a carência simbólica, que visasse “o estabelecimento ou o restabelecimento do melhor funcionamento possível” do psiquismo do paciente (1990, p.57). Propunha

também sessões face a face, com vistas a não deixar o paciente no desamparo frente à sua pobreza simbólica, e apenas uma vez por semana, pela sobrecarga psíquica que representam para uma estrutura frágil (Casetto, 2006; Valente; Rodrigues, 2010).

Joyce McDougall

McDougall (1996) propõe o conceito de desafetação para explicar o processo de somatização. Esse conceito corresponde a um mecanismo que ejeta, do psiquismo, percepções, pensamentos e fantasias capazes de (res)suscitar afetos insuportáveis, relacionados a experiências traumáticas primitivas. Ocorre um esvaziamento de significação afetiva da palavra. Esse recurso exigiria novas modalidades de dispersão da energia que foi ejetada, que poderia tomar a forma de comportamentos aditivos ou de somatizações. O sentido da doença diz respeito a um drama não representado, e para sê-lo, precisa vir ao âmbito da linguagem através da análise. McDougall concebe a somatização a partir de uma demanda de sentido, como uma história a ser reconstruída (Valente; Rodrigues, 2010).

A tendência a “ejetar” do próprio psiquismo percepções, fantasias e pensamentos associados a afetos se assemelha, em seus aspectos principais, a um mecanismo de defesa citado por Freud (1894/1996): o repúdio para fora do ego. Tal recurso não somente promove a exclusão de sentimentos do plano da consciência, mas também leva o indivíduo a agir como se nunca tivesse tido acesso aos conteúdos repudiados. Entretanto, na concepção freudiana, o repúdio para fora do ego leva ao surgimento de fenômenos alucinatorios e delirantes, de maneira que pode ser entendido como uma defesa específica das psicoses. McDougall (1996), por sua vez, propõe que os afetos “ejetados” do aparelho mental de pacientes somáticos não geram como subproduto alucinações ou delírios, mas, sim, se perdem sem qualquer espécie de compensação psíquica. Como consequência, tendem, ao contrário do que ocorre com os psicóticos, a ser reduzidos à sua pura expressão somática. Desse

modo, McDougall (1996) defende que as emoções podem (ao contrário do que sugerem os pressupostos metapsicológicos clássicos) efetivamente desaparecer do aparelho psíquico mediante a expulsão do plano consciente de pensamentos, fantasias e representações associadas a afetos capazes de provocar sofrimento (Peres, 2006).

O termo *desafetação* indica, por si só, o rompimento do indivíduo com seus próprios sentimentos. A *desafetação* leva o sujeito a encontrar dificuldades para apreender contrastes emocionais e discriminar tanto seus afetos como os afetos das demais pessoas com as quais convive, conduzindo ao estabelecimento de vínculos pouco consistentes (Bunemer, 1995).

McDougall (1989) destaca como causa central da *desafetação* as perturbações relacionais entre mãe e bebê. O bebê, como assinala McDougall (1996), antes de ter a capacidade de representar a si mesmo e o mundo em palavras, é necessariamente *alexitémico*. As mensagens enviadas pelo corpo ao psiquismo, e vice-versa, são inscritas sem representações de palavras no psiquismo, como no início da infância, e, assim, o indivíduo reagiria a uma emoção angustiante com a *somatização* (Valente; Rodrigues, 2010). Essa hipótese parte do princípio de que a figura materna possui, como principal tarefa, a proteção do filho contra as tensões provenientes do mundo exterior. Para tanto, deve interpretar a comunicação primitiva e nomear os estados afetivos de seu bebê, promovendo a progressiva “*dessomatização*” do aparelho mental. O adequado desempenho dessa tarefa subsidia o acesso da criança à palavra e favorece o desenvolvimento da capacidade de simbolização (Peres, 2006).

Marty e McDougall concordam que os sujeitos que apresentam processos de *somatização* se caracterizam por uma marcante restrição da capacidade de elaboração psíquica. Em função disso, tanto Marty como McDougall entendem as afecções orgânicas potencializadas pelo pensamento operatório ou pela *desafetação* como manifestações desprovidas de valor simbólico (Peres, 2006). Entretanto, o modelo de McDougall apresenta uma diferença importante em relação ao de Marty, ao dizer que a *somatização* é consequência de uma defesa do psiquismo, e não um processo de desorganiza-

ção; a desafetação seria precisamente para evitá-la. A doença teria, portanto, um sentido, mas que, por algum motivo, não pôde ser representado, em decorrência da angústia que suscitaria (Valente; Rodrigues, 2010).

Marty (1993) e McDougall também concordam que a utilização do termo “psicossomático”, como adjetivo, remete ao antigo dualismo cartesiano. Seguindo esse raciocínio, consideram um erro afirmar que uma doença é psicossomática, e pensam que a unicidade mente-corpo faz do homem um ser psicossomático por definição. Ambos reconhecem a multicausalidade do adoecimento e não atribuem exclusivamente a determinantes psíquicos a eclosão de enfermidades somáticas. Em virtude, porém, da complexidade e da multicausalidade do adoecimento, inegavelmente privilegiam a análise dos fatores emocionais associados a esse processo (Peres, 2006).

As abordagens de Marty e McDougall não se caracterizam como um reducionismo psicológico semelhante aos modelos apresentados nos primórdios da psicossomática psicanalítica, mas, sim, como um recorte necessário diante das múltiplas facetas do fenômeno que se propõem analisar. Tais abordagens são perfeitamente compatíveis com o modelo biopsicossocial de compreensão do processo saúde-doença, vigente nos dias de hoje. Além disso, as proposições de Marty e McDougall não excluem outras tentativas de explicação da gênese de enfermidades orgânicas – sejam elas médicas, culturais, sociais ou de outro caráter –, apoiadas em elementos conceituais de raciocínio distintos (Peres, 2006).

Christophe Dejours

Christophe Dejours, para explicar os processos de somatização, propôs o conceito de subversão libidinal: “O processo pelo qual funções biológicas seriam ‘colonizadas’ por jogos eróticos no contexto da relação afetiva materna. A subversão libidinal corresponde à constituição do corpo erógeno a partir do corpo biológico”

(Caseto, 2006). Nesse sentido, tal subversão seria essencial para o trabalho psíquico das pulsões e, sobretudo, para a atenuação da violência que representam em estado bruto. Se, diante da mobilização dessas forças no cotidiano, não houver a possibilidade de representação, restam os caminhos da atuação (violenta) ou da somatização. O adoecimento ocorreria, assim, para se evitar a ação destrutiva, partindo-se do veto à representação.

Dejours questiona a visão solipsista de Marty, que confere demasiada ênfase aos aspectos intrasubjetivos envolvidos nos processos de traumatismo, empreendendo análises restritas aos movimentos psíquicos interiores, e prestando menor atenção aos aspectos externos. De acordo com Dejours, o sintoma somático aconteceria na relação com o outro; a pessoa “adoeceria por alguém”. Destaca, então, a importância de se considerar os aspectos intersubjetivos nessa discussão:

Na relação com o outro eu mobilizo não somente pensamentos, ideias e desejos, mas, também, o meu corpo para expressar este pensamento e este desejo. De certo modo, eu mobilizo o corpo a serviço da significação. (Dejours, 1998, p.32)

Sendo dirigido a outro, Dejours atribui ao sintoma somático um caráter intencional e, mais precisamente, uma intencionalidade expressiva. O sintoma ocorreria porque a captura libidinal não pôde ser feita e transformada em um “agir expressivo” dirigido a outro. O corpo é convocado para produzir significações e, sobretudo, para produzir efeitos (sedução, medo, sono etc.) no outro. Mas isso depende do corpo erógeno, de haver sido constituído pela gradativa “colonização” do orgânico pelo psíquico. Entretanto, algumas funções do corpo podem ficar fora dessa transformação, por dificuldade dos pais em “brincar” com ela, de modo a não se colocarem “a serviço do agir expressivo dos movimentos e estado afetivo (ou emocionais) do corpo” (Dejours, 1999, p.30). A essa impossibilidade Dejours chama “forclusão da função”.

Quando, no contexto de uma dinâmica intersubjetiva, uma função não é convocada, estará criado o contexto mais favorável à so-

matização. O seu sentido, no entanto, não está na origem, e, sim, no *a posteriori* de seu surgimento, já que deverá ser um produto elaborado no contexto da relação com outro: “[...] o sentido do sintoma somático, se é que ele existe, não está no sintoma, mas no trabalho de interpretação eventualmente desencadeado por ele” (Dejours, 1999, p.40). O sentido do sintoma precisa ser criado, mas isto não se fará senão com alguém. Para que o analista seja esse alguém, diz Dejours, ele precisará se deixar questionar por esse acontecimento, revendo sua compreensão da transferência, repensando suas hipóteses de trabalho. Em outras palavras, ele deverá permitir que a surpresa (não há previsibilidade em análise) ou que a concretude do sintoma transforme-se em um enigma da relação, e não somente do paciente; ele deverá, em síntese, se deixar afetar (Dejours, 1999).

Dejours deslocou a discussão do fenômeno psicossomático para a relação afetiva, apesar de traços dessa tendência também serem perceptíveis em McDougall. A anterior oposição entre doença com ou sem sentido foi transformada na admissão de que o sentido – e a significação – estaria no cerne do processo de adoecimento, mas não em sua origem (Caseto, 2006).

Apesar das divergências nas modalidades de compreender e lidar com o fenômeno psicossomático, percebemos que alguns atributos se mantêm entre as propostas, de modo que a noção psicanalítica de somatização vai adquirindo forma. Ela se coloca na relação entre o psíquico e o somático, quando, em decorrência de estresse psicossocial, o corpo experimenta sintomas e distúrbios que são influenciados pelo psiquismo, seja no surgimento, na manutenção ou no término desses. Nessas manifestações corporais, havendo ou não a presença de lesão anatômica, a feição emocional é bem explícita.

Neurofisiologia e as teorias sobre as emoções

No âmbito da neurofisiologia, alguns teóricos se dispuseram a explicar as inter-relações entre os aspectos cognitivos, emocionais e os processos somáticos.

William James

James (1842-1910) e Lange propuseram uma relação entre experiências emocionais e processos corporais, e argumentaram que a experiência emocional surge da percepção das mudanças no corpo. Eles definiram a emoção como uma sequência de eventos que começa com a ocorrência de um estímulo e termina com um sentimento, com uma experiência emocional consciente. Para James e Lange, há três passos essenciais na produção de uma emoção. O primeiro passo está relacionado às atividades viscerais, vasculares e/ou somáticas. No segundo passo, essas mudanças são detectadas por receptores sensoriais periféricos associados a cada uma dessas atividades e por sinais desses receptores transmitidos ao cérebro. No terceiro passo, o cérebro gera a atividade que é necessária ao sentimento de uma emoção (Pereira JR.; Almada, 2011).

James associa as excitações emocionais aos instintos. Objetos de raiva, amor, medo etc., não apenas levam um homem a realizar atos exteriores, mas também provocam alterações características em sua atitude e fisionomia, além de afetar a respiração, a circulação e outras funções orgânicas de modo específico. Assim, todo objeto que excita um instinto, excita também, e *ipso facto*, uma emoção (James, 1890).

De acordo com a teoria de James-Lange, as emoções causam sentimentos “especiais”, distintos de outros estados mentais, porque elas, as emoções, estão envolvidas com respostas corporais que originam ou despertam sensações internas, e diferentes emoções causam distintos sentimentos porque são acompanhadas por diferentes respostas corporais e sensações (Ledoux, 1996). Por exemplo, em uma situação de perigo, durante o ato de fugir, o corpo passa por alterações fisiológicas: aumento da pressão sanguínea e da frequência cardíaca, dilatação das pupilas, transpiração das palmas, contração muscular. Outros tipos de situações emocionais resultarão em diferentes respostas corporais. Em cada caso, as respostas retornam ao cérebro como sensações corporais, e o padrão único de *feedback* sensorial confere, a cada emoção, uma

qualidade igualmente única. O medo causa uma sensação diferente da raiva e do amor porque ambos possuem distintos sinais fisiológicos correlatos. O aspecto mental da emoção, o sentimento, depende intrinsecamente de sua fisiologia, e não o contrário: não trememos porque estamos com medo, ou choramos porque estamos tristes; temos medo porque trememos, e ficamos tristes porque choramos (James, 1890).

Além disso, para James e Lange, diferenças individuais na qualidade da representação corporal podem constituir a base de diferenças individuais na experiência emocional: alguém “constitucionalmente” sintonizado nas sensações de seu coração pode experimentar algumas emoções (talvez medo e amor) com maior intensidade do que outro indivíduo com uma representação mais forte do funcionamento do estômago (Critchley, 2009).

Damáσιο (1996) aponta algumas limitações intrínsecas à perspectiva de James. Segundo ele, o principal problema não é tanto o fato de James reduzir a emoção a um processo que envolve o corpo, mas antes, e sobretudo, o fato de James ter atribuído pouca ou nenhuma importância ao processo de avaliação mental da situação que provoca a emoção. Outra questão problemática foi James não ter estipulado um mecanismo alternativo ou suplementar para criar o sentimento correspondente a um corpo excitado pela emoção. Na perspectiva jamesiana, o corpo encontra-se sempre interposto no processo. Além disso, James pouco ou nada tem a dizer sobre as possíveis funções da emoção na cognição e no comportamento.

Em suma, James postulou a existência de um mecanismo básico em que determinados estímulos no ambiente excitam, por meio de um mecanismo inflexível e congênito, um padrão específico de reação do corpo. Porém, no caso de seres humanos, que são seres essencialmente sociais, sabemos que há emoções desencadeadas por um processo mental de avaliação que é voluntário, e não automático (Damásio, 1996).

Walter Cannon

A teoria de James-Lange dominou a psicologia da emoção até ser questionada na década de 1920 por Walter Cannon (1871-1945), um notável fisiologista que pesquisava as respostas corporais que ocorriam nos estados de fome e emoções intensas. A pesquisa de Cannon levou-o a propor o conceito de uma “reação de emergência”, uma resposta fisiológica específica do corpo que acompanha qualquer estado no qual a energia precise ser empregada (Ledoux, 1996). De acordo com a hipótese de Cannon, o fluxo do sangue é redistribuído às áreas do corpo que estarão ativas durante uma situação de emergência, de modo que o suprimento de energia, que é transportado pelo sangue, alcançará os músculos e os órgãos críticos. Na situação de luta, por exemplo, os músculos precisarão de mais energia do que os órgãos internos (a energia usada para a digestão pode ser sacrificada em prol da energia muscular durante uma luta). A reação de emergência, ou resposta de “fuga ou luta”, constitui, assim, uma resposta adaptativa que ocorre em antecipação e em serviço ao gasto de energia, como é frequentemente o caso nos estados emocionais (Ledoux, 1996).

Cannon acreditava que as respostas corporais que compõem a reação de emergência eram mediadas pelo sistema nervoso simpático, uma divisão do sistema nervoso autônomo (SNA). O SNA é composto de uma rede de células e fibras neurais localizadas no corpo, e que controlam a atividade dos órgãos internos e das glândulas em resposta a comandos do cérebro. Os sinais corporais característicos da excitação emocional (como coração acelerado e palmas suadas) eram considerados como o resultado da ativação da divisão simpática do SNA, que se acreditava agir de maneira uniforme, independentemente de como ou por que haviam sido ativados. À luz dessa suposta singularidade do mecanismo da resposta simpática, Cannon propôs que as respostas fisiológicas que acompanham diferentes emoções deveriam ser independentes do estado emocional particular que é experimentado. Como resultado, James não po-

deria estar certo sobre por que diferentes emoções causam sensações diferentes, considerando que todas as emoções, de acordo com Cannon, têm a mesma manifestação no SNA. Cannon também notou que as respostas do SNA são muito lentas para contribuir para os sentimentos; nós já estaríamos experienciando a emoção no momento em que essas respostas ocorrem. Então, ainda que diferentes emoções venham a ter diferentes manifestações corporais, essas seriam muito lentas para contribuir para o que quer que venhamos a sentir (amor, ódio, medo, alegria, raiva ou desgosto) em uma situação específica. A resposta para o enigma da emoção, de acordo com Cannon, se encontra completamente no cérebro, e não requer que o cérebro “leia” as respostas corporais, como James havia suposto ser o caso (Ledoux, 1996).

Cannon argumentou que, apesar de o *feedback* corporal não poder contribuir para diferenças nas emoções, tal *feedback* desempenha um papel importante, conferindo às emoções seu sentido característico de urgência e intensidade (Ledoux, 1996). Apesar de James e Cannon discordarem acerca daquilo que distingue diferentes emoções, esses autores parecem, contudo, concordar que as emoções causam sensações que são diferentes de outros estados (não emocionais) da mente, em função das suas (das emoções) respostas corporais.

Antônio Damásio

Damásio revigorou o campo de estudo das emoções com testes neuropsicológicos de laboratório e com a observação clínica de pacientes neurológicos com lesão em diferentes regiões no lobo frontal, o que, por sua vez, levou-o a formular a *hipótese do marcador somático*, hipótese essa que envolve e pressupõe uma inter-relação entre processos cognitivos e emocionais.

Damásio (1996) compreende a emoção como a combinação de um processo mental simples ou complexo de avaliação, com respostas disposicionais a esse processo, em sua maioria dirigidas ao

corpo propriamente dito, resultando em um estado emocional do corpo, mas também dirigidas ao próprio cérebro (núcleos neurotransmissores no tronco cerebral), o que, por sua vez, deflagra alterações mentais adicionais. Em outras palavras, a emoção corresponde a um conjunto de mudanças no estado corporal associadas a imagens mentais específicas (pensamentos) que ativaram sistemas específicos no cérebro. Ele distingue emoções primárias e secundárias, sendo as primárias consideradas inatas, pré-organizadas e não específicas, isto é, que podem ser causadas por um grande número de seres, objetos e circunstâncias (exemplo: medo, raiva, amor). As emoções secundárias provêm de representações disposicionais adquiridas (e, por conseguinte, não inatas), representações disposicionais essas que incorporam a experiência única do indivíduo no transcurso da sua vida. As emoções primárias dependem da rede de circuitos do sistema límbico, especialmente da amígdala e do giro do cíngulo. Já as emoções secundárias envolvem processamento no córtex frontal, embora os estímulos possam ainda atuar diretamente no sistema límbico.

Na experiência da emoção, o corpo passa por mudanças significativas, e é levado a um novo estado. O processo se inicia com uma avaliação cognitiva do acontecimento, que evoca imagens cerebrais verbais e não verbais. Em um plano não consciente, redes no córtex pré-frontal reagem automática e involuntariamente aos sinais resultantes do processamento de tais imagens.

Essa resposta pré-frontal provêm de representações disposicionais que incorporam informações relativas ao modo pelo qual determinados tipos de situações ou circunstâncias têm sido habitualmente combinados com, ou seguido por, certas respostas emocionais na experiência do indivíduo. Ainda de modo não consciente, automático e involuntário, a resposta das disposições pré-frontais é assinalada à amígdala e ao cíngulo anterior. As disposições nessas últimas regiões respondem: (a) ativando os núcleos do sistema nervoso autônomo e enviando os sinais ao corpo através dos nervos periféricos; (b) enviando sinais ao sistema motor, de modo que a musculatura esquelética complete o quadro externo de uma emoção

por meio de expressões faciais e posturas corporais; (c) ativando os sistemas endócrino e peptídico, cujas ações químicas resultam em mudanças no estado do corpo e do cérebro; e (d) ativando, com padrões especiais, os núcleos neurotransmissores não específicos no tronco cerebral e no prosencéfalo basal, os quais liberam então as mensagens químicas em diversas regiões do telencéfalo (exemplo: gânglios basais e córtex cerebral) (Damásio, 1996).

A hipótese do marcador somático (HMS) relaciona os estados emocionais ao processo de tomada de decisão. De acordo com Damásio (1996), a emoção decorrente da pré-avaliação cognitiva (formação de imagens sensoriais) é expressa por meio de mudanças na representação de estados corporais, estados esses que, por sua vez, enviam um *feedback* ao cérebro, influenciando também processos cognitivos, como a tomada de decisão. Antes de aplicar uma análise de custo-benefício às premissas, e antes de raciocinar com vistas à solução do problema, sucede algo importante. Quando surge um bom ou mau resultado associado a uma opção de resposta, o indivíduo experimenta uma sensação visceral que pode ser agradável ou desagradável, e essa sensação é, pois, levada em conta na tomada de decisão. Como o fenômeno envolve sensações corporais, Damásio atribuiu-lhe o termo técnico de estado *somático*; e, porque o estado “marca” ou particulariza uma imagem, chamou o *marcador*.

A função do marcador-somático é chamar atenção para o potencial resultado negativo a que a ação pode conduzir, caso venha a ser adotada na presença de certa situação ou circunstância. Nesse sentido, o marcador somático se expressa como um sinal de alarme automático que diz: atenção ao perigo decorrente da adoção desta ou daquela linha de ação na presença desta ou daquela situação ou circunstância, linha de ação essa que, à luz de experiências anteriores, terá certo resultado previsível mais ou menos certo. Assim, o sinal pode fazer que o indivíduo rejeite imediatamente o rumo de ação negativo (anteriormente experienciado como problemático), levando-o a escolher outras alternativas. O sinal automático protege-o de prejuízos futuros, sem mais hesitações, e permite-lhe depois escolher entre um número menor de

alternativas. A análise de custo-benefício e a capacidade dedutiva adequada ainda têm um importante papel a desempenhar na escolha de um curso adequado de ação, mas apenas depois de esse processo automático reduzir drasticamente o número de opções disponíveis (Damásio, 1996).

Os marcadores somáticos constituem um caso especial do uso de sentimentos gerados a partir de emoções secundárias. Essas emoções e esses sentimentos foram conectados, pela aprendizagem, a *resultados futuros previstos*, que se seguiram da adoção de uma linha de ação na presença de uma circunstância (ou situação) específica. Quando um marcador somático *negativo* é associado a certo resultado futuro, a combinação ou conexão entre *circunstância* (ou situação) e *linha de ação* funciona, na ocorrência da circunstância (ou situação), como uma *campainha de alarme*, um alerta para a não adoção da linha de ação. Por outro lado, quando um marcador somático *positivo* é associado a certo resultado futuro, a combinação ou conexão entre *circunstância* (ou situação) e *linha de ação* funciona na ocorrência da circunstância (ou situação) como um *incentivo* para a adoção da linha de ação (Damásio, 1996).

A maior parte dos marcadores somáticos que usamos para a tomada racional de decisões foi provavelmente criada no nosso cérebro durante o processo de educação e socialização, pela associação de categorias específicas de estímulos a categorias específicas de estados somáticos. Os marcadores somáticos são, portanto, adquiridos por meio da experiência, sob o controle de um sistema interno de preferências, e sob a influência de um conjunto externo de circunstâncias que incluem não só entidades e fenômenos com os quais o organismo precisa interagir, mas também com convenções sociais e regras éticas (Damásio, 1996).

O conjunto crítico e formativo de estímulos para os emparelhamentos somáticos é, não há dúvida, adquirido na infância e na adolescência. Mas o crescimento do número de estímulos somaticamente marcados termina apenas quando a vida chega ao fim, pelo que é adequado descrever esse crescimento como um processo contínuo de aprendizagem.

Apesar das divergências existentes entre os diversos autores, notamos um consenso acerca da existência de uma relação entre emoções e manifestações somáticas, excluindo a possibilidade de uma completa separação funcional entre mente e corpo. É unânime a convicção de que processos emocionais são acompanhados por alterações fisiológicas, o que, por sua vez, aponta para a interligação ou interconexão entre mente e corpo. Restam então ao menos três possibilidades de entendimento da relação mente-corpo, todas de interesse para a psicossomática:

- a) Uma via de mão única entre mente e corpo, tal que os processos mentais teriam efeitos somáticos, mas não vice-versa;
- b) Uma via de mão única entre corpo e mente, tal que os processos somáticos teriam efeitos mentais, mas não vice-versa;
- c) Uma via de mão dupla entre mente e corpo, de tal modo que os processos mentais teriam efeitos somáticos, e os processos somáticos teriam efeitos mentais.

A terceira possibilidade (próxima da abordagem de Damásio e colaboradores) é de maior interesse para a medicina psicossomática. Na análise realizada nas seções seguintes, assumimos (como pressuposto de trabalho) a existência de uma via de influência de mão dupla entre processos mentais e somáticos, sem maior aprofundamento das questões filosóficas envolvidas na discussão das três interpretações acima. A seguir, serão explicitados os mecanismos fisiológicos da psicossomatização, além da importância dos aspectos cognitivos e emocionais na manifestação de uma variedade de quadros clínicos, sustentando a visão integrativa e multidimensional do ser humano.

8

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E O ESTRESSE EM PSICOSSOMÁTICA

Nas últimas décadas, avanços significativos em biologia celular e molecular, genética, neurociências e estudos de neuroimagem revelaram as múltiplas conexões entre os sistemas nervoso, endócrino, imunológico e os outros sistemas do corpo, proporcionando uma base sólida para o desenvolvimento da medicina psicossomática.

A medicina psicossomática aborda a distinção mente-corpo à luz da, e com ênfase na, interação entre estados afetivos/emocionais e processos de somatização. Muitas são as evidências de que estados emocionais, particularmente os negativos, desencadeiam uma série de alterações neuroendócrinas e imunológicas, alterações que, por sua vez, afetam a fisiologia de todo o organismo.

Além da influência direta na saúde, estados emocionais negativos, como depressão e ansiedade, podem também conduzir a comportamentos adversos ou contrários à saúde, como tabagismo, alcoolismo, uma dieta não saudável e atividade física reduzida. Além disso, e de modo ao menos indireto, os estados emocionais negativos também contribuem para o desenvolvimento de doenças (Ho, 2010).

O aspecto cognitivo também está relacionado ao processo saúde-doença, como pode ser observado no caso dos efeitos placebo e nocebo, em que as crenças do indivíduo podem, respectivamente,

manifestar melhora ou piora no quadro de saúde. Outro exemplo da influência de aspectos cognitivos no estado de saúde encontra-se nos casos de adoecimento ou morte por conjuro ou enfeitiçamento. Nestes casos, a eficácia da magia implica a crença no poder do feiticeiro e na confiança da opinião coletiva. O indivíduo é intimamente convencido pelas tradições de seu grupo de que está condenado, e acaba instanciando ou produzindo esse fim (Lévi-Strauss, 1975).

O desencadeamento de doenças causadas diretamente por fatores emocionais é estudado no âmbito da fisiologia do estresse. Há, no conceito de estresse, dois aspectos fundamentais: o estressor (qualquer fator, seja ele físico ou psicológico, que quebre o equilíbrio fisiológico) e a resposta ao estresse (reações do organismo projetadas para restabelecer o equilíbrio). A palavra “estresse” será utilizada para se referir ao estado geral de estressores que provocam respostas ao estresse.

A fisiologia do estresse emergiu como uma disciplina real primeiramente devido ao trabalho de Walter Cannon e Hans Selye. No início do século XX, estava claro que a manutenção da homeostase constituía, de fato, grande prioridade do corpo, mas havia pouca compreensão acerca de como nosso corpo realizava esse equilíbrio.

Todos os organismos devem manter um equilíbrio dinâmico, ou homeostase, que é constantemente desafiado por forças adversas internas e externas, forças essas chamadas estressores. O estresse ocorre quando a homeostase sofre uma ameaça real ou percebida; a homeostase é restabelecida por várias respostas adaptativas fisiológicas e comportamentais (Chrousos, 2009). Essas respostas são mediadas pelo sistema nervoso central (SNC) e autônomo (SNA), e pelos sistemas neuroendócrino e imunológico que, juntos, compõem o sistema do estresse (Novack, 2007).

O sistema do estresse coordena eficientemente respostas adaptativas do organismo a estresses físicos de curto prazo, que é o tipo de estressor que os organismos encaram na maioria das vezes, desempenhando um importante papel na manutenção da homeostase basal. A ativação desse sistema conduz a mudanças comportamen-

tais e periféricas que melhoram a habilidade de adaptação do organismo e aumentam suas chances de sobrevivência.

A magnitude e a cronicidade dos estressores são importantes. As doenças relacionadas ao estresse parecem mais propensas a surgir quando (i) a resposta ao estresse é ativada por muito tempo ou com muita frequência (estressores crônicos) e (ii) quando é ativada por razões não fisiológicas em primeira instância (estressores psicológicos e sociais) (Sapolsky, 1992). A resposta inadequada ou prolongada a estressores pode não apenas prejudicar o crescimento e desenvolvimento do organismo mas também pode resultar em uma variedade de distúrbios endócrinos, metabólicos, autoimunes e psiquiátricos (Charmandari, 2005).

Os estressores incluem uma longa lista de forças potencialmente adversas, que podem ser de natureza física ou emocional (Chrousos, 2009). As variáveis psicológicas são da mais alta relevância na modulação da resposta ao estresse. Alguns estudos têm mostrado que os fatores psicológicos que desencadeiam uma clássica resposta ao estresse incluem situações de perda, falta de controle, falta de previsibilidade e falta de “válvulas de escape” para frustração (Sapolsky, 1992). As alterações endócrinas e neurais que compreendem a resposta ao estresse têm uma coerente dinâmica de operação. Assim, por exemplo, quando há uma situação de estresse, o organismo mobiliza energia e a distribui para as partes do corpo que dela (da energia) mais diretamente necessitam. O organismo atenua a dor e a inflamação, melhora a cognição e a atenção, e inibe os processos fisiológicos não essenciais em situações de emergência, como, por exemplo, digestão, reprodução, crescimento e sistema imunológico, vistos, em circunstâncias especiais, como um dispêndio desnecessário de energia (Sapolsky, 1992).

O resultado dessa rede são concentrações aumentadas de glicose na corrente sanguínea. A glicose, junto com o oxigênio, precisa ser distribuída mais rapidamente para os músculos que estão em atividade. Assim, a frequência de respiração também aumenta. A pressão sanguínea e a frequência cardíaca se elevam. A água é retida na circulação para aumentar o volume do sangue. Além disso, par-

tes do sistema circulatório são fechadas para assegurar que o sangue seja preferencialmente desviado para os músculos que realmente precisam dele (Sapolsky, 1992). Essas são, precisamente, algumas consequências de respostas endócrinas e neurais que serão descritas, com mais detalhes, no transcurso deste capítulo.

Os mediadores neurais e endócrinos da resposta ao estresse

O sistema do estresse recebe e integra diversos sinais cognitivos, emocionais, neurosensoriais e somáticos periféricos, que chegam através de diferentes caminhos. Mudanças ocorrem no SNC e em vários órgãos e tecidos periféricos. No SNC, a resposta ao estresse inclui facilitação de caminhos neurais que auxiliam nas funções adaptativas agudas e com tempo limitado, tais como excitação, vigília e atenção focada, e inibição de caminhos neurais que auxiliam agudamente funções não adaptativas, tais como alimentação, crescimento e reprodução. Além disso, mudanças relacionadas ao estresse conduzem a um aumento na oxigenação e na nutrição do cérebro, do coração e dos músculos esqueléticos, que são todos órgãos cruciais para a coordenação central da resposta ao estresse e da reação de “fuga ou luta” (Chrousos, 2009).

Embora todas as regiões do cérebro estejam potencialmente envolvidas nos processos psicossomáticos, algumas são essenciais, devido ao envolvimento com o funcionamento do SNA: áreas do córtex frontal e cingulado e sistema límbico, incluindo a amígdala e núcleos da base. Uma vez que regiões cerebrais associadas a emoções desempenham papel nos processos psicossomáticos, os caminhos neurais, que promovem a mediação desses efeitos, também podem contribuir (Novack, 2007).

Hormônios neuroendócrinos têm um papel essencial na regulação da homeostase basal e das respostas a ameaças, e estão envolvidos na patogênese de doenças caracterizadas por alostase ou cacostase. A resposta ao estresse é mediada pelo sistema do

estresse, parcialmente localizado tanto no SNC como nos órgãos periféricos.

Efetores centrais e periféricos

Os efetores centrais do sistema do estresse são interconectados e incluem: os hormônios hipotalâmicos arginina-vasopressina (AVP ou ADH – hormônio antidiurético), hormônio liberador de corticotropina (CRH), peptídeos derivados de pro-opiomelanocortina (hormônio estimulador de melanócito- α e β -endorfina), a norepinefrina produzida nos centros A1/A2 do lócus ceruleus (LC) no tronco cerebral, e o sistema nervoso autônomo (SNA). Outros caminhos aminérgicos, tais como caminhos serotoninérgicos que se originam no mesencéfalo (núcleo da rafe) e nos sistemas hipotalâmicos histaminérgicos posteriores, acompanham a resposta ao estresse central da norepinefrina derivada do lócus ceruleus através da secreção de 5-hidroxitriptamina e histamina, respectivamente (Chrousos, 2009).

A atividade basal ideal e a responsividade do sistema do estresse são essenciais para uma sensação de bem-estar, performances bem-sucedidas em tarefas, e interações sociais apropriadas. Por outro lado, a atividade basal excessiva ou inadequada (e a responsividade desse sistema) deve prejudicar o desenvolvimento, o crescimento e a composição do corpo, e conduzir a condições patológicas comportamentais e somáticas (Chrousos, 2009).

Os principais efetores periféricos são os glicocorticoides, que são regulados pelo eixo hipotalâmico-pituitária-adrenal (HPA), e as catecolaminas norepinefrina e epinefrina, que são reguladas pelo sistema nervoso simpático sistêmico e adrenomedular (Chrousos, 2009). Curiosamente, as fibras nervosas simpáticas pós-ganglionares também secretam CRH, entre outras substâncias, enquanto ambas as catecolaminas estimulam a liberação de interleucina-6 pelas células imunes e outras células periféricas via receptores β -adrenérgicos (Chrousos, 2000).

Os alvos de todos esses mediadores do estresse incluem os sistemas executivo e/ou cognitivo, de recompensa e de medo/raiva, os centros de sono-vigília no cérebro, o crescimento, os eixos reprodutivo e do hormônio da tireoide, assim como os sistemas gastrointestinal, cardiorrespiratório, metabólico e imunológico (Chrousos, 2009).

Há múltiplos locais de interação entre os vários componentes do sistema do estresse. Há conexões neurais de estimulação recíproca entre os neurônios de CRH e noradrenérgicos do sistema central do estresse. Circuitos de *feedback* negativos autorregulatórios também estão presentes nos neurônios de CRH do núcleo paraventricular (NPV) e noradrenérgicos do tronco cerebral, com fibras colaterais inibindo a secreção de CRH e de catecolaminas (Charmandari, 2005).

Os neurônios de CRH e noradrenérgicos também recebem inervação estimulatória dos sistemas serotoninérgico e colinérgico, e sinais inibitórios do ácido gama-aminobutírico (GABA), da benzodiazepina (BZP) e de sistemas de peptídeos opioides do cérebro, assim como do produto final do eixo HPA, os glicocorticoides (Charmandari, 2005). Os glicocorticoides e a epinefrina (adrenalina) são os dois hormônios críticos liberados durante a resposta ao estresse.

O eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA)

Sinais neurosensoriais são processados em última instância no NPV do hipotálamo e no centro noradrenérgico do LC. Em resposta aos estressores, o hipotálamo secreta CRH e AVP. Do NPV, neurônios contendo CRH enviam eferências à eminência medial e projeções para os centros noradrenérgicos do tronco cerebral e da medula espinhal. A liberação de CRH posteriormente ativa o eixo HPA, conduzindo à liberação de peptídeos da pituitária produzidos pela clivagem diferencial de pro-opiomelanocortina, conhecidos como hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), encefalinas e endorfinas. O ACTH induz a liberação de glicocorticoides pelo córtex da adrenal (Tausk; Elenkov; Moynihan, 2008).

Os glicocorticoides são hormônios esteroides e ocorrem em diferentes formas. Em humanos e primatas, a principal forma liberada é o cortisol (também conhecido como hidrocortisona). Outros hormônios, citocinas e informações neuronais dos nervos autônomos do córtex da adrenal também podem participar da regulação da secreção de glicocorticoides (Bornstein, 1999).

Durante o estresse, há um aumento na secreção de CRH por alguns poucos segundos, de ACTH por talvez cerca de 15 segundos e de glicocorticoides por alguns minutos. Entretanto, presume-se que o CRH seja apenas um das prováveis dezenas de hormônios hipotalâmicos que modulam a liberação de ACTH pela pituitária. Alguns estudos mostraram que diferentes estressores causam diferentes padrões desses hormônios a serem liberados pelo hipotálamo (Sapolsky, 1992).

O CRH é o principal regulador hipotalâmico do eixo HPA. O CRH e seus receptores têm sido detectados em muitos locais extra-hipotalâmicos no cérebro, incluindo partes do sistema límbico, no prosencéfalo basal e no sistema simpático no lócus ceruleus noradrenérgico (LC-NE) no tronco cerebral e na medula espinhal. A administração intraventricular de CRH resulta numa série de respostas comportamentais e periféricas, assim como ativação do eixo HPA e do SNS, indicando que o CRH desempenha um papel muito importante na coordenação da resposta ao estresse (Charmandari, 2005).

A AVP, embora seja um potente fator sinérgico do CRH, exibe pouca atividade secretagoga para ACTH. Uma interação positiva recíproca entre CRH e AVP também existe no plano do hipotálamo, com cada peptídeo estimulando a secreção do outro. Em situações não estressantes, CRH e AVP são secretados no sistema porta de maneira altamente concordante, circadiana e pulsátil. Durante o estresse agudo, há um aumento na amplitude e na sincronização da liberação pulsátil de CRH e AVP no sistema porta hipofisário. Além disso, dependendo do estressor, outros fatores, tais como a angiotensina II, várias citocinas e mediadores lipídicos da inflamação são secretados e agem no hipotálamo, na pituitária e/ou nos

componentes adrenais do eixo HPA, potencializando sua atividade (Charmandari, 2005).

Os glicocorticoides são os agentes finais do eixo HPA e desempenham um importante papel na regulação de sua atividade basal, assim como na conclusão da resposta ao estresse pela atuação nos centros extra-hipotalâmicos, no hipotálamo e na glândula pituitária. Sendo hormônios pleiotrópicos, os glicocorticoides estão envolvidos em diferentes funções no organismo, e exercem seus efeitos através de receptores distribuídos por toda a parte no meio intracelular. Na ausência de ligante, o receptor de glicocorticoide não ativado situa-se primariamente no citoplasma das células como parte de um grande complexo multiproteico. Com a ligação do hormônio, o receptor se dissocia das outras proteínas e se desloca para o núcleo, onde regula a expressão gênica (Bamberger, 1996).

O *feedback* negativo dos glicocorticoides na secreção de CRH e ACTH serve para limitar a duração da exposição total dos tecidos do organismo aos glicocorticoides, minimizando, desse modo, os efeitos catabólicos, lipogênicos, antirreprodutivos e imunossupressores desses hormônios (Sapolsky, 1992).

O sistema nervoso autônomo (SNA)

O SNA tem atividade involuntária, e envolve e pressupõe uma ampla gama de funções, a fim de regular o meio interno para manter a homeostase. Assim sendo, o SNA facilita respostas adaptativas dos sistemas endócrino, imunológico, sensorimotor e cognitivo. Entretanto, a atividade autônoma de tal sistema não pode ser reduzida a manter a homeostase imediata do cérebro ou do corpo, uma vez que o SNA também fornece um apoio a comportamentos complexos, como a reação emocional. Nesse sentido, a atividade autônoma é reativa ao estímulo, mas também contém uma dimensão antecipatória (Sequeira, 2009).

O controle autônomo é exercido por redes neuronais localizadas nos sistemas nervosos central e periférico. A rede autônoma central

contém dois tipos de neurônios autonômicos: neurônios pré-motores e neurônios pré-ganglionares. Esses neurônios estão distribuídos em três planos: hipotálamo, tronco cerebral (núcleos e nervos cranianos, medula rostroventrolateral, núcleo do trato solitário) e medula espinhal (células da coluna intermediolateral). Neurônios pré-ganglionares enviam fibras para os gânglios autonômicos, centros neuronais pequenos e complexos, onde estão localizados os neurônios pós-ganglionares, que estão diretamente conectados aos alvos autonômicos, que incluem o músculo liso dos vasos, o coração, os músculos esqueléticos, os rins, os intestinos, a gordura e diversos outros órgãos (Sequeira, 2009).

Toda a informação autonômica sensorial e motora é organizada e transmitida por duas principais divisões de neurônios autonômicos: os componentes parassimpático e simpático. O fluxo parassimpático está sob comando dos neurônios autonômicos localizados em vários núcleos do tronco cerebral e da medula espinhal sacral, enquanto o fluxo simpático está sob controle exclusivo dos neurônios da medula espinhal torácica. Ambos os fluxos são modulados por influências descendentes e transitórias do tronco cerebral, do hipotálamo, do sistema límbico e até mesmo de áreas corticais (Sequeira, 2009).

Em geral, o fluxo parassimpático é mais ativo durante o repouso e o sono e promove a recomposição e a restauração de energia, enquanto a subdivisão simpática responde a situações de estresse e emergência (reações de fuga ou luta), além de facilitar o gasto de energia (emoção, frio, exercício, dor) (Sapolsky, 1992). As fibras simpáticas originárias da medula espinhal terminam na medula adrenal, e estimulam a liberação de epinefrina. Outras projeções vão para cada órgão no corpo, e liberam um hormônio relacionado chamado norepinefrina. Epinefrina e norepinefrina pertencem à classe dos compostos conhecidos como catecolaminas. Como veremos, glicocorticoides e catecolaminas promovem juntos a mediação da maioria das mudanças que compõem a resposta ao estresse.

Muitas das manifestações somáticas de processos cognitivos e emocionais são mediadas pelo SNA. O SNA e as fibras aferentes que o acompanham representam os principais canais neurais

através dos quais o cérebro e os órgãos internos interagem (Jänig, 2008). Estudos clínicos e de neuroimagem destacam a relação dinâmica entre mente e corpo, e ajudam a identificar substratos neurais que podem traduzir pensamentos em excitação autonômica e estados corporais em sentimentos que podem ser compartilhados, que sustentam a *hipótese do marcador somático* de Damásio (1996).

Dados eletrofisiológicos autonômicos podem contribuir para um melhor entendimento dos substratos neurais do processamento emocional. A atividade autonômica se apresenta como uma interface corpo-cérebro relevante, e pode ser medida pela atividade eletrodérmica (AED). As variações eletrodérmicas dependem da quantidade de suor secretado pelas glândulas sudoríparas. Essas glândulas estão localizadas principalmente na hipoderme das regiões palmar e plantar, e secretam suor através dos ductos sudoríparos. Tal secreção está sob controle da inervação simpática que transmite influências do sistema nervoso central para as glândulas sudoríparas. As variações no suor são sensíveis marcadores de eventos com significação especial para os indivíduos, geralmente relacionados a alguma emoção, novidade ou atenção (Sequeira, 2009).

Diversos estudos baseados em imagens neurofisiológicas do cérebro e em métodos neuropsicológicos demonstraram fortes relações entre hipotálamo, sistema límbico (amígdala, hipocampo e giro cingulado), áreas corticais frontais e a AED. Esses dados claramente apoiam a tese do SNA como um elo que liga componentes mentais e emocionais no corpo (Sequeira, 2009).

Em um estudo, observou-se que a amplitude das respostas eletrodérmicas aumentou linearmente como estimativa da excitação aumentada, não tendo relação com a valência emocional. Figuras ou palavras emocionais foram apresentadas aos participantes ao longo de várias sessões durante o dia. A AED, a avaliação afetiva e a experiência emocional foram gravadas antes e durante a apresentação. Após a apresentação de cada figura, os participantes indicaram suas avaliações afetivas pela estimativa da valência e da excitação das figuras e, ao fim da sessão, relataram a experiência emocional induzida pela sessão experimental por meio de uma escala visual

análoga. Esse estudo mostrou uma relação temporal próxima entre a AED e a experiência emocional, e assim contribuiu para enfatizar o papel dos padrões autonômicos temporais como um indicador básico da emotividade (Sequeira, 2009).

A contribuição dos registros da AED não está limitada à investigação da emotividade conscientemente relatada, e pode ser estendida à investigação do processamento inconsciente (Sequeira, 2009). Silvert et al. (2004) mediram a reatividade eletrodérmica, como índice da excitação emocional, a figuras assustadoras não identificadas. As respostas de condutância da pele desencadeadas por palavras não mascaradas e mascaradas foram maior em magnitude quando as palavras tinham conteúdo emocional do que quando eram neutras. Esse estudo demonstrou que, em participantes normais, o material verbal mascarado é autonomicamente discriminado na ausência de identificação do estímulo, e de identificação da valência consciente, o que, por sua vez, parece validar a questão do inconsciente (abordado pela psicanálise) na psicossomática.

Distúrbios do sistema do estresse

O sistema do estresse tem atividade circadiana basal e também responde a estressores sob demanda. A atividade basal apropriada e uma resposta ao estresse adequada são essenciais para uma sensação de bem-estar, performance adequada em tarefas e interações sociais positivas. Por outro lado, a atividade basal inapropriada e/ou uma responsividade inadequada do sistema do estresse, em termos de magnitude e duração, devem prejudicar o crescimento, o desenvolvimento e a composição do corpo e contribuem para muitos transtornos comportamentais, endócrinos, metabólicos, cardiovasculares, autoimunes e alérgicos (Chrousos, 2009).

Durante o estresse, o organismo também ativa forças restritivas que impedem uma resposta exacerbada dos componentes central e periférico do sistema do estresse. Essas forças são essenciais para o sucesso da adaptação. Se elas são excessivas ou falham

ao conter, de maneira apropriada, os vários elementos da resposta ao estresse, as mudanças adaptativas podem se tornar cronicamente deficientes ou excessivas, respectivamente, e podem contribuir para o desenvolvimento de patologias (Charmandari, 2005).

A ativação crônica do sistema do estresse pode conduzir a uma variedade de transtornos que são o resultado da secreção aumentada e/ou prolongada de CRH e/ou glicocorticoides. Já a hipoativação desse sistema é caracterizada pela redução crônica da secreção de CRH e de norepinefrina, e pode resultar em estados de hipoexcitação. Por exemplo, pacientes com depressão atípica ou sazonal e a síndrome de fadiga crônica demonstram hipoativação crônica do eixo HPA no estado depressivo do primeiro e no período de fadiga do segundo (Ehlert, 2001). Similarmente, pacientes com fibromialgia geralmente se queixam de fadiga e apresentam uma baixa concentração de cortisol (Demitrack, 1998).

Doenças agudas e crônicas relacionadas ao estresse

Através de seus mediadores, o estresse pode conduzir a condições patológicas físicas e mentais, agudas ou crônicas, em indivíduos com um histórico de vulnerabilidade genética, constitucional e/ou epigenética (McEwen, 2007). O estresse agudo pode desencadear manifestações alérgicas, tais como asma, eczema ou urticária; fenômeno angiocinético, tais como enxaquecas, ataques hipertensivos ou hipotensivos; diferentes tipos de dor, tais como dores de cabeça, abdominais, pélvica e lombar; sintomas gastrointestinais, como gastrite, indigestão, diarreia, constipação; e também ataques de pânico e surtos psicóticos. O estresse crônico pode causar manifestações físicas, comportamentais e/ou neuropsiquiátricas: ansiedade, depressão, disfunção executiva e/ou cognitiva; fenômeno cardiovascular, como hipertensão e doença cardiovascular aterosclerótica; transtornos metabólicos, tais como obesidade, síndrome metabólica e diabetes mellitus tipo 2; doença degenerativa neurovascular; osteopenia e osteoporose; e distúr-

bios do sono, tais como insônia ou sono excessivo durante o dia (Chrousos, 2009).

A patogênese de transtornos agudos induzidos pelo estresse pode ser atribuída à secreção aumentada e a efeitos dos principais mediadores do estresse no contexto de um histórico de vulnerabilidade. Assim, ataques agudos de alergia podem ser ativados pela degranulação de mastócitos induzida por CRH imune no órgão vulnerável (por exemplo, os pulmões ou a pele). Essas reações causam asma ou eczema, respectivamente. Similarmente, enxaquecas podem ser causadas pela degranulação de mastócitos induzida por CRH imune nos vasos sanguíneos meningeais, que causam vasodilatação local e permeabilidade aumentada da barreira hematoencefálica; ataques de pânico ou psicóticos poderiam ser desencadeados pela eclosão de CRH na amígdala central que ativa a resposta de medo; ataques hipertensivos ou hipotensivos poderiam ser causados por um fluxo excessivo do sistema simpático ou parassimpático, respectivamente, induzido pelo estresse (Charmandari, 2005).

A patogênese dos transtornos crônicos relacionados ao estresse também pode ser explicada por uma secreção contínua e excessiva, e pelos efeitos dos principais mediadores do estresse, que influenciam as atividades de múltiplos sistemas homeostáticos (Franchimont, 2003; Chrousos, 2007). Esses transtornos, então, representam efeitos crônicos e não adaptativos de dois processos fisiológicos cujos mediadores devem ser secretados em quantidade e tempo limitados, mas que foram secretados de modo errado. As consequências negativas desses efeitos são comportamentais e somáticas.

O estresse crônico também gera consequências comportamentais que resultam da ativação contínua ou intermitente das síndromes do estresse e a secreção prolongada de seus mediadores (Chrousos, 2009). O CRH, a norepinefrina, o cortisol e outros hormônios ativam o sistema do medo, que produz ansiedade, anorexia e hiperfagia; os mesmos mediadores causam taquifilaxia do sistema de recompensa, que produz depressão e desejos por comida, outras substâncias ou estresse (Wong, 2000). Esses mediadores também

suprimem o sistema do sono, que causa insônia, perda de sono e sonolência durante o dia (Vgontzas, 2001). Por outro lado, a IL-6 e outros mediadores, possivelmente em sinergia com aqueles mencionados acima, geram fadiga, náusea, dores de cabeça e outras dores (Vgontzas, 2002). Os sistemas executivo e cognitivo também têm o funcionamento prejudicado como resultado da ativação prolongada e crônica das síndromes do estresse e da doença, podendo ocasionar performances abaixo do ideal e dificuldade no planejamento e na tomada de decisões (Chrousos, 2009). Um ciclo vicioso é iniciado e sustentado, no qual a má regulação comportamental leva a problemas psicossociais na família, em grupos, na escola e/ou no trabalho, que mantêm ou causam alterações em mediadores e exacerbam a má regulação comportamental.

Efeitos do estresse no metabolismo

Em situações de estresse, há necessidade imediata de energia. O cunho metabólico da resposta ao estresse é a necessidade de mobilizar energia para uso imediato. O armazenamento de energia e outros numerosos processos anabólicos são inibidos. Armazenamentos preexistentes de energia são quebrados em partes mais simples e disponibilizados na corrente sanguínea como substratos energéticos. Em tempos de abundância, quando há excesso de substratos energéticos em circulação, o corpo os armazena em formas complexas de armazenagem. Os lipídeos circulantes (na forma de ácidos graxos e glicerol) são armazenados no tecido adiposo como triglicerídeos. Aminoácidos são armazenados ao longo do corpo como proteínas, e a glicose é armazenada como glicogênio. O hormônio crítico nesse processo de armazenamento é a insulina, que é secretada pelo pâncreas em resposta a um sinal lógico: concentração aumentada de glicose na circulação. Nas células adiposas, a insulina promove a assimilação de glicose, a síntese de ácidos graxos e o bloqueio da quebra de triglicerídeos. Todos esses passos promovem a formação e a manutenção do estoque de triglicerídeos. Nos mús-

culos, a insulina promove o transporte de glicose e aminoácidos, a síntese de glicogênio e proteína, além do bloqueio da quebra de proteínas e glicogênio. Finalmente, no fígado, a insulina promove a formação de glicogênio e bloqueia a quebra do glicogênio preexistente (Sapolsky, 1992).

Com o surgimento de um estressor, a secreção de insulina é tipicamente inibida e o armazenamento de substratos é interrompido. O processo de acesso aos substratos já armazenados é mais complexo, envolvendo principalmente glicocorticoides, catecolaminas e glucagon. Coletivamente, eles revertem todos os efeitos da insulina. Em células adiposas, a assimilação de glicose e a síntese de proteínas e ácidos graxos são interrompidas. Os triglicerídeos preexistentes são quebrados (lipólise) e os ácidos graxos livres são liberados na circulação. Nos músculos, a assimilação de glicose e aminoácidos e a síntese de glicogênio e proteínas são interrompidas. O glicogênio e as proteínas preexistentes são degradados (glicogenólise e proteólise) e glicose e aminoácidos são liberados na circulação. Como um passo final, glicocorticoides, catecolaminas e glucagon estimulam o fígado a converter ácidos graxos e aminoácidos em glicose (gliconeogênese) (Sapolsky, 1992).

Assim, diante de um estressor agudo, há um aumento na concentração de glicose disponível para qualquer tecido que necessite. Entretanto, quando ativadas cronicamente, essas adaptações metabólicas podem causar doenças. A hipersecreção crônica dos mediadores do estresse (em indivíduos com um histórico de vulnerabilidade, e expostos a um ambiente permissivo) pode levar ao acúmulo de gordura visceral, como resultado do hipercortisolismo crônico, hipersecreção de insulina reativa, baixa secreção de hormônio do crescimento e hipogonadismo (Chrousos, 2000). Essas mesmas mudanças hormonais levam a sarcopenia, osteopenia e/ou osteoporose. A obesidade visceral e a sarcopenia estão associadas a manifestações de síndromes metabólicas, tais como dislipidemia (níveis elevados de colesterol total, triglicérides e LDL e nível diminuído de HDL), hipertensão e tolerância a carboidratos ou diabetes mellitus tipo 2 (Chrousos, 2009).

Além dos seus efeitos catabólicos diretos, os glicocorticoides também antagonizam as ações do GH e dos esteroides sexuais no catabolismo do tecido adiposo (lipólise) e no anabolismo do músculo e do osso. A ativação crônica do sistema do estresse está associada ao aumento da adiposidade visceral, a atividade osteoblástica suprimida e a perda de massa muscular e óssea (sarcopenia, osteopenia e osteoporose). A ativação crônica do sistema do estresse está também associada a um fenótipo observado em pacientes com síndrome de Cushing, alguns pacientes com depressão melancólica e pacientes com síndrome metabólica (obesidade visceral, resistência à insulina, dislipidemia, hipertensão, hipercoagulação, doença cardiovascular aterosclerótica, apneia do sono), muitos dos quais mostram atividade aumentada do eixo HPA e demonstram manifestações clínicas e bioquímicas similares (Chrousos, 2000).

A osteoporose tipo II é quase invariavelmente vista em associação com hipercortisolismo e deficiência de GH, e representa um outro exemplo de efeitos adversos de concentrações elevadas de cortisol e concentrações diminuídas de GH/IGF-I na atividade osteoblástica. O hipogonadismo induzido por estresse e as concentrações reduzidas de esteroides sexuais podem posteriormente contribuir para o desenvolvimento da osteoporose. A prevalência aumentada de osteoporose tem sido relatada em mulheres jovens com depressão ou uma história anterior de depressão (Michelson, 1996).

Devido à gliconeogênese aumentada constituir uma característica básica da resposta ao estresse e os glicocorticoides induzirem resistência à insulina, a ativação do eixo HPA pode também contribuir para o parco controle de pacientes diabéticos com estresse emocional ou concomitantes inflamatórios ou outras doenças. A ativação crônica branda do eixo HPA tem sido constatada em pacientes com diabetes tipo I com controle glicêmico moderado ou pobre, e em pacientes com diabetes tipo II que desenvolveram neuropatia diabética. Ao longo do tempo, a adiposidade progressiva induzida por glicocorticoides causa posterior resistência à insulina e deterioração do controle glicêmico. Logo, a ativação crônica do sistema do estresse em pacientes com diabetes mellitus pode resultar

em um ciclo vicioso de hiperglicemia, hiperlipidemia, e aumento progressivo da resistência à insulina, além da necessidade de insulina (Tsigos, 1993).

A função da tireoide é também inibida durante o estresse. A ativação do eixo HPA está associada à produção diminuída do hormônio estimulador da tireoide (TSH), assim como está associada à inibição da conversão periférica da tiroxina (relativamente inativa) na (biologicamente ativa) tri-iodotironina. Essas alterações podem estar relacionadas às concentrações aumentadas de somatostatina induzidas por CRH e glicocorticoides. A somatostatina suprime o hormônio liberador de tireotropina (TRH) e o TSH, enquanto os glicocorticoides inibem a atividade da enzima 5-deiodinase, que converte tiroxina em tri-iodotironina. Durante o estresse inflamatório, as citocinas inflamatórias, tais como TNF- α , IL-1 e IL-6 também ativam a secreção de CRH, e inibem a atividade da 5-deiodinase (Charmandari, 2005).

Efeitos do estresse no sistema cardiovascular

Na presença de um estressor físico, o aumento do tônus cardiovascular é uma resposta fisiológica adequada, a fim de melhor distribuir a glicose mobilizada e o oxigênio aos tecidos que deles necessitam. Isso é realizado, na maioria das vezes, através do sistema nervoso simpático, que estimula o coração a bater mais rápido. A pressão sanguínea é elevada através de vasoconstrição, que indiretamente aumenta a força da contração cardíaca. A circulação do sangue para alguns órgãos (o trato digestivo, por exemplo) é diminuída, o que, por sua vez, constitui parte da estratégia de diminuir o gasto energético com funções não essenciais. O volume sanguíneo também é aumentado pela vasopressina, que intensifica a reabsorção de água pelos rins (Sapolsky, 1992).

Os resultados patogênicos dessas mudanças são óbvios, caso essas mudanças venham a ser continuamente experienciadas em intervalo temporal estendido. A hiperatividade do sistema simpático

pode levar à hipertensão essencial. A hipertensão crônica danifica o músculo do coração, enfraquece a parede dos vasos sanguíneos e promove a deposição de colesterol, além da formação de placas de ateroma. É bem estabelecido que o estresse crônico e certos padrões de comportamento (Tipo A: comportamentos de competitividade, impaciência e hostilidade) são fatores de risco para doença coronariana (Sapolsky, 1992).

A inflamação vascular propicia o desenvolvimento da aterosclerose. Estressores psicológicos favorecem a inflamação e, por conseguinte, a progressão da aterosclerose. Estressores provocam mudança na função endotelial, e levam à quimiotaxia. A disfunção endotelial também resulta no recrutamento e na adesão de linfócitos T e plaquetas. As células T ativadas, por sua vez, produzem citocinas inflamatórias, tais como TNF- α , IL-1 e IL-6, que estimulam macrófagos e células do endotélio vascular e amplificam a cascata do processo inflamatório. A IL-6 está significativamente associada à doença arterial coronariana (DAC), ao acidente vascular cerebral e à insuficiência cardíaca congestiva. Além disso, o TNF- α também mostra uma significativa associação com DAC (Ho, 2010).

Pesquisas têm demonstrado que estressores psicológicos agudos levam a mudanças imunológicas que tornam os indivíduos suscetíveis à doença arterial coronariana, devido ao aumento na expressão de moléculas de adesão nas células endoteliais, aos níveis de proteínas de fase aguda, e a fatores hemostáticos no soro. Esses fatores podem ativar a cascata de coagulação e propiciar a formação de trombos, levando ao infarto do miocárdio e a outras doenças vasculares (Ho, 2010).

Efeitos do estresse no sistema gastrointestinal

A digestão é inibida em situações de estresse. Apesar de o processo digestivo prover ao corpo os nutrientes necessários, a digestão não é capaz de desempenhar esse papel de modo tão rápido a ponto de contribuir positivamente em situações de emergência.

As alterações em situações de estresse são principalmente mediadas pelo sistema nervoso autônomo, através da mudança do tônus parassimpático para o simpático. Normalmente, o primeiro estimula a digestão. Na boca, a saliva é secretada, ao passo que, no estômago, são secretados ácido, pepsinogênio, muco e gastrina. Nos intestinos, a secreção de diversas enzimas digestivas e hormônios é estimulada, incluindo lipase, tripsinogênio, quimiotripsina, enteroquinase, colecistoquinina (CCK) e polipeptídeos intestinais vasoativos (PIV). Além disso, as contrações e o relaxamento do estômago e a contração dos esfíncteres acontecem de modo coordenado, para promover a digestão. Com o estresse, esses processos são inibidos, devido ao tônus parassimpático diminuído e ao aumento da descarga simpática (Sapolsky, 1992).

No estresse prolongado, diversas patologias gastrointestinais emergem, incluindo principalmente as úlceras gástricas. As causas da ulceração por estresse são pouco compreendidas, mas várias teorias têm sido propostas: (1) como o fluxo sanguíneo para o trato gastrointestinal é inibido, a distribuição de oxigênio e nutrientes é reduzida. Caso essa situação venha a ser prolongada, erosões e úlceras podem se formar na mucosa gástrica; (2) normalmente, o estômago depende considerável energia na construção e no engrossamento de suas paredes e na secreção de muco. Tudo isso tem um efeito protetor contra o efeito potencialmente ulcerativo do ácido gástrico. Quando a resposta ao estresse é prolongada (e a secreção de ácido é inibida cronicamente), o estômago reduz essas atividades de manutenção. Na realidade, o estômago decide que é um gasto de energia engrossar as paredes e produzir muco se há apenas uma exposição mínima aos ácidos gástricos. Então, quando os estressores diminuem e a secreção de ácido volta ao normal, as paredes do estômago estão vulneráveis a úlceras e erosões. Nesse cenário, as lesões ocorrem nem tanto durante um estressor, mas como consequência; (3) o reparo da úlcera é ajudado por uma classe de compostos chamados prostaglandinas. Glicocorticoides, entretanto, são poderosos inibidores da síntese de prostaglandinas. Então, estressores prolongados podem não somente causar úlceras, mas também prejudicar seu reparo (Sapolsky, 1992).

O CRH induz a inibição da secreção do ácido gástrico e do esvaziamento do estômago, enquanto estimula a função motora do cólon. Esses efeitos são mediados pela inibição do nervo vago (que conduz à inibição seletiva da motilidade gástrica) e pela estimulação do sistema parassimpático sacral regulado por LC-NE, que resulta em estimulação seletiva da motilidade do cólon. Portanto, o CRH pode estar implicado na mediação da estase gástrica observada após cirurgia ou durante o processo inflamatório, quando concentrações centrais de IL-1 estão elevadas. O CRH pode desempenhar um papel na hipermotilidade colônica induzida por estresse em pacientes com síndrome do intestino irritável. A contração do cólon e a dores nesses pacientes pode ativar os neurônios simpáticos LC-NE, formando um ciclo vicioso potencialmente capaz de contribuir para a cronicidade do problema (Charmandari, 2005).

Efeitos do estresse no sistema reprodutivo

A reprodução é certamente uma das atividades que demandam mais energia, especialmente no sexo feminino, e não pode ter uma alta prioridade em situações de emergência.

Durante situações de estresse, o eixo reprodutivo também é inibido em todos os níveis por vários componentes do eixo HPA. No hipotálamo, o CRH e a β -endorfina inibem a secreção do hormônio liberador de gonadotropina (GnRH). A prolactina inibe a sensibilidade da pituitária ao GnRH, diminuindo a secreção do hormônio folículo-estimulante (FSH) e do hormônio luteinizante (LH). Os glicocorticoides exercem um efeito inibitório no neurônio de GnRH, nas gonadotropinas hipofisárias (FSH e LH) e nas gônadas, reduzindo a sensibilidade ovariana e testicular ao LH. Além disso, tornam os tecidos-alvo dos esteroides gonadais resistentes a esses hormônios (Charmandari, 2005).

Em alguns casos, os glicocorticoides, a β -endorfina e a prolactina exercem seus efeitos inibitórios pela diminuição no número de receptores para o LH em ambos os sexos; em outros, a β -endorfina

e a prolactina exercem efeitos pós-receptores. Ainda em outros, sensibilizam o cérebro aos efeitos inibitórios de outros hormônios (Sapolsky, 1992). Em adultos, o hipogonadismo induzido pelo estresse pode se manifestar como perda da libido e/ou diminuição da fertilidade (Chrousos, 2009).

No sexo feminino, essa rede de alterações faz que a secreção de estrógeno, progesterona e a formação de um ovócito viável sejam menos prováveis. Os níveis diminuídos de progesterona e aumentados de prolactina, por sua vez, prejudicam a maturação normal da parede uterina. Assim, se um ovócito é fertilizado, a despeito dessas consideráveis adversidades, é pouco provável, contudo, que a implantação apropriada na parede do útero ocorra de fato. Fêmeas de diversas espécies secretam, em pequenas quantidades, androgênios (hormônios sexuais masculinos) em suas glândulas adrenais. Ainda que em pequenas quantidades, os androgênios secretados normalmente seriam suficientes para prejudicar a reprodução. Entretanto, eles são tipicamente convertidos em estrógeno por enzimas nas células adiposas. Quando estressores envolvem perda de gordura corporal em fêmeas (por fome, doenças debilitantes, níveis de exercícios extremos ou anorexia nervosa), esse passo da conversão é diminuído. O resultado é uma quantidade menor de estrógeno e um acúmulo de androgênios circulantes, que podem ser prejudiciais à reprodução (Sapolsky, 1992). Mulheres genética ou constitucionalmente vulneráveis em idade reprodutiva podem desenvolver síndrome do ovário policístico (Chrousos, 2009).

No sexo masculino, o resultado é a diminuição da secreção de testosterona e, sob circunstâncias extremas, diminuição da produção de esperma. Outro aspecto da reprodução masculina pode ser extremamente vulnerável ao estresse: realizar e manter uma ereção. A ereção inicial requer o tônus parassimpático. Com estimulação contínua e excitação, respiração e frequência cardíaca elevadas (além do estado psicológico), o tônus se torna mais simpático do que parassimpático. A ejaculação consiste em uma repentina inibição do tônus parassimpático, com estimulação do tônus simpático. Com a inibição do tônus parassimpático durante o estresse, torna-

-se difícil ter uma ereção, resultando em impotência. E, se a ereção já ocorreu, a tendência de um estressor alterar o tônus parassimpático para o simpático acelera a transição normal, resultando em ejaculação precoce (Sapolsky, 1992).

Efeitos do estresse no crescimento

A secreção do hormônio do crescimento (GH) está sob controle bidirecional do hipotálamo, que contém um hormônio liberador de GH (GHRH) e um hormônio inibidor de GH (conhecido como somatostatina). A secreção de GH pode então ser inibida durante o estresse por ambas as vias. A inibição, na verdade, parece estar relacionada ao aumento da somatostatina induzido por CRH, já que a supressão da liberação do GH induzida pelo estresse é bloqueada com anticorpos contra somatostatina (Sapolsky, 1992). Os glicocorticoides também induzem a inibição dos efeitos do fator de crescimento I (IGF-I) (semelhantes à insulina e a outros fatores de crescimento nos tecidos-alvo) (Charmandari, 2005).

Em humanos, podem ocorrer, no início da resposta ao estresse, elevações agudas na concentração de GH ou após a administração aguda de glicocorticoides. Estressores crônicos tendem a diminuir a liberação de GH a níveis abaixo dos basais (Sapolsky, 1992; Charmandari, 2005). Síndromes de inibição do crescimento ocorrem em crianças sem uma causa orgânica óbvia (fome, doença crônica debilitante e outras), mas com história de privações e perturbações emocionais. Em tais casos, chamados de “nanismo psicossocial”, as crianças atingem em média metade da altura esperada para sua idade e secretam pouco GH, mesmo após estímulos que normalmente promovem a secreção de GH. Elas podem até mesmo não responder ao GH exógeno. Tipicamente, alguns meses após serem colocadas em um ambiente menos estressante, a concentração de GH e a taxa de crescimento voltam ao normal e, caso a criança não tenha atingido a puberdade, o crescimento pode ser suficiente para a criança ser capaz de alcançar uma estatura normal. Devemos en-

fatizar que o nanismo por estresse é uma doença rara, encontrada apenas em circunstâncias tragicamente estressantes (e frequentemente psicopatológicas) (Sapolsky, 1992; Chrousos, 2009). Crianças com síndrome de Cushing também apresentam crescimento atrasado ou retido, e atingem uma estatura final na fase adulta que é em média 7,5-8,0 cm abaixo da estatura prevista (Charmandari, 2005). Os mecanismos moleculares pelos quais os glicocorticoides suprimem o crescimento são complexos e envolvem mecanismos de transcrição e translação que finalmente influenciam a ação do GH (Vottero, 2003).

Em vários transtornos do humor relacionados ao estresse com um eixo HPA hiperativo, tais como na ansiedade ou na depressão melancólica, as concentrações de GH e/ou IGF-I são significativamente diminuídas e a resposta do GH a glicocorticoides administrados intravenosamente é atenuada. Em comparação a sujeitos saudáveis em grupo-controle, pacientes com distúrbio do pânico têm resposta diminuída do GH para clonidina administrada intravenosamente, enquanto crianças com distúrbios de ansiedade podem ter baixa estatura (Charmandari, 2005).

Efeitos do estresse na pele

A pele, mais do que qualquer outro órgão, parece ser influenciada por fatores emocionais, e a maioria dos dermatologistas encontram pacientes que reportam um relacionamento temporal entre doenças de pele e situações de vida estressantes. Estressores emocionais têm sido relacionados ao desenvolvimento ou à evolução de uma variedade de doenças cutâneas, incluindo acne, vitiligo, alopecia areata, líquen plano, dermatite seborreica, infecções por herpes simples, pênfigo, urticária, psoríase e eczema atópico (Tausk; Elenkov; Moynihan, 2008).

Reações inflamatórias da pele também têm mostrado ser parcialmente reguladas por caminhos ascendentes e descendentes entre o cérebro e o sistema nervoso sensorial. Em estudos com animais, a

lesão dos nervos sensoriais suprime a reação inflamatória da pele à histamina e, em humanos, reações inflamatórias da pele podem ser suprimidas por anestésicos locais. Isso sugere que a intensidade de uma reação inflamatória local (por exemplo a uma queimadura) depende parcialmente do *feedback* da área afetada ao cérebro (Zachariae, 2009).

Há relatos de que estressores emocionais precedem o surgimento da psoríase (Fortune, 2005). Farber (1986) tentou explicar esse fenômeno quando encontrou pacientes que sofreram rompimento traumático da inervação sensorial; observou que as placas de psoríase apresentadas nessas áreas inervadas pelos nervos seccionados desapareceram e apenas ressurgiram quando as fibras nervosas regeneraram e a sensibilidade retornou. Essa observação destacou o papel desempenhado pelos nervos sensoriais cutâneos, sugerindo que os neuropeptídeos secretados localmente contribuíam para a manutenção da psoríase. Subsequentemente, foi descoberto que as placas de psoríase exibem uma densidade aumentada da fibra nervosa e um teor alterado de neuropeptídeos, como peptídeo relacionado ao gene da calcitonina, substância P, peptídeo intestinal vasoativo e fator de crescimento do nervo.

A relação entre estresse e algumas formas de urticária também é apoiada por diversas observações. Pacientes que sofrem de urticária adrenérgica relataram que seus sintomas invariavelmente seguem situações estressantes agudas. A descoberta de que o estresse promove a mediação da degranulação de mastócitos via CRH e neuropeptídeos e o aumento de receptores para CRH nessas células sustenta essa teoria na patogênese da urticária (Tausk; Elenkov; Moynihan, 2008).

Efeitos do estresse no cérebro

Diversos estudos constataram que o estresse prolongado pode ser visto como neurodegenerativo. Os hormônios da resposta ao estresse apresentam vários efeitos no cérebro. Podem influenciar o

aprendizado e a memória, a vulnerabilidade à depressão, o comportamento alimentar e a agressão, dentre outros efeitos.

O sistema do estresse interage, influencia e é influenciado por vários sistemas no cérebro que desempenham funções cognitivas e/ou executivas, de medo e raiva e de recompensa; esses sistemas formam um complexo e integrado sistema de *feedback* positivo e negativo (McEwen, 2007).

Em situações agudas e limitadas no tempo, o sistema do estresse ativa o núcleo central da amígdala, que tem seu próprio sistema de CRH envolvido na geração de medo e/ou raiva; em retorno, o núcleo central da amígdala estimula o sistema do estresse e forma um circuito de *feedback* positivo de reforço mútuo (Makino, 1999).

Esse sistema também ativa (aguda e transitoriamente) o sistema de recompensa mesolímbico dopaminérgico (que liga a área tegmental ventral ao núcleo accumbens) e o sistema dopaminérgico mesocortical (que liga o tegmento ventral ao lobo frontal-pré-frontal), enquanto recebe sinais inibitórios do último (Fuster, 2001; Kallivas; Volkow, 2005).

Finalmente, o sistema do estresse afeta o hipocampo – uma região que desempenha papel fundamental na memória de médio prazo –, ao receber sinais negativos, parcialmente como *feedback* negativo dos glicocorticoides circulantes do eixo HPA para seu centro hipotalâmico, o NPV, e parcialmente como tônico, sinais inibitórios hipocampais no sistema do estresse (McEwen, 2007).

A hipercortisolemia crônica está associada à atrofia dos neurônios piramidais do hipocampo (cruciais na regulação da emoção e da memória), embora não seja claro como esse efeito é mediado. Em ratos subordinados, o dano e a morte das células hipocampais têm sido correlacionados com altos níveis de cortisol (Sapolsky, 1985). Em humanos, a atrofia do hipocampo tem sido encontrada em transtornos associados à desregulação do eixo HPA, incluindo transtorno depressivo maior recorrente, doença de Alzheimer, TEPT e síndrome de Cushing (Novack, 2007).

Conforme os animais envelhecem, há uma tendência à apresentação de déficits de memória. Uma perda de células no hipocampo é

implicada no início da perda de memória associada à idade. Além dos efeitos dos glicocorticoides no desenvolvimento e na plasticidade neuronal, os glicocorticoides parecem influenciar a quantidade de neurônios que o hipocampo perde durante o envelhecimento (Sapolsky, 1992).

A degeneração dos neurônios hipocampais induzida por glicocorticoides tem uma implicação insidiosa. Além do seu papel no aprendizado e na memória, o hipocampo inibe a liberação de CRH. Na resposta ao estresse, um grande número de hormônios é secretado, e então ocorre um *feedback* para encerrar essas secreções. O hipocampo serve como um “freio” adicional para encerrar a secreção de CRH, inibindo assim a secreção de esteroides adrenais. Quando a região CA3 do hipocampo é danificada, há um aumento na secreção de CRH e, *ipso facto*, um aumento na secreção de ACTH e dos hormônios do córtex da adrenal. Isso cria um círculo vicioso. Com o dano no hipocampo, há aumento na secreção de glicocorticoides. Os glicocorticoides aumentados produzem um dano adicional no hipocampo, e assim por diante (Sapolsky, 1992).

Psiconeuroimunologia

O primeiro estudo que pode ser razoavelmente considerado “psicoimunológico” foi publicado em 1919, e sugeriu que emoções negativas podiam influenciar o sistema imunológico de pacientes com tuberculose (Ishigami, 1919). Na década de 1920, uma série de estudos com animais (sobre as interações entre o cérebro e o sistema imunológico) foi conduzida na União Soviética pelos alunos de Pavlov, indicando que a resposta imunológica poderia ser influenciada pelo condicionamento clássico. Combinações repetidas de um estímulo neutro (exemplo: calor) com um antígeno imunoestimulante (exemplo: bactéria inativada) resultavam na ativação da resposta imunológica, quando era apresentado apenas o estímulo neutro (Metal’nikov; Chorine, 1926).

Nas décadas de 1950 e 1960, resultados de um pequeno número de estudos sugeriram que o estresse psicológico poderia aumentar a suscetibilidade à infecção (Rasmussem; Marsh; Brill, 1957) e exacerbar doenças autoimunes, tais como lúpus (Fessel; Solomon, 1960) e artrite reumatoide (Solomon, Amkraut; Kasper, 1964). Outros estudos com pacientes psiquiátricos reportaram alterações imunológicas em pacientes psicóticos, incluindo o número de linfócitos (Freeman, Phillips; Elmadjian, 1947) e uma baixa resposta de anticorpos na vacinação contra coqueluche, comparado com indivíduos-controle não psicóticos (Vaughan, Sullivan; Elmadjian, 1949). Em 1964, George F. Solomon e sua equipe cunharam o termo “psicoimunologia” e publicaram um artigo-marco: *Emotions, immunity, and disease: a speculative theoretical integration* (Solomon; Moos, 1964).

Em 1975, Robert Ader (psicólogo) e Nicholas Cohen (imunologista), da Universidade de Rochester, com a demonstração do condicionamento clássico da função imunológica, marcaram o início de uma nova abordagem multidisciplinar intitulada “psiconeuroimunologia”. Eles demonstraram experimentalmente que o sistema nervoso pode afetar o sistema imunológico (Ader; Cohen, 1975).

Em 1981, David Felten, então trabalhando na Universidade de Medicina de Indiana, descobriu uma rede de nervos conduzindo a vasos sanguíneos e a células do sistema imunológico. Os pesquisadores também encontraram nervos no timo e no baço, terminando próximos a grupos de linfócitos, macrófagos e mastócitos. Essa descoberta forneceu uma das primeiras indicações de como a interação neuroimune ocorre.

Em 1985, uma pesquisa feita pela neurofarmacologista Candace Pert revelou que receptores específicos para neuropeptídeos estão presentes em neurônios no cérebro e nas células do sistema imunológico (Pert, 1985). A descoberta de Pert (de que neuropeptídios e neurotransmissores atuam diretamente no sistema imunológico) mostra sua associação com emoções e sugere mecanismos através dos quais emoções e imunologia são profundamente interdependentes. As evidências de que os sistemas imunológico

e endócrino são modulados não apenas pelo cérebro, mas também pelo próprio sistema nervoso central, tem tido um enorme impacto no modo pelo qual compreendemos as emoções, assim como as doenças.

Enquanto a imunologia convencional pode ser capaz de descrever vários fenômenos imunológicos importantes (e independentes de outros processos), o completo entendimento do comportamento do sistema imunológico em um organismo vivo (como um sistema mais geral ou totalidade organizada) requer a investigação da cooperação entre os elementos do sistema imunológico em si, assim como de suas interdependências com outros elementos do sistema (do organismo) como um todo. A psiconeuroimunologia, expressando uma concepção sistêmica acerca da natureza dos organismos, desafia o conceito biomédico de um sistema imunológico “autônomo”, e representa uma mudança de paradigma para uma abordagem interdisciplinar biopsicossocial.

Conexão cérebro-sistema imunológico

Como argumentamos, o estresse pode influenciar a função imunológica. Disso se segue que o cérebro deve ser capaz de influenciar o sistema imunológico, uma vez que os estressores são percebidos pelo cérebro. Há diversas evidências sobre a interconexão entre cérebro e sistema imunológico que contribuíram para a aceitação da hipótese de que sistemas neuroendócrinos podem influenciar a função imunológica durante o estresse: (a) animais podem ser condicionados a alterar sua função imunológica, e tal condicionamento aprendido requer a participação do cérebro (Ader; Cohen, 1975); (b) há evidências de inervação simpática e parassimpática em órgãos e tecidos associados ao sistema imunológico, incluindo linfonodos, timo, baço e medula óssea (Felten, 1981); além disso, outras associações neuroimunológicas foram encontradas no tecido cutâneo, gastrointestinal e na mucosa (Bellinger; Lorton; Lubahn; Felten, 2001); e (c) mudanças nos níveis de hormônios e neurotransmisso-

res produzem mudanças na função imunológica, e vice-versa, além de as células linfoides conterem receptores para uma variedade de hormônios e neurotransmissores (Pert, 1985).

Além das influências dos processos psicológicos sobre o corpo, há evidências de que mudanças na fisiologia do corpo influenciam pensamentos, sentimentos e o comportamento motivacional. Emoções básicas ou primárias podem ter origem em estados de desequilíbrio fisiológico, incluindo inflamação e dor (Crutchley, 2009).

Pesquisas confirmaram a existência de interações bidirecionais entre cérebro e sistema imunológico; sinais são retransmitidos ao cérebro via nervo vago e via citocinas solúveis, incluindo as interleucinas IL-6 e IL-1 e o fator de necrose tumoral TNF- α (Tausk; Elenkov; Moynihan, 2008). Isso tem sido mostrado mais claramente por estudos do chamado comportamento doentio induzido por citocinas durante infecção (Dantzer, 2001). No plano comportamental, indivíduos infectados mostram atividade deprimida, perda de interesse pelo ambiente e redução na ingestão de alimento e, subjetivamente, infecções estão associadas a fadiga, humor deprimido e sensação aumentada de dor. Essas mudanças podem ser experimentalmente induzidas em humanos e animais saudáveis pela injeção de citocinas pró-inflamatórias, como a IL-1, que são normalmente liberadas pela ativação de células imunológicas durante a resposta a infecções virais ou bacterianas. Tem sido demonstrado que o estresse aumenta a suscetibilidade à infecção e influencia a imunocompetência, medida pela força da resposta imunológica às vacinas. O estresse também está associado a um maior risco de internação por infecção entre pacientes com câncer durante o tratamento (Zachariae, 2009).

Outros estudos mostram que estados emocionais induzidos experimentalmente podem afetar parâmetros imunológicos e inflamatórios (Zachariae, 2009). O humor negativo induzido experimentalmente foi associado à supressão, ao passo que o humor positivo foi associado ao aumento da quimiotaxia, uma medida da função imunológica. A resposta inflamatória da pele à histamina, um modelo de relevância para reações alérgicas imediatas, foi au-

mentada após indução de humor negativo e suprimida após indução de humor positivo.

Mecanismos de imunossupressão durante o estresse

Durante situação de estresse, a ativação do eixo HPA surte efeitos inibitórios profundos no sistema imunológico/resposta inflamatória, uma vez que praticamente todos os componentes da resposta imunológica são inibidos por glicocorticoides. No plano celular, os principais efeitos anti-inflamatórios e imunossupressores dos glicocorticoides incluem alterações na função e no tráfego de leucócitos, diminuição na produção de citocinas e mediadores da inflamação, além da inibição de suas ações nos tecidos-alvo. Esses efeitos são exercidos no estado basal de repouso, e também durante o estresse inflamatório, quando as concentrações circulantes de glicocorticoides são elevadas (Charmandari, 2005).

O sistema nervoso simpático (SNS) pode também contribuir para a imunossupressão induzida pelo estresse. Como vimos, o SNS (e provavelmente também os nervos parassimpáticos) enviam projeções para os tecidos imunológicos tais como o baço, o timo e a medula óssea. Estudos mostram que após a destruição dessas projeções do SNS, a atividade do sistema imunológico é aumentada, sugerindo um papel inibitório para o SNS (Sloan, 2007).

O SNA ativado também exerce efeitos sistêmicos nos órgãos imunológicos, pela indução de secreção de IL-6 na circulação sistêmica. Apesar da atividade inflamatória inerente, a IL-6 desempenha um maior papel no controle geral da inflamação pela estimulação da secreção de glicocorticoide e pela supressão de TNF- α e IL-1. Além disso, catecolaminas inibem a secreção de IL-12 e estimulam IL-10 via receptores β -adrenérgicos, causando, desse modo, a supressão da imunidade inata e celular e a estimulação da imunidade humoral.

Os efeitos combinados de glicocorticoides e catecolaminas nos monócitos/macrófagos e nas células dendríticas são para (i) ini-

bir a imunidade inata e as citocinas relacionadas a Th1, tais como interferon- γ e IL-12, e (ii) estimular citocinas relacionadas a Th2, tal como IL-10 (Elenkov; Chrousos, 1999). Isso sugere que a imunossupressão relacionada ao estresse se refere, na maioria das vezes, à imunidade inata e celular, facilitando doenças relacionadas à deficiência dessas respostas imunes, tais como o resfriado comum, a tuberculose e certos tumores (Charmandari, 2005).

Sabe-se que os sistemas neuroendócrinos regulam a função imunológica, mas dados mostram que o sistema imunológico também pode regular a função endócrina. Foi demonstrado que concentrações suprafisiológicas de IL-1 estimulam diretamente a liberação de glicocorticoides pela adrenal. O sistema imunológico pode realizar isso de outros modos. Há relatos de que linfócitos ativadas podem, por si mesmos, secretar ACTH. Outros fatores imunológicos, como a IL-2 e a IL-6, parecem estimular o eixo adrenocortical (Sapolsky, 1992).

Efeitos do estresse no sistema imunológico

O estresse crônico suprime a função imunológica, o que, por sua vez, prejudica a capacidade de enfrentar doenças efetivamente. Assim, o estresse crônico deveria contribuir para a maior probabilidade na ocorrência de várias doenças e um dano mais severo, uma vez que as doenças tenham ocorrido. Não por outra razão, podemos afirmar que o estresse tem efeitos muito difundidos na saúde.

A disfunção imunológica induzida pelo estresse crônico primariamente afeta a mudança de Th1 para Th2, e aumenta a vulnerabilidade dos indivíduos a certas doenças infecciosas e autoimunes. Por exemplo, a disfunção imunológica observada em indivíduos que são cronicamente estressados pode contribuir para a persistência da infecção por *Helicobacter pylori*, admitido que esse patógeno primariamente induz a ativação da resposta imunológica celular. O mesmo vale para infecções por *Mycobacterium tuberculosis* e para o vírus do resfriado comum. Similarmente, a mudança de Th1 para

Th2 aumenta a vulnerabilidade para doenças imunológicas dirigidas por Th2, tais como doença de Graves, lúpus eritematoso sistêmico e algumas condições alérgicas. A vulnerabilidade aumentada a certos neoplasmas e suas progressões pode constituir outro efeito do estresse crônico, mas essa questão permanece controversa (Chrousos, 2009).

Em teoria, uma resposta exagerada a estímulos inflamatórios seria esperada para mimetizar o estresse ou o estado hipercortisolêmico e conduzir à (i) suscetibilidade aumentada do indivíduo a certos agentes infecciosos ou tumores, mas (ii) resistência aumentada para doenças autoimunes inflamatórias. Em contraste, seria esperada uma resposta do eixo HPA abaixo do ideal a estímulos inflamatórios para reproduzir o estado de deficiência de glicocorticoide e conduzir a uma resistência relativa a infecções e doenças neoplásicas, mas uma suscetibilidade aumentada a doenças inflamatórias autoimunes (Charmandari, 2005).

Pacientes com depressão ou ansiedade mostram ser mais vulneráveis à tuberculose, em termos de prevalência e severidade da doença. Similarmente, o estresse tem sido associado à vulnerabilidade aumentada ao vírus do resfriado comum. Uma imunidade inata e dirigida por Th1 comprometida pode predispor um indivíduo a essas condições. Além disso, pacientes com artrite reumatoide, um doença inflamatória dirigida por Th1, exibem uma forma branda de hipercortisolismo central, apesar do estresse inflamatório principal, e respostas diminuídas do eixo HPA ao estresse cirúrgico. Portanto, a desregulação do eixo HPA pode desempenhar um papel crítico no desenvolvimento e/ou na perpetuação das doenças autoimunes de Th1 (Charmandari, 2005).

Há hipóteses de que o estresse possa estar envolvido na causa ou no agravamento do câncer. Teoricamente, isso poderia ocorrer em um número variado de formas: (1) a supressão do sistema imunológico e, especialmente, da atividade das células NK, facilita o estabelecimento de tumores. (2) Uma vez estabelecido, a principal tarefa de um tumor é obter nutrientes para estimular sua alta taxa de crescimento. Assim, um evento precoce após a formação de um

tumor é a estimulação da anfigênese, processo de formação e crescimento de novos vasos sanguíneos. A concentração de glicocorticoides em altos níveis de estresse potencializa a anfigênese. (3) Os efeitos de mobilização da glicose no estresse devem desviar glicose para o tumor e contribuir para seu crescimento (Sapolsky, 1992).

Em animais, experiências de vida estressantes podem prejudicar a função imunológica e aumentar a suscetibilidade e/ou mortalidade a tumores experimentais e a uma variedade de agentes infecciosos (exemplos: vírus do herpes simples, influenza, *cox-sackie*, *sindbis*) ou permitir que uma inicialmente inconsequente exposição a um patógeno se desenvolva em doença clínica. Em contraste, alguns desses mesmos estressores não têm efeito ou podem diminuir a suscetibilidade a outras doenças mediadas imunologicamente (Novack, 2007). Os efeitos das experiências de vida estressantes na função imunológica dependem da (i) natureza das circunstâncias comportamentais; (ii) da natureza da estimulação antigênica e do relacionamento temporal entre eles; (iii) da resposta imune e o tempo no qual tal resposta é medida; (iv) de uma variedade de fatores relacionados ao hospedeiro; e (v) da interações entre essas variáveis (Ader; Cohen, 1993).

Sloan e colaboradores (2007) descobriram que o estresse social crônico pode aumentar a densidade das fibras neurais catecolamínicas nos órgãos linfoides secundários de macacos *rhesus* adultos. Esse efeito está associado à transcrição aumentada da neurotrofina simpática, um fator de crescimento do nervo, e não envolve mudanças no tamanho dos linfonodos, na estrutura anatômica ou na composição das células imunológicas. As consequências funcionais do aumento na densidade da inervação induzido por estresse incluem resposta reduzida do interferon tipo I à infecção viral e replicação aumentada do vírus da imunodeficiência dos símios (SIV) no linfonodo e aceleraram a imunopatogênese sistêmica. Esses dados revelam um grau surpreendente de plasticidade na estrutura da inervação linfóide comportamentalmente induzida e definem um novo caminho pelo qual fatores sociais podem modular a resposta imunológica e a patogênese viral.

Emoção e cognição em psicossomática

Em sua *hipótese do marcador somático*, Damásio propõe uma integração entre cognição, emoção e somatização. Ele compreende a emoção como um conjunto de mudanças corporais em resposta a “pensamentos”. Nesse sentido, uma emoção constitui um conjunto de mudanças em um estado corporal conectado a imagens mentais específicas (pensamentos), imagens essas que ativaram sistemas específicos no cérebro (Damásio, 1996). Portanto, nessa visão, a emoção é uma função secundária à cognição, e a emoção envolve e pressupõe sinalização cérebro-corpo-cérebro (marcadores somáticos). Na concepção de Damásio, sentimentos (relacionados a emoções) ocorrem primeiramente sobre o corpo: “Eles nos oferecem a cognição do nosso estado visceral e músculo-esquelético conforme se torna afetado por mecanismos pré-organizados e por estruturas cognitivas que se desenvolveram sob sua influência” (Damásio, 1996). Entretanto, uma vez que as estruturas somáticas são originalmente desencadeadas por pensamentos, os sentimentos também são dependentes de operações cognitivas prévias (pressupostas pelo pensamento).

Com base em estudos neuropsicológicos de laboratório e observação clínica de pacientes neurológicos com lesão em diferentes regiões no lobo frontal, Damásio (1994) relaciona emoções a processos de tomada de decisão e suas implicações éticas. As decisões geralmente derivam da avaliação dos resultados futuros concebíveis (via cálculo do custo-benefício) da adoção hipotética de distintas opções e alternativas (Bechara et al., 2000). Ele acredita que ter ou sentir uma emoção envolve uma variedade de componentes cognitivos e meditativos, mas argumenta que indivíduos fazem julgamentos não somente avaliando a severidade de resultados e suas probabilidades de ocorrência, mas também, e primeiramente, indivíduos fazem julgamentos à luz de qualidades emocionais (*ibidem*). Em outras palavras, os marcadores somáticos ajudam no processo de decisão, ao associar diferentes emoções aos diversos cenários de possibilidades futuras, destacando algumas opções como favorá-

veis e outras como adversas, de acordo com a qualidade da emoção que é despertada pela concepção de um curso futuro de conduta. Portanto, o afeto e a emoção têm um papel central na tomada de decisão e os marcadores somáticos são apresentados como essenciais para o raciocínio prático.

Os córtices pré-frontais representam categorizações das situações de interação do organismo, isto é, as redes neurais pré-frontais estabelecem representações dispositivas para certas combinações de coisas e eventos, na experiência individual de cada pessoa, classificando-as e atribuindo-lhes um peso de acordo com a relevância pessoal dessas combinações de coisas e eventos. Essa classificação é extremamente subjetiva, ligada aos interesses pessoais. Segundo Damásio, a maior parte dos marcadores somáticos usados na tomada racional de decisões foi provavelmente criada nos cérebros humanos durante o processo de educação e socialização, pela associação de categorias específicas de estímulos a categorias específicas de estados somáticos (Pereira Jr.; Almada, 2011).

Desse modo, as crenças e os princípios morais estabelecidos ao longo da vida do indivíduo pelos processos de educação e socialização funcionam como uma base de orientação dos pensamentos e influem na qualidade das emoções evocadas durante o processo de tomada de decisão, assim como em outras situações. Tais emoções exercem efeitos na fisiologia corporal e estão associadas a processos de somatização, como foi demonstrado em diversos estudos apresentados anteriormente.

Outros exemplos da integração entre processos cognitivos e somatização podem ser observados em várias técnicas psicológicas que envolvem processos voluntários e conscientes. Freud (1893), através da hipnose, reverteu sintomas de paralisia dos membros inferiores e afasia em pacientes histéricas. Há evidências crescentes de que a hipnose e a imaginação guiada podem influenciar o sistema imunológico pela alternância da percepção sensorial (Zachariae, 2009). O efeito placebo, que será discutido posteriormente, também ilustra a integração de processos cognitivos e emocionais na manifestação do estado de saúde.

Efeito placebo

Placebo pode ser caracterizado como um tratamento (medicação ou procedimento) inócuo. O efeito placebo é, por sua vez, o resultado benéfico da administração do placebo, resultado esse teoricamente atribuído à expectativa de que a intervenção produzirá resultado ou ao condicionamento. O efeito placebo negativo, associado à piora ou ao surgimento de efeito colateral, é denominado efeito nocebo (Beraldo; Pereira, 2007).

Estima-se que 30% a 40% da eficácia de diversas intervenções e medicamentos, utilizados em ampla variedade de doenças e situações, seja decorrente do efeito placebo (ibidem). As condições que envolvem respostas subjetivas (como insônia, cólon irritável, enxaqueca e dor lombar) são particularmente sujeitas ao efeito placebo. Associada ao nocebo está uma enorme gama de efeitos subjetivos, incluindo náusea, dor de cabeça e sonolência, e objetivos, como frequência cardíaca, pressão sanguínea e erupções cutâneas (Zhen-Yu; Kang, 2009). Esses sintomas podem ser temporários e leves, mas podem também ser crônicos e fatais.

O estudo mais tradicional conduzido por Cobb et al. (1959) consistiu em uma investigação acerca do valor da cirurgia de ligação da artéria mamária interna, empregada para o tratamento da isquemia cardíaca crônica. O placebo consistiu apenas em anestésiar o paciente, seguido de incisão na pele. Os operados de forma simulada tiveram 43% de melhora, e os que foram realmente operados tiveram apenas 32%. Ou seja, o placebo funcionou melhor do que a cirurgia. O número de medicamentos consumidos por semana para lidar com o problema diminuiu em ambos os grupos após o procedimento, mas o decréscimo foi maior no grupo placebo (43%) do que no submetido à ligação da artéria (34%).

Em outro estudo, pacientes com quadro de dor por osteoartrite de joelho foram alocados aleatoriamente para serem submetidos a artroscopia ou a cirurgia placebo. Todos do grupo placebo foram anestesiados e receberam três incisões na pele. O mascaramento para o grupo a que pertenciam foi mantido até o fim do estudo,

tanto para os pacientes como para os avaliadores. Durante os dois anos que se seguiram, os autores não encontraram diferença entre os grupos. Ao término, quando indagados sobre qual tratamento acreditavam efetivamente ter recebido, apenas 13% dos participantes, independentemente do grupo, opinaram que sofreram uma intervenção dissimulada (Moseley et al., 2002).

A primeira evidência de que um placebo induz um efeito neurológico foi encontrada em 1978, quando cientistas dos Estados Unidos mostraram que a analgesia, o efeito de alívio da dor pelo placebo, poderia ser bloqueada por naloxona, um antagonista de receptor opioide. Diversos outros estudos têm verificado que o uso de placebos no tratamento da dor estimula a liberação de opioides endógenos (Hunter, 2007). Entretanto, essas descobertas não provaram a ligação causal entre placebo, liberação de opioides e alívio da dor, sendo possível que o placebo opere ainda por outras vias. Martina Amâncio e Fabrizio Benedetti, da Universidade de Turim, descobriram que um placebo poderia também reduzir a dor através de mecanismos não opioides, que não podiam ser bloqueados por naloxona (Amanzio; Benedetti, 1999). Benedetti e colaboradores também mostraram que o efeito nocebo poderia causar dor (Benedetti et al., 2006) e que os placebos podem induzir mudanças em neurônios no gânglio da base, que estimula a liberação de dopamina e, por conseguinte, alivia sintomas do mal de Parkinson (Benedetti et al., 2004).

Tem sido mostrado que o efeito placebo reduz a inflamação através de alterações no sistema endócrino, em particular através da liberação de cortisol pelas glândulas adrenais, o que, por sua vez, (i) favorece a resposta imunológica, (ii) eleva os níveis de glicose no sangue e (iii) alivia a dor, ao aumentar a produção de endorfinas e encefalinas (Hunter, 2007).

Além disso, os placebos induzem efeitos clínicos contra a depressão através da liberação de serotonina, desempenhando papel significativo no transtorno depressivo maior. Dois estudos recentes de meta-análise mostraram que a resposta média do grupo placebo em ensaios antidepressivos é de 29,7% (Brunoni et al., 2009).

Em Biomedicina e também em Psicologia, os dois modelos conceituais dominantes para o efeito placebo são a expectativa e o condicionamento clássico. O modelo da expectativa postula que o fator-chave envolvido no efeito placebo é cognitivo: o que o paciente pensa ou espera que aconteça como resultado de um tratamento. Aspectos que podem estar envolvidos na mediação da expectativa durante o tratamento placebo incluem noções de confiança, crença, fé ou a relação médico-paciente. (Kaptchuk et al., 2009)

Outros cientistas argumentam que as respostas ao placebo são mais bem compreendidas usando um modelo de condicionamento clássico ou “estimulação por substituição”, enfatizando primariamente um processo automático inconsciente capaz de extrair benefícios à saúde. O modelo do condicionamento clássico postula que a administração de medicação ativa associada à administração de uma pílula (estímulo condicionador) causa uma resposta subsequente positiva (resposta condicionada) apenas com a administração de uma pílula inerte (placebo). Diversos experimentos com animais e humanos têm demonstrado que o condicionamento clássico influencia o sistema imunológico, endócrino, gastrointestinal e outras funções corporais (Kaptchuk et al., 2009).

Apesar de alguns argumentarem em defesa da não exclusão mútua entre modelos da expectativa e do condicionamento, vários experimentos demonstraram que a expectativa e o condicionamento são diferentes, e podem operar através de mecanismos bioquímicos únicos. Entretanto, esses caminhos combinados podem produzir maior alívio à dor do que qualquer componente sozinho (isoladamente concebido).

Um estudo de Benedetti et al. (2003) incluiu indivíduos com mal de Parkinson e voluntários saudáveis que foram avisados de que uma droga (na verdade um placebo contendo uma solução salina) causaria alívio da dor, e aumentaria a produção do hormônio do crescimento, inibindo a secreção de cortisol. A sugestão verbal funcionou para o alívio da dor, mas não para a secreção do hor-

mônio. Entretanto, os pacientes foram condicionados pela substituição do placebo por sumatriptan, uma droga que realmente estimula o hormônio do crescimento, ao passo que inibe o cortisol. Quando essa droga foi posteriormente substituída por placebo, o mesmo padrão de estimulação do hormônio do crescimento (e inibição do cortisol) foi observado, sugerindo que o condicionamento (mas não a sugestão) é capaz de criar o ambiente certo para placebos influenciarem a secreção hormonal. Eles demonstraram, assim, que os efeitos placebo são mediados pelas expectativas quando estão envolvidas funções psicológicas conscientes, como dor e performance motora, e são mediados por condicionamento quando processos psicológicos inconscientes entram em ação, tal como a secreção hormonal.

A redução da ansiedade também tem sido considerada um fator que contribui para as respostas ao placebo. A ideia essencial é que a ansiedade reduzida encoraja a experiência e a interpretação de sensações ambíguas de modo mais positivo, sendo percebidas como menos ameaçadoras, perigosas e destrutivas. O que originalmente teria sido um sinal desconfortável ou ameaçador (e um foco de preocupação) é experimentado como mais benigno, menos ameaçador, desimportante ou apenas um fato que não merece muita atenção (Geers et al., 2006).

Em contraste com as perspectivas biomédicas, antropologistas médicos frequentemente adotam uma visão construcionista, visão essa que sugere que as experiências individuais no tratamento placebo e seus efeitos envolvem uma síntese ativa de fatores diferentes daqueles incluídos nos modelos puramente cognitivistas ou comportamentais (por exemplo, história pessoal, avaliações e a organização do self e sua trajetória narrativa) (Kaptchuk, 2009).

Uma explicação adicional para o efeito placebo (compartilhada pelas perspectivas da Biomedicina e da Antropologia) é a relação médico-paciente. O encontro clínico incorpora uma ampla gama de componentes potencialmente placebogênicos, incluindo fatores cognitivos, emocionais, e comportamentais do terapeuta e do paciente, fatores sensoriais, estéticos e processos simbólicos.

Muitos desses componentes se sobrepõem a outros mecanismos discutidos anteriormente. Kaptchuk et al. (2008) verificaram que uma relação mais estreita com um médico/terapeuta, em conjunto com o tratamento placebo, oferece um efeito mais vigoroso, sugerindo que a interação solidária com um terapeuta é o componente mais poderoso de efeitos não específicos. Esses resultados indicam que fatores como empatia, cordialidade, duração da interação e expectativa positiva da comunicação podem afetar o resultado clínico de modo significativo.

Kaptchuk et al. (2009) realizaram um estudo qualitativo com pacientes participantes de um ensaio clínico randomizado, que foram submetidos a um tratamento placebo. Diante da complexidade das experiências descritas pelos pacientes, os modelos da expectativa e do condicionamento clássico parecem demasiadamente simples (em sua formulação das variáveis) para explicar o fenômeno. Conscientes da possibilidade de estarem recebendo um placebo, a maioria dos pacientes não relatou ter expectativas positivas. Mencionaram, ao contrário, o desespero e a esperança. Os pacientes também relacionaram transformações psicossociais profundas a seus tratamentos, incluindo melhora no relacionamento conjugal e estabilidade emocional. Os autores afirmam que os resultados benéficos do tratamento placebo envolveram uma diversidade de fatores e qualquer teoria única sobre o efeito placebo fornece um modelo inadequado para explicar seus benefícios para a saúde, o que sugere a necessidade de explorar novas visões sobre o efeito placebo.

Os estudos apresentados neste capítulo evidenciaram como fatores afetivos e emocionais, assim como as crenças e a avaliação cognitiva, estão diretamente relacionados ao estado físico de saúde. O estresse psicológico agudo e o crônico podem ser considerados importantes agentes perturbadores da homeostase, por meio das alterações neuroendócrinas que geram e que afetam todo o organismo, sendo responsáveis pela manifestação de inúmeras enfermidades.

Ao se analisar o papel do estresse psicológico na saúde, é necessário levar em consideração não somente a dimensão biológica do ser humano, mas também os aspectos sociais e/ou sistêmicos

que incluem, ao menos, relacionamentos interpessoais, a condição socioeconômica e diversos outros fatores que predisõem os indivíduos a situações de vida estressantes, como exposição ao crime, à violência e à discriminação, assim como fatores que influenciam a percepção das situações como estressantes, como a educação, a cultura, os conceitos morais e éticos e as crenças religiosas.

As evidências suportadas pela psiconeuroimunologia destacam a importância de se expandir a área de atuação da medicina do estritamente biológico para o humano, o que implica passar da visão focada no corpo para a visão focada em um ser integral, passar para uma perspectiva sistêmica que, como tal, seja capaz de incluir todas as suas (do humano) dimensões. Essa nova perspectiva será apresentada a seguir, no modelo biopsicossocial.

PSICOSSOMÁTICA NA SAÚDE COLETIVA

Psiconeuroimunologia e o modelo biopsicossocial

O modelo biomédico tem sido extraordinariamente bem-sucedido, o que é evidenciado pelos grandes avanços tecnológicos do século XX. Bactérias e vírus foram identificados como causa de muitas doenças, substituindo assim a atribuição a “miasmas” e forças sobrenaturais, comuns a gerações anteriores. Temos testemunhado uma era marcada por avanços médicos excepcionais fundamentados pelo conhecimento científico, avanços esses que, contudo, têm vindo ao custo da fragmentação e da despersonalização dos cuidados ao paciente (Trilling, 2000).

Em 1977, George Engel publicou o artigo *The need for a new medical model: a challenge for biomedicine*, no qual questionou o pensamento mecanicista vigente, e discutiu a necessidade de se pensar um novo modelo científico, mais completo e abrangente (mais sistêmico). Esse novo modelo é o modelo biopsicossocial. Engel levantou a preocupação sobre o corpo ser concebido não apenas, e meramente, como uma máquina, a doença apenas como o desarranjo da máquina, e o trabalho do médico apenas como aquele de consertar a máquina quebrada. As variáveis psicossociais e seus efeitos na saúde (a importância de conceber sistemicamente a doen-

ça no contexto da pessoa e de seus hábitos e estresses na vida) estariam, em conjunto, fora do escopo do conhecimento e da prática da medicina (Engel, 1977). Mas Engel não concorda com isso, com uma abordagem meramente biomédica, e não psicossocial.

O modelo dominante da doença ainda hoje (assim como em 1977) é o modelo biomédico, no interior do qual a biologia molecular desempenha o papel de disciplina que confere base científica ao conhecimento e às práticas médicas (Fava; Sonino, 2008). Tal modelo assume que a doença é completamente representada e esgotada, em termos somáticos, por desvios da fisiologia normal, assim excluindo (ou não integrando) as dimensões sociais, psicológicas e comportamentais da doença. O modelo biomédico não apenas requer que a doença seja tratada como uma entidade independente do comportamento social, mas também tal modelo demanda que distúrbios comportamentais sejam explicados com base em processos somáticos desordenados (bioquímicos ou neuropsicológicos). Assim, o modelo biomédico mantém uma postura reducionista e dualista (Engel, 1977).

Engel (1977) caracteriza um modelo, de modo amplamente geral, como um sistema de crenças concebido para explicar fenômenos naturais. Segundo esse autor, o modelo biomédico constitui não meramente um sistema de crenças (como deveria ser o caso), mas antes quase um *imperativo cultural* e, por essa razão, as suas (do modelo biomédico) limitações são facilmente negligenciadas. Em ciência, um modelo é revisto ou abandonado quando falha ao explicar adequadamente o comportamento de certo conjunto de fenômenos naturais observáveis. Assim, uma vez que o modelo biomédico parece estar cristalizado ou suas crenças não mais se mostram passíveis de modificação ou alteração, Engel atribui a tal modelo o caráter de dogma. De acordo com Engel, o dogma biomédico requer que todas as doenças, incluindo as doenças “mentais”, sejam concebidas e conceitualizadas meramente em termos de desarranjo de mecanismos físicos subjacentes (o que parece conflitar com os fatos).

Engel (1977) afirma que, para que um modelo médico forneça uma base para um adequado e satisfatório entendimento dos deter-

minantes da doença e seja capaz de alcançar tratamentos racionais, tal modelo deve também levar em conta o paciente, o contexto social em que vive, e os sistemas complementares criados pela sociedade para lidar com os efeitos perturbadores da doença (o papel do médico e do sistema de saúde). O autor argumentou que os seres humanos são, em princípio, seres biológicos, psicológicos e sociais, seres que se comportam de determinadas maneiras na presença de certas circunstâncias, que podem promover ou prejudicar sua própria saúde. Muitos dos fatores que interagem, do plano de organização celular ao social, contribuem para a saúde ou para a doença. Sendo assim, uma perturbação em qualquer um dos planos (do celular ao social) de organização e funcionamento humano pode afetar todos os outros planos, uma vez que estamos lidando com um sistema (o *ser biopsicossocial humano*). Para que se desenvolva todo o potencial para a promoção da saúde, em oposição aos limitados esforços para diagnosticar e curar doenças, os médicos precisam entender a natureza complexa das interações que se estabelecem entre os múltiplos e multifacetados planos de organização que, integrada e unificada, constituem ou compõem aquilo que denominamos *sistema humano (ser humano)* (Novack, 2007).

A concepção da doença em termos de parâmetros somáticos (sustentada pelo modelo biomédico) exime os médicos da necessidade de se preocuparem com questões psicossociais que não estariam no escopo da responsabilidade e da autoridade da medicina. Na comunidade médica, tornou-se aparente para alguns a falta de consideração ao contexto da doença, a medicalização¹ dos problemas de vida, sem levar em conta a história do paciente, além da fragmentação do cuidado médico, que não atende completa e satisfatoriamente às necessidades dos pacientes (Trilling, 2000).

Em seu modelo biopsicossocial, Engel (1977) propõe um modo alternativo para a construção de uma realidade clínica. Para o autor, se os médicos entendessem como os múltiplos fatores psicossociais

1 A medicalização é um tema que tem sido bastante discutido e designa um esforço para conceber a patologia mental tomando como modelo a patologia orgânica.

interagem, promovendo ou sustentando doenças, eles poderiam intervir em vários planos de organização, no lugar de intervir apenas no plano biológico de organização. Clínicos precisariam e poderiam também intervir com estratégias cognitivas, comportamentais e/ou emocionais, tendo em vista que essas intervenções podem ter efeitos positivos em todos os planos de organização e funcionamento do organismo humano (Novack, 2007).

O modelo biopsicossocial permite que a doença seja concebida e abordada como resultado da interação de mecanismos e subsistemas nos planos de organização (i) celular, (ii) tecidual, (iii) orgânico, (iv) interpessoal e (v) ambiental. Assim, o estudo das doenças deve incluir o indivíduo, seu corpo e seu ambiente como componentes essenciais do sistema total; o ser humano concebido como totalidade organizada (Engel, 1977; 1982). Fatores psicossociais podem operar facilitando, mantendo ou modificando o curso da doença, ainda que seus (dos fatores psicossociais) pesos relativos possam variar de doença para doença, de indivíduo para indivíduo, e até mesmo entre dois episódios distintos da mesma doença no mesmo indivíduo (Fava; Sonino, 2008).

Os fatores psicossociais não são facilmente estudados à luz de um modelo reducionista. Da perspectiva reducionista, as únicas ferramentas conceituais e experimentais legitimamente disponíveis para o estudo e a caracterização dos sistemas biológicos são as físicas por natureza. De fato, cientistas que estudam animais doentes ou plantas estão limitados ao que pode ser observado, assim como aqueles que lidam com sistemas físicos ou infra-humanos. Contudo, os seres humanos diferem de qualquer outro objeto de estudo pela capacidade de comunicação, podendo olhar para si mesmo (enxergar sua interioridade na primeira pessoa do singular) e contribuir com informações que não são disponibilizadas pela observação objetiva (na terceira pessoa). Isso (quer dizer, a capacidade de comunicação das experiências subjetivas ao médico-cientista) deveria constituir uma vantagem científica reconhecida como tal. Muitos estados internos do paciente, relevantes em termos de saúde, não podem ser observados (já que são acessíveis apenas na pri-

meira pessoa do singular) e, para se tornarem conhecidos, precisam ser comunicados verbalmente. Assim, a ciência médica deveria ser estruturada de modo tal que seja capaz de legitimamente incluir a comunicação verbal como informação relevante para a própria prática e intervenção médica (Engel, 1997).

Os médicos sempre dependeram daquilo que os pacientes lhes dizem acerca das experiências que os levaram a procurar atendimento, e o intercâmbio verbal entre paciente e médico constitui fonte primária das informações necessárias à prática médica. Paradoxalmente, contudo, o *pensamento biomédico* exclui categoricamente da ciência aquilo que os pacientes podem dizer, devido ao fato de aquilo que os *pacientes podem dizer* constituir informações subjetivas (experienciáveis apenas na primeira pessoa do singular), e não mensuráveis quantitativamente (objetivas ou na terceira pessoa) (Engel, 1997). Desse modo, o pensamento biopsicossocial visa fornecer um modelo conceitual adequado para o desenvolvimento de uma abordagem científica que leve em consideração aquilo que os pacientes podem dizer acerca de suas experiências da doença. Mas, para acomodar o domínio da ciência humana, o *científico* (ou aquilo que conta como científico) precisa ser redefinido.

Outra crítica que Engel (1997) empreende à concepção (mecanicista) da ciência do século XVII (que perdura até hoje) é a suposição de que aquilo que os cientistas descobrem existe de modo inteiramente independente dos próprios cientistas e de suas próprias descobertas. Em sintonia com a crítica de Engel, certa mudança de perspectiva acerca do papel do observador, e da natureza das teorias científicas, despontou na Física com a teoria da relatividade e com a chegada da mecânica quântica. A relatividade e a mecânica quântica parecem requerer o reconhecimento epistemológico de que o observador não pode ser ignorado, separado e/ou abstraído da observação. Extrapolando isso para a prática e para o conhecimento médicos, necessário se faz que reconheçamos que o paciente constitui um iniciador e um colaborador no processo de intervenção e enfrentamento da doença, não sendo apenas um mero objeto de estudo. O médico, por sua vez, constitui um observador participante

(e não um observador abstrato, separado da própria observação do paciente), que, no processo de prestar atenção àquilo que o paciente está comunicando acerca de seu mundo interior, acessa seu próprio repertório de vivências qualitativo-sensoriais (na primeira pessoa do singular) para comparação e esclarecimento. Engel concebe, assim, a *observação (visão externa)*, a *introspecção (visão interna)* e o *diálogo (entrevista)* como a *triáde metodológica fundamental e indispensável* ao estudo clínico e à análise das informações (potencialmente científicas) provenientes do próprio paciente (Engel, 1997).

Outro modelo que tem ganhado notoriedade nos últimos anos, e que está em concordância com o modelo biopsicossocial, é a psiconeuroimunologia (PNI). Trata-se de uma abordagem integrativa, que combina tecnologia científica com filosofia holística, para entender as interações complexas e multifacetadas entre os sistemas imunológico, neuroendócrino e aspectos psicológicos e comportamentais (Robins et al., 2006). A ênfase da PNI está em desenvolver um entendimento acerca de como o sistema imunológico é influenciado pelas interações sociais-comportamentais e fisiológicas (neuroendócrinas). No modelo da PNI, aspectos comportamentais são concebidos como moderadores, isto é, acredita-se que tenham efeitos diretos e interações multidimensionais com o sistema imunológico via sistema neuroendócrino. O paradigma da PNI é abrangente, uma vez que inclui o fenômeno individual, social, coletivo e ambiental, além de acomodar uma variedade de métodos de pesquisa, de medidas qualitativas de variáveis biológicas a abordagens quantitativas focadas na experiência subjetiva (McCain et al., 2005).

O componente “psico” do modelo aborda os aspectos socio-comportamentais, incluindo vários “estados” psicológicos ou emoções que podem ser amplamente classificadas como afeto negativo ou angústia psicológica (exemplos: humor depressivo, sofrimento, percepção de perda de controle pessoal, e incerteza relacionada à doença), que têm sido associados a efeitos imunossupressores. O componente “neuro” do modelo aborda a compreensão clássica das respostas fisiológicas a estressores psicossociais. Isso envolve a ati-

vação do sistema simpaticoadrenomedular, resultando na liberação de epinefrina, norepinefrina e encefalinas, e estimulação do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA), conduzindo à liberação do hormônio liberador de corticotropina (CRH), endorfinas e cortisol. O componente “imunologia” do modelo inclui um número de relações bidirecionais entre os sistemas neuroendócrino e imunológico, tais como: (a) a inervação direta de tecidos linfoides pelo sistema nervoso simpático (incluindo baço, timo e linfonodos); (b) a existência de receptores para neurotransmissores, neuro-hormônios e neuropeptídeos nas células do sistema imunológico; (c) leucócitos produzem neuro-hormônios e neurotransmissores (McCain et al., 2005).

As mudanças neurais e endócrinas associadas a mudanças nos estados comportamentais e na rede de conexões entre o cérebro e o sistema imunológico fornecem múltiplos caminhos através dos quais processos comportamentais poderiam influenciar as defesas imunológicas. A função imunológica pode ser alterada por estados afetivos e por experiências de vida estressantes agudas ou crônicas. Por outro lado, intervenções de redução do estresse como relaxamento, massagem ou até mesmo visualizações podem aumentar alguns aspectos da função imunológica em alguns indivíduos sob certas condições. A existência desses caminhos bidirecionais reforça a hipótese de que as mudanças imunológicas constituem um importante mecanismo pelo qual fatores psicossociais poderiam influenciar a saúde e a doença (Novack, 2007).

O modelo da PNI incorpora, em sua abordagem da saúde, uma variedade de componentes, incluindo o funcionamento psicossocial, a qualidade de vida, a saúde física, e outros. O componente da “experiência de vida” do modelo confere ênfase integrada e abrangente ao significado da vida cotidiana do indivíduo, e sua (do significado da vida) influência em todos os aspectos do modelo. Uma variedade de forças socioculturais e econômicas que influenciam a vida do indivíduo, assim como as influências da comunidade maior na qual os indivíduos vivem, são consideradas altamente relevantes (McCain et al., 2005). A amplitude do modelo da PNI fornece base para pesquisadores reconhecerem os indivíduos como seres com-

plexos, multidimensionais e holísticos (dotados de uma unidade sistêmica).

Dados que parecem corroborar a relevância do modelo da psico-neuroimunologia e o biopsicossocial têm aumentado consideravelmente nos últimos anos (Fava; Sonino, 2008). Um grande número de pesquisas tem documentado o papel de eventos estressantes e de desafios ambientais repetidos ou crônicos na modulação da vulnerabilidade individual à doença. A tendência a experimentar e comunicar sofrimento psíquico sob a modalidade de sintomas físicos e procurar ajuda médica constitui um fenômeno clínico generalizado, que pode envolver até 30% ou 40% dos pacientes médicos, e aumenta a mobilização de médicos e os custos (Barsky; Orav; Bates, 2005; Fava; Sonino, 2005). Sintomas medicamente inexplicáveis parecem ser a regra nos cuidados primários, e as fronteiras tradicionais entre especialidades médicas, baseadas principalmente em sistemas orgânicos (por exemplo, cardiologia, gastroenterologia), parecem estar cada vez mais inadequadas para lidar com sintomas e problemas que cortam ou não respeitam subdivisões (arbitrárias) em sistemas de órgãos, e, *ipso facto*, exigem uma abordagem holística ou sistêmica (Barsky; Orav; Bates, 2005; Fava; Sonino, 2005). Além disso, distúrbios afetivos (tais como depressão, ansiedade, hostilidade, e comportamento da doença, as formas pelas quais os indivíduos experimentam, percebem, avaliam e respondem ao seu próprio estado de saúde) podem afetar não apenas o curso da resposta terapêutica, mas também o resultado de uma doença (Fava; Sonino, 2005).

O bem-estar psicológico desempenha um papel protetor no equilíbrio dinâmico (descrito por Engel) entre saúde e doença. A necessidade de incluir a consideração do funcionamento da vida cotidiana, da produtividade, do desempenho de papéis sociais, da capacidade intelectual, da estabilidade emocional e do bem-estar surgiu como parte crucial da investigação clínica e da atenção ao paciente (Fava; Sonino, 2005). Essas questões se tornaram particularmente importantes no que diz respeito às doenças crônicas, para as quais a cura pode não ocorrer, e também se estendem aos profissionais de saúde, bem como aos cuidadores familiares de pacientes

com doenças crônicas, cuja carga emocional tornou-se mais e mais evidente (Fava; Sonino, 2008).

Aspectos sociais e qualidade de vida em saúde

Nas últimas décadas, quer seja na literatura nacional, quer seja na literatura internacional, observamos grande avanço no estudo das relações entre a organização e o desenvolvimento de uma sociedade e a situação de saúde de sua população. Desigualdades sociais quanto a renda, moradia, educação e outros fatores contribuem significativamente para disparidades na saúde física e mental. O papel do ambiente social e da integração social na saúde e na doença adquiriu uma ênfase amplamente significativa ao longo das últimas décadas. Estudos epidemiológicos prospectivos têm demonstrado associações entre estresse na vida, posição ou condição social, qualidade dos relacionamentos sociais (isto é, redes sociais, laços dos indivíduos com amigos, família, trabalho e comunidade) e saúde (Wright; Rodriguez; Cohen, 1998).

Em um estudo cujo objetivo era avaliar as relações entre funcionamento emocional e qualidade de vida entre pessoas diagnosticadas com problemas circulatórios e gastrointestinais, verificou-se menor qualidade de vida entre pacientes psicossomáticos, quando comparados a pessoas saudáveis, estando a qualidade de vida estritamente relacionada ao funcionamento emocional dos indivíduos (Zboralski et al., 2008). Múltiplos mecanismos têm sido sugeridos para explicar a associação entre condição social e saúde, mas especial ênfase tem sido conferida, nos últimos anos, ao estresse. Há pouco mais de 50 anos, o endocrinologista Hans Selye (1956) publicou *The Stress of Life*, caracterizando o estresse como exposição a estímulos ambientais nocivos, tais como temperaturas extremas, choques elétricos ou a privação de alimentos (as consequências fisiológicas do estresse também foram destacadas por ele). Estudos sobre os impactos dos aspectos sociais ligados a experiências estressantes na população apenas começaram a ganhar notoriedade quando os psiquiatras Thomas

Holmes e Richard Rahe (1967) criaram a Escala de Reajustamento Social para medir o estresse de natureza social. Eles observaram que, muitas vezes, as visitas ao médico e as hospitalizações eram precedidas por grandes mudanças na vida dos pacientes. Supuseram que os principais eventos da vida exigem que os indivíduos façam extensos reajustes de comportamento, e que muitas mudanças, em um curto período de tempo, poderiam sobrecarregar habilidades individuais de enfrentamento e adaptação, deixando-os mais vulneráveis a infecções, lesões ou doenças. Holmes e Rahe extraíram 43 situações comuns de arquivos de pacientes e avaliaram o grau de reajuste comportamental que cada situação requeria, em uma escala de 0 a 100. A morte de um cônjuge foi classificada como a situação que exige o maior reajuste comportamental (100 “unidades de mudança de vida”); pequenas infrações da lei tiveram o menor número (11 “unidades de mudança de vida”). Holmes e Rahe (1967) argumentaram que quanto mais *unidades de mudança de vida* um indivíduo acumular durante o período de um ano, maior a probabilidade de contrair doença ou ferimento (Thoits, 2010).

A abordagem de Holmes e Rahe incidia, contudo, apenas sobre os efeitos na saúde decorrentes das alterações agudas na vida das pessoas (por exemplo, divórcio, perda de emprego, luto, acidentes etc.), não levando em consideração outros problemas ou demandas que são recorrentes ou persistentes, e que, por conseguinte, exigem que os indivíduos reajustem seus comportamentos durante longos períodos de tempo. Tais demandas persistentes ou repetidas incluem, digamos exemplarmente, situações de renda insuficiente para pagar as contas mensais, o conflito trabalho-família, cuidar de uma criança portadora de deficiência ou mãe frágil, relacionamentos problemáticos com colegas de trabalho e viver em bairro perigoso. Assim sendo, quando avaliada de modo mais abrangente, a exposição ao estresse tem um impacto muito mais considerável sobre os riscos de sofrimento psicológico, a depressão e outros transtornos psiquiátricos do que os pesquisadores acreditavam inicialmente ser o caso (Thoits, 2010).

A exposição ao estresse é desigualmente distribuída na população em geral, e promove desigualdades no bem-estar físico

e psicológico. A exposição diferencial a experiências estressantes é um dos principais motivos pelos quais ocorrem desigualdades em saúde por gênero, fatores étnico-raciais, estado civil e classe social. Diversas pesquisas mostram que indivíduos de classes sociais mais privilegiadas desfrutam de mais saúde física e mental do que indivíduos de classes socioeconômicas inferiores, que reportam maior exposição a situações de vida estressantes e também um maior impacto dessas situações em suas vidas, em comparação a indivíduos de melhor condição socioeconômica (Lupie et al., 2001). Taylor et al. (1997) verificaram que múltiplas características do ambiente da comunidade, do trabalho e da família podem levar grupos de alto risco ao estresse crônico. Alguns fatores únicos associados à causa do estresse crônico em comunidades de baixa condição socioeconômica incluem pobreza, minoria étnica, a ameaça real ou percebida de crime e violência e assim por diante (Wright; Rodriguez; Cohen, 1998).

O racismo também pode constituir um importante estressor, com implicações para a saúde. Revisões recentes identificaram mais de 135 estudos empíricos que examinaram a associação entre a discriminação racial/étnica percebida e alguns indicadores de saúde (Williams et al., 2008). A maioria desses estudos encontrou associação positiva entre discriminação e indicadores de morbidade. Percepções de discriminação racial/étnica constituem um tipo de experiência de vida estressante, que podem afetar a saúde adversamente. O estresse induzido por experiências pessoais de preconceito racial é visto como um mecanismo pelo qual o racismo pode afetar a saúde na sociedade em geral. Percepções de discriminação parecem induzir excitação fisiológica e psicológica e, como é o caso com outros estressores psicossociais, a exposição sistemática a experiências de discriminação pode ter consequências de longo prazo para a saúde.

Os seres humanos são essencialmente seres sociais e, por conseguinte, constituídos por suas interações sociais. Compartilhamos, como pessoas, um motivo fundamental para manter a conexão social, incluindo posição social, valor e aceitação. Situações que ameaçam a posição social incluem aquelas que desvalorizam o indivíduo

aos olhos dos outros, rebaixam a imagem social (por exemplo, desvalorizando as competências, os traços e as habilidades do indivíduo) ou que contêm rejeição potencial ou explícita. A rejeição, a avaliação social negativa, a estigmatização e a discriminação são experienciadas como aversivas porque refletem uma falta de valor ou posição social. Ameaças à conexão ou à posição social do indivíduo podem deflagrar uma variedade de efeitos psicológica e fisicamente adversos. A ativação persistente dessas respostas fisiológicas, ocorrendo no contexto de uma ameaça crônica à posição social, pode ter consequências para a saúde. Assim, indivíduos humanos podem ser mais vulneráveis à doença, em parte, devido à exposição crônica a ameaças sociais (Kemeny, 2009). Em revisão meta-analítica de 208 estudos de laboratório sobre estresse agudo, verificou-se que contextos nos quais os indivíduos foram submetidos a *avaliações sociais negativas* (durante o desempenho de tarefas) deflagram respostas de cortisol substancialmente maiores, em comparação com o desempenho de tarefas estressantes similares destituídas do componente de avaliação social (Dickerson; Kemeny, 2004).

Boyce (2004) estudou os correlatos com a saúde das desigualdades em grupos sociais em crianças e macacos. Observou que crianças e macacos formam hierarquias sociais estáveis, e que indivíduos que ocupam posições subalternas no grupo social exibiam exagerada reatividade adrenocortical e/ou autonômica, além de taxas desproporcionais de condições médicas crônicas ou lesões decorrentes de violência. Outros estudos com animais evidenciaram que a posição de subordinação em uma hierarquia social está associada a diversos riscos fisiológicos, particularmente em espécies para as quais os animais de posição elevada mantêm dominância por meio da condição social (e não por meio da intimidação física), em que as hierarquias são mais estáveis e a baixa posição significa maior exposição a estressores sociais (Sapolsky, 2005). Embora ainda haja muito a ser entendido sobre os efeitos do estresse na saúde e na doença, as relações entre experiências de vida estressantes e seus efeitos na saúde começam a ilustrar a interação sistêmica entre fisiologia, psicologia e mundo social.

Os determinantes sociais da saúde

Ainda que o enfoque médico no modelo biológico tenha predominado na conformação inicial da saúde pública como campo eminentemente científico (em oposição aos enfoques socioeconômicos e ambientais), observamos que, ao longo do século XX, essas abordagens se intercalam em preponderância (Buss; Pellegrini Filho, 2007). A definição de saúde como *estado de completo bem-estar físico, mental e social* (e não simplesmente a ausência de doença ou enfermidade), inserida na Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS) quando de sua fundação, em 1948, constitui uma clara expressão de uma concepção bastante ampla da saúde, mais além de um enfoque meramente centrado na doença (Buss; Pellegrini Filho, 2007). Houve, contudo, períodos de forte prevalência de enfoques mais centrados em aspectos biológicos, individuais e tecnológicos, como ocorreu na década de 1950, após o sucesso da erradicação da varíola, que promoveu uma ênfase nas campanhas de combate a doenças específicas, com a aplicação de tecnologias de prevenção ou cura (ibidem).

A 8ª Conferência Nacional de Saúde, que ocorreu em 1986, definiu a saúde como a “resultante das condições de alimentação, habitação, educação, renda, meio ambiente, trabalho, transporte, emprego, lazer, liberdade, acesso e posse da terra e acesso a serviços de saúde. É, assim, antes de tudo, o resultado das formas de organização social de produção, as quais podem gerar grandes desigualdades nos níveis de vida”. Essa definição também reforça uma concepção ampla de valorização dos determinantes sociais da saúde.

Em março de 2005, a OMS criou a Comissão sobre Determinantes Sociais da Saúde (Commission on Social Determinants of Health – CSDH), com o objetivo de promover, em âmbito internacional, uma tomada de consciência sobre a importância dos determinantes sociais na situação de saúde de indivíduos e populações, e sobre a necessidade do combate às iniquidades em saúde geradas por eles (pelos determinantes sociais). Um ano depois, em 13 março de 2006, através de decreto presidencial, foi criada, no Brasil, a Co-

missão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS), com um mandato de dois anos (CNDSS, 2008). Esse decreto constituiu também um Grupo de Trabalho Intersetorial, integrado por diversos Ministérios relacionados com os DSS, além dos Conselhos Nacionais de Secretários Estaduais e Municipais de Saúde (CONASS e CONASEMS). O trabalho articulado da CNDSS com esse Grupo permite que se multipliquem ações integradas entre as diversas esferas da administração pública, e que as já existentes ganhem maior coerência e efetividade. A CNDSS teve por objetivos traçar um panorama geral da situação de saúde do país, com ênfase em dados sobre as iniquidades em saúde geradas pelos determinantes sociais, e propor políticas, programas e intervenções relacionadas aos DSS a partir da avaliação das políticas e intervenções em curso e das experiências registradas na literatura nacional e internacional (CNDSS, 2008). Determinantes Sociais da Saúde foram definidos pela CNDSS como “fatores sociais, econômicos, culturais, étnico/raciais, psicológicos e comportamentais que influenciam a ocorrência de problemas de saúde e seus fatores de risco na população” (CNDSS, 2008).

Há várias abordagens para o estudo dos mecanismos através dos quais os DSS provocam as iniquidades de saúde. A CNDSS adotou o modelo de Dahlgren e Whitehead (1991) como base para orientar a organização de suas atividades. Tal modelo, como ilustra a Figura 4, inclui os DSS dispostos em diferentes camadas, desde a mais próxima (mais interna) aos determinantes individuais até uma camada distal (mais externa), na qual se situam os macrodeterminantes. Os indivíduos estão na base do modelo, com suas características individuais de idade, sexo e fatores genéticos que, evidentemente, exercem influência sobre seu potencial e suas condições de saúde. Na camada imediatamente posterior, aparecem o comportamento e os estilos de vida individuais. Essa camada está situada no limiar entre os fatores individuais e os DSS, já que os comportamentos dependem não apenas de opções feitas pelo livre-arbítrio das pessoas, mas, também, de DSS, como acesso a informação, propaganda, pressão de pares, possibilidades de acesso a alimentos saudáveis e

espaços de lazer, entre outros. A camada seguinte, por sua vez, destaca a influência das redes comunitárias e de apoio, cuja maior ou menor riqueza expressa o grau de coesão social que é de fundamental importância para a saúde da sociedade como um todo. Na próxima camada, estão representados os fatores relacionados a condições de vida e de trabalho, disponibilidade de alimentos e acesso a ambientes e serviços essenciais, como saúde e educação, indicando que as pessoas em desvantagem social apresentam diferenciais de exposição e de vulnerabilidade aos riscos à saúde, como consequência de condições habitacionais inadequadas, exposição a condições mais perigosas ou estressantes de trabalho e acesso menor a serviços. Finalmente, na última camada, encontramos os macrodeterminantes que têm grande influência sobre as outras camadas (mais internas) e estão relacionados às condições econômicas, culturais e ambientais da sociedade, incluindo também determinantes supranacionais, como, por exemplo, o processo de globalização (CNDSS, 2008).



Figura 6 – Modelo de determinação social da saúde proposto por Dahlgren e Whitehead (1991).

Fonte: Relatório Final da Comissão Nacional de Determinantes Sociais da Saúde (2008).

O principal desafio dos estudos sobre as relações entre determinantes sociais da saúde consiste em estabelecer uma hierarquia de determinações entre os fatores mais gerais de natureza social, econômica e política e as mediações através das quais esses fatores incidem sobre a situação de saúde de grupos e pessoas, já que a relação de determinação não constitui uma simples relação direta de causa-efeito. O estudo dessa cadeia de mediações permite também identificar onde e como devem ser feitas as intervenções, com o objetivo de reduzir as iniquidades de saúde, os pontos mais sensíveis nos quais as intervenções poderiam provocar maior impacto.

Intervenções

O modelo biopsicossocial, que aborda uma concepção integral (ou sistêmica) do ser humano, requer estratégias de intervenção

que contemplem as diversas camadas assinaladas (acima) no modelo de Dahlgren e Whitehead, ou seja, estratégias de intervenção que devem incidir no âmbito individual, com terapias que visem o bem-estar físico e psíquico, no âmbito intermediário, com ações direcionadas às condições de vida e trabalho e também no âmbito da macroestrutura econômica, social e cultural. O modelo de Dahlgren e Whitehead permite identificar pontos para intervenções de políticas, no sentido de minimizar os diferenciais de DSS originados pela posição social dos indivíduos e grupos, a fim de promover a equidade e a integralidade sistêmica do ser humano. A seguir serão mencionadas as estratégias políticas de intervenção nas diversas camadas do modelo sugeridas pela CNDSS, e alguns exemplos de terapias que podem contribuir para a promoção da saúde.

Fatores comportamentais e estilos de vida

O primeiro plano (ou camada) de intervenção enfoca o âmbito individual, com políticas de abrangência populacional que favoreçam mudanças de comportamento para a redução de riscos e o aumento da qualidade de vida, mediante programas educativos, comunicação social, acesso facilitado a alimentos saudáveis, criação de espaços públicos para a prática de esportes e exercícios físicos, bem como proibição à propaganda de tabaco e álcool (e em todas as suas modalidades) (CNDSS, 2008). Além disso, deve-se garantir o acesso a modalidades terapêuticas que visem o bem-estar físico e psíquico. Intervenções comportamentais são desenvolvidas para reduzir o estresse ou melhorar o enfrentamento, e assim dispor o potencial para moderar ou diminuir os efeitos neuroendócrinos e imunossupressores do estresse sobre a trajetória da doença. Se as intervenções forem efetivas, o bem-estar físico e psicológico relacionado à doença pode melhorar (McCain et al., 2005).

As intervenções para administração do estresse visam atenuar as consequências negativas do estresse. Tais estratégias fornecem acesso a mudanças sistêmicas ou globais que podem reduzir

a percepção do estresse, melhorar o enfrentamento, e contribuir para uma melhor qualidade de vida (ibidem). O estresse percebido e o enfrentamento são construções modificáveis, e as intervenções clínicas constituem meios apropriados para tal modificação (ibidem). A modificação do estresse percebido deveria ser concebida como uma prioridade significativa pelos pesquisadores em saúde e medicina, dado o número de caminhos biológicos que poderiam ser ativados por altos níveis de estresse percebido, assim explicando o impacto negativo do estresse psicológico na progressão de inúmeras enfermidades. Intervenções voltadas para a administração do estresse não somente podem reduzir a angústia psicológica, mas também essas intervenções podem trazer benefícios à saúde física.

A relação entre bem-estar psicológico e a criação de um significado positivo também tem sido documentada em estudos relacionados ao estresse, incluindo a análise da influência de intervenções psicocomportamentais na melhora do afeto positivo. No contexto de lidar com experiências estressantes, Folkman e Moskowitz (2000) sugerem que criar um significado positivo constitui algo próximo a um processo de enfrentamento que gera e sustenta o afeto positivo. A administração do estresse por meio de estratégias como relaxamento, exercício/movimento, contemplação espiritual e meditação pode moldar a percepção do indivíduo a estressores, e a subsequente adaptação psicológica, pela melhora de estratégias de enfrentamento positivo, como encontrar um significado ou benefício na experiência, aumentar a força interior e desenvolver a espiritualidade (Robins et al., 2006).

Além de melhorar as habilidades de enfrentamento, reduzir o grau de estresse e melhorar o funcionamento psicossocial, as intervenções de administração do estresse também podem melhorar a espiritualidade, e promover a força interior. A espiritualidade e a força interior são construções intimamente relacionadas, que podem aumentar ou apoiar a percepção do benefício no contexto de experiências estressantes. A espiritualidade é considerada uma “força de vida” e uma dimensão integral de todas as pessoas, que

pode ser experienciada tanto pela atenção ao silêncio, estando em um lugar quieto, como pela conexão com um Deus ou um Ser Superior, o ambiente, a natureza e os seres amados. A força interior é considerada um componente da espiritualidade que confere, ao indivíduo, habilidade, energia e recursos para expressar ou experimentar a espiritualidade, constituindo, assim, um recurso central que melhora o bem-estar psicossocial, a qualidade de vida e a saúde física (McCain et al., 2005; Robins et al., 2006).

Kiecolt-Glaser et al. (2002) revisaram diversos estudos que evidenciaram que as intervenções comportamentais alteram a função imunológica. Um estudo examinou a habilidade dos participantes para alterar a inflamação da pele após o desafio antigênico. Após serem submetidos a sugestões hipnóticas, 32 dos 38 participantes foram capazes de reduzir o tamanho do vergão. Uma intervenção de relaxamento reduziu a resposta de vermelhidão a um estímulo inflamatório neurogênico, a capsaicina, em comparação com o controle ou condições estressantes mentais. O gerenciamento do estresse multifacetado cognitivo-comportamental ou exercícios aeróbicos reduziram os títulos de anticorpos para antígenos do capsídeo e do herpesvirus-6 em pacientes HIV-soropositivos e em homens homossexuais em situação de risco, quando comparados a indivíduos controle não submetidos à intervenção; considera-se que os títulos mais baixos de anticorpos refletem um melhor controle do sistema imunológico sobre a latência do herpesvírus.

Ao lidar com grandes eventos e tensões crônicas, os indivíduos se baseiam numa série de bens pessoais e sociais. Os impactos de estressores na saúde e no bem-estar são reduzidos quando as pessoas têm elevados níveis de controle sobre a vida, de autoestima ou de apoio social. Pesquisas têm documentado não somente a distribuição social e os impactos na saúde da exposição ao estresse mas também, os fatores que podem amortecer ou diminuir esses impactos: os recursos de enfrentamento. A seguir são mencionados alguns desses recursos de enfrentamento que atuam no âmbito individual e que propiciam a redução da percepção do estresse.

Apoio social

O apoio social se refere à assistência emocional, informacional ou prática de pessoas significativas, como familiares, amigos ou colegas de trabalho. O apoio pode ser recebido de outras pessoas ou simplesmente ser percebido como disponível quando necessário (Thoits, 2010). A ligação entre relacionamentos pessoais e função imunológica é uma das descobertas mais robustas em PNI, abrangendo diversas populações e estressores. O apoio proporcionado pelas relações sociais pode servir como um amortecedor durante o estresse agudo e crônico, protegendo contra a desregulação do sistema imunológico.

Kiecolt-Glaser et al. (2002) revisaram diversos estudos a fim de verificar o impacto do apoio social na saúde. Estudos iniciais sugeriram que estudantes de medicina solitários e pacientes psiquiátricos internados apresentaram uma pior função imunológica celular do que suas contrapartes que relataram menos solidão. Investigadores subsequentes relataram que os níveis mais baixos de apoio social, no contexto de estressores naturalistas, tais como tensão no trabalho e cuidadores de pacientes com demência e cirúrgicos, foram associados com uma pior função imunológica. O apoio social também pode ser importante para a imunidade durante estressores de curto prazo, como o estresse em exames. Um maior apoio social foi relacionado com melhor resposta imunológica à vacina contra hepatite B em estudantes de medicina. Em uma amostra de homens HIV-positivos, a baixa percepção de apoio emocional foi associada a um declínio mais rápido em células T CD4+, um importante marcador da progressão da infecção pelo HIV. Uma melhor atividade das células NK em pacientes com câncer de mama foi relacionada à alta qualidade de apoio emocional do cônjuge, à percepção de apoio social do médico da paciente e uma busca ativa de apoio social como estratégia de enfrentamento.

Eisenberger et al. (2007) investigaram os mecanismos neurocognitivos envolvidos na relação entre apoio social e saúde, e verificaram que o apoio social estava relacionado a uma atividade

atenuada em regiões do cérebro previamente associadas a experiências angustiantes. Assim, o apoio social pode alterar a avaliação ou a percepção de situações potencialmente ameaçadoras (exemplo: ser rejeitado), de modo que essas experiências não sejam mais percebidas como estressantes. Os indivíduos que interagiram regularmente com pessoas que os apoiavam ao longo de um período de dez dias também mostraram reatividade de cortisol diminuída a um estressor social. Conclui-se, então, que o apoio social pode beneficiar a saúde pela diminuição da reatividade neural e psicológica a estressores sociais.

De modo geral, estudos como esses começam a ampliar a compreensão de como o apoio social está relacionado à saúde, ao mostrar que indivíduos que interagem mais proximamente com pessoas que os apoiam e confortam diariamente exibem reduzida reatividade neurocognitiva e psicológica a um estressor social. Essa redução na resposta ao estresse, com o passar do tempo, pode ocasionar melhores resultados na saúde. Entender os mecanismos pelos quais os relacionamentos sociais influenciam a saúde revela novas possibilidades para melhorar e maximizar resultados na saúde, além de reafirmar a importância dos relacionamentos sociais para a sobrevivência.

Meditação

Práticas de meditação têm sido defendidas como estratégias terapêuticas, baseadas nas intrincadas conexões entre mente e corpo, com o intuito de manter o bem-estar psicológico e físico. Um número crescente de pesquisas tem relatado os efeitos das práticas de meditação para uma variedade de transtornos psiquiátricos, como depressão, ansiedade, transtorno do pânico, transtornos de compulsão alimentar, abuso de substâncias, entre outros (Ospina et al., 2007). Um estudo avaliou a ação da meditação transcendental (MT) em pacientes com síndrome metabólica e doença do coração, e verificou que indivíduos do grupo da MT experimentaram mudanças significativas na variabilidade da frequência car-

díaca, quando comparados ao grupo controle. O autor concluiu que a MT pode ser capaz de modular respostas fisiológicas e pode ser um novo alvo terapêutico para a doença cardíaca coronariana (Oke; Tracey, 2009).

Creswell et al. (2009) realizaram um estudo a fim de verificar a eficácia da redução do estresse pela meditação do tipo *mindfulness* com relação à contagem de linfócitos T CD4+ em adultos estressados infectados pelo HIV. A contagem dos participantes do programa não foi alterada desde o início até o período pós-intervenção, enquanto os participantes do grupo controle apresentaram quedas em linfócitos T CD4+. Tal efeito foi independente do uso de medicação antirretroviral. Carlson et al. (2003) avaliaram os efeitos da meditação *mindfulness* em pacientes com câncer de mama e próstata, e observaram melhorias significativas na qualidade de vida geral, na qualidade do sono e nos sintomas do estresse. Os resultados foram consistentes com uma mudança no perfil imunológico de um estado associado a sintomas depressivos para um perfil mais normal.

Zeidan et al. (2011) demonstraram que a meditação alivia os efeitos da dor provocada experimentalmente. Eles verificaram 40% de redução na intensidade e 57% de redução no desconforto causado pela dor, sendo que a variação individual ocorreu numa escala de 11% a 93%. A meditação teve mais efeito na dor do que a morfina ou outros analgésicos, que reduzem a dor em 25%. Os participantes foram avaliados por exame de ressonância magnética, e os que meditaram durante o exame mostraram atividade reduzida nas regiões cerebrais relacionadas às sensações de intensidade da dor.

Práticas corporais

Práticas corporais, como yoga, tai-chi, qi-gong, entre outras, têm se mostrado intervenções importantes que beneficiam a saúde física e a qualidade de vida. Diversos estudos constataram que a prática de yoga, além de produzir melhoras na condição física (exemplo: flexibilidade e sensação de bem-estar físico), trouxe benefícios significativos para a qualidade de vida em geral, incluindo a

melhora da qualidade do sono, do humor e da angústia relacionada à doença (Tekur et al., 2010; Bower et al., 2005; Oken et al., 2006).

O tai-chi também tem se mostrado uma intervenção eficiente para a redução do estresse, proporcionando melhoras significativas na qualidade de vida, no funcionamento psicossocial, na imunidade, na angústia psicológica relacionada à doença e no enfrentamento (Irwin et al., 2003; Robins et al., 2006).

A prática do yoga e do tai-chi engloba vários aspectos potencialmente terapêuticos. Aprender a experimentar o mundo de uma perspectiva consciente e equilibrada, e explorar respostas ao estresse através de um movimento meditativo significativo incentivam a proatividade, no lugar de respostas reativas ao estresse percebido (Robins et al., 2006).

Psicoterapias

Carrico e Antoni (2008) revisaram ensaios clínicos randomizados que examinaram os efeitos de intervenções psicológicas em marcadores da doença HIV, incluindo a regulação hormonal neuroendócrina e o estado imunológico. Os resultados sugerem que as intervenções psicológicas têm se mostrado eficazes na melhoria do ajustamento psicológico das pessoas portadoras de HIV. Independentemente da modalidade de tratamento, parece que as intervenções bem-sucedidas na melhoria da adaptação psicológica são mais suscetíveis de ter efeitos positivos sobre a regulação neuroendócrina e a condição imunológica. As intervenções psicológicas representam uma alternativa viável de tratamento adjuvante que pode ajudar os pacientes com a melhoria da adaptação psicológica e, potencialmente, melhorar o estado imunológico.

A terapia cognitivo-comportamental melhora a regulação da emoção e reduz os comportamentos adaptativos, ao promover uma percepção melhorada das avaliações cognitivas dos estressores, e ao ensinar a reestruturação cognitiva. Uma intervenção psicológica eficaz (que atinja mudanças significativas no psicológico e em medidas imunológicas) também pode melhorar a saúde. Emery et

al. (2007) investigaram o efeito de uma intervenção psicológica na redução do estresse em pacientes com câncer, e verificaram que a intervenção estava associada à redução dos níveis de sofrimento emocional do paciente e a respostas imunológicas positivas (Emery et al., 2007).

A comunidade e suas redes de relações

O segundo plano (ou camada) do modelo de Dahlgren e Whitehead se refere à comunidade e suas redes de relações. Esse plano de intervenção inclui políticas de ação que buscam estreitar relações de solidariedade e confiança, construir redes de apoio, e fortalecer a organização e a participação das pessoas e das comunidades em ações coletivas para melhoria de suas condições de saúde e bem-estar, especialmente dos grupos sociais vulneráveis (CNDSS, 2008). A terapia comunitária, mencionada a seguir, constitui um exemplo de intervenção nesse segmento.

Terapia comunitária

A terapia comunitária foi criada em 1986 pelo Dr. Adalberto Barreto, psiquiatra, teólogo, antropólogo e professor da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará, para atender às necessidades de saúde da população da comunidade (Barreto, 2008). Em 2008, foi incorporada pelo Ministério da Saúde como uma estratégia de promoção da saúde e de prevenção do adoecimento, sendo desenvolvida no âmbito da atenção primária em saúde mental (Ferreira Filha; Carvalho, 2010). A terapia vem se expandindo para outros estados brasileiros, e já se faz conhecida internacionalmente, em especial em países como França, Suíça, Portugal, México, Uruguai e Argentina.

A terapia comunitária é um espaço de acolhimento, no qual as pessoas compartilham suas experiências de vida, suas dores e sofrimentos, sabedoria e superação. Ocorre de modo horizontal e circu-

lar, constituindo um espaço de escuta, reflexão e troca de aprendizagem, na busca de soluções para os conflitos pessoais e familiares apresentados pelos participantes, que são incentivados pelo terapeuta a compartilhar com o grupo alguma questão ou dificuldade que os estejam incomodando no momento (Barreto, 2008).

Trata-se de uma prática terapêutica grupal que visa a promoção da saúde, o alívio do sofrimentos e a busca do bem-estar. A terapia comunitária promove a construção de vínculos solidários, criando uma rede de apoio social e, por conseguinte, evita a desintegração social (Guimarães; Ferreira Filha, 2006). Funciona como fomentadora de cidadania, da identidade cultural das comunidades e de redes sociais solidárias que possibilitam aos indivíduos, famílias e grupos desenvolver autonomia e adquirir as bases necessárias para o equilíbrio pessoal e social. Assim, a terapia comunitária se revela uma importante estratégia para o enfrentamento do sofrimento, seja emocional ou social, bem como para o fortalecimento dos vínculos de solidariedade entre as pessoas, com a finalidade de coletivamente encontrarem soluções para os problemas vividos.

Condições de vida e trabalho

O terceiro plano (ou camada) inclui políticas de fortalecimento de redes de apoio a grupos vulneráveis que vivem em condições de habitação insalubres, trabalham em ambientes pouco seguros ou estão expostos a deficiências nutricionais.

As políticas visam a melhoria das condições de vida e trabalho da população e a diminuição dos diferenciais de exposição a riscos, buscando assegurar a todos o acesso a água limpa, esgoto, habitação adequada, ambientes de trabalho saudáveis, serviços de saúde e de educação de qualidade, dentre outros. Em geral, essas políticas fazem parte do campo de ação de diferentes setores da administração pública, que frequentemente operam de maneira independente e fragmentada. É necessária uma reflexão sobre estratégias que pro-

movam uma ação planejada e integrada entre esses diversos setores (CNDSS, 2008).

Condições socioeconômicas, culturais e ambientais gerais

O quarto plano de intervenção se refere à atuação no plano dos macrodeterminantes, através de políticas que diminuam as diferenças sociais, como as relacionadas ao mercado de trabalho, à educação, à seguridade social, à proteção ambiental e à promoção de uma cultura de paz e solidariedade, que tenham por objetivo promover um desenvolvimento sustentável, reduzindo as desigualdades sociais e econômicas, as violências, a degradação ambiental e seus efeitos sobre a sociedade. A intervenção sobre os mecanismos de estratificação social, embora de responsabilidade de vários setores, é de extrema importância para combater as iniquidades em saúde (CNDSS, 2008). A evolução conceitual e prática do movimento de promoção da saúde em âmbito mundial indica uma ênfase cada vez maior na atuação sobre os DSS, constituindo importante apoio para a implantação das políticas e intervenções mencionadas.

O modelo biopsicossocial e o SUS

O Sistema Único de Saúde (SUS) é formado pelo conjunto de todas as ações e serviços de saúde prestados por órgãos e instituições públicas federais, estaduais e municipais, da administração direta e indireta e das fundações mantidas pelo Poder Público. As reivindicações oriundas do Movimento Sanitarista e as resoluções da 8^a Conferência Nacional de Saúde, realizada em 1986, forneceram os parâmetros para a instituição do SUS na Constituição de 1988 (Ministério da Saúde, 2000). O SUS adota uma concepção ampla acerca da saúde, alinhada com as proposições da OMS e com o modelo biopsicossocial. De acordo com essa concepção, compreende-se que “os níveis de saúde da população expressam a organização

social e econômica do país” (Lei nº 8.080, 19.09.1990, art. 3º). Desse modo, aspectos relacionados à qualidade de vida e aos determinantes sociais da saúde ganham destaque.

Os princípios doutrinários (universalidade, equidade e integralidade) e operacionais (descentralização dos serviços, regionalização e hierarquização da rede e participação social) do SUS apontam para a democratização nas ações e serviços e a humanização dos cuidados à saúde. O acesso aos serviços de saúde passa a ser universal e as ações são direcionadas para a diminuição das iniquidades sociais e a promoção do cuidado integral.

A descentralização dos serviços e a ênfase na atenção primária, que visa a promoção, a proteção e a recuperação da saúde, contribuem para implementar ações baseadas nos princípios da equidade e da integralidade sistêmica do ser humano.

A Estratégia de Saúde da Família (ESF) é um exemplo de programa que busca o enfrentamento dos determinantes do processo saúde-doença e a integralidade na saúde. Destina-se a oferecer uma atenção contínua nas especialidades básicas, com ênfase na prevenção, porém sem descuidar do atendimento curativo. O processo de planejamento de ações deve ser pensado como um todo e direcionado à resolução dos problemas identificados no território de responsabilidade da unidade de saúde, visando a melhoria progressiva das condições de saúde e de qualidade de vida da população assistida. A ESF é constituída por uma equipe multiprofissional (no mínimo, por um médico de família ou generalista, um enfermeiro, um auxiliar de enfermagem e agentes comunitários de saúde, mas outros profissionais de saúde também podem ser incorporados às unidades básicas, de acordo com as demandas e as características da organização dos serviços de saúde locais). As atividades das equipes incluem: visita domiciliar, com a finalidade de monitorar a situação de saúde das famílias; internação domiciliar, que não substitui a internação hospitalar tradicional, mas é utilizada no intuito de humanizar e garantir maior qualidade e conforto ao paciente; e participação em grupos comunitários, com o intuito de discutir temas relativos ao diagnóstico e alternativas

para a resolução dos problemas identificados como prioritários pela comunidade (Ministério da Saúde, 1997).

Os Centros de Atenção Psicossocial (CAPS) também buscam assegurar o cuidado integral aos seus usuários. Embora os CAPS não tenham surgido originalmente pelas políticas do SUS, mas sim pelo movimento da Reforma Psiquiátrica, hoje estão integrados à Política de Saúde Mental. Os CAPS são instituições destinadas ao acolhimento de pacientes que apresentam intenso sofrimento psíquico, transtornos mentais, psicoses, neuroses graves e demais quadros. Os CAPS são também constituídos por uma equipe multiprofissional e têm por objetivo realizar o acompanhamento clínico médico e psicológico e estimular a integração social e familiar dos usuários. São oferecidos diversos tipos de terapia, incluindo: atendimento individual (prescrição de medicamentos, psicoterapia e orientação), atendimento em grupo (oficinas terapêuticas, oficinas geradoras de renda, oficinas culturais, atividades esportivas, atividades de suporte social, grupos de leitura e debate, dentre outros), atendimento para a família, atividades comunitárias (desenvolvidas em conjunto com associações de bairro e outras instituições – exemplos: festas comunitárias, feiras, quermesses, passeios etc.), visitas domiciliares e desintoxicação ambulatorial (Ministério da Saúde, 2004).

Atualmente, os CAPS são destinados somente à assistência na área psiquiátrica, mas suas modalidades de assistência poderiam ser úteis para toda a população, com base nos pressupostos do modelo biopsicossocial.

Em 2006, o Ministério da Saúde deu mais um passo em busca da integralidade na atenção à saúde, ao legitimar as modalidades terapêuticas integrativas no SUS por meio da implantação da Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) (Portaria 971 de 03/05/2006). A política recomenda ações e serviços no SUS para a prevenção de agravos, a promoção e a recuperação da saúde, além de propor o cuidado continuado, humanizado e integral, com ênfase na atenção básica. Os atendimentos são feitos, principalmente, nas Unidades Básicas de Saúde e nos Núcleos de Apoio à Saúde da Família (NASF), além dos hospitais. A constru-

ção dessa política se iniciou a partir do atendimento das diretrizes e recomendações de várias Conferências Nacionais de Saúde e das recomendações da OMS (Ministério da Saúde, 2006).

Os sistemas e os recursos de intervenção envolvem “abordagens que buscam estimular os mecanismos naturais de prevenção de agravos e recuperação da saúde por meio de tecnologias eficazes e seguras, com ênfase na escuta acolhedora, no desenvolvimento do vínculo terapêutico e na integração do ser humano com o meio ambiente e a sociedade”. O documento contempla sistemas médicos complexos (Medicina Tradicional Chinesa e Homeopatia) e recursos terapêuticos (fitoterapia e termalismo). Desse modo, a PNPIC busca proporcionar ao cuidado humano uma visão ampliada sobre saúde e adoecimento. (Ministério da Saúde, 2006).

As diretrizes do SUS e as ações do Ministério da Saúde têm cooperado com a criação de um modelo de atenção à saúde mais humanizado e que se aproxima bastante das propostas do modelo biopsicossocial. Embora existam dificuldades, os esforços e as direções assumidas pelo Ministério da Saúde e o SUS para a promoção de um cuidado integral precisam ser reconhecidos e valorizados.

Entretanto, a atuação sobre todos os aspectos que influenciam o processo saúde-doença, em especial os determinantes sociais da saúde, extrapola as competências e as atribuições das instituições de saúde, obrigando a ação coordenada de diversos setores e instâncias governamentais. Embora nesta década tenha ocorrido uma expansão de políticas e programas voltados para populações de maior vulnerabilidade social, os problemas são abordados de maneira setorializada, fragmentada e carente de articulação entre si. O próprio modelo de organização do âmbito federal, excessivamente horizontalizado e com poucas instâncias de articulação interna, limita uma efetiva integração entre as ações e produz uma forma de intervenção que tende à competição entre os agentes públicos, à redundância de ações, à ineficiência do gasto público e à baixa qualidade dos serviços prestados à população (CNDSS, 2008).

Desse modo, para uma otimização da promoção à saúde, a CNDSS (2008) aponta para a necessidade de uma ação interse-

torial, o que implica não apenas uma agregação formal de órgãos responsáveis, mas também a definição de objetivos claros da ação e atribuições de atividades e responsabilidades. Além disso, é importante desenvolver a articulação entre os diferentes setores, para que possam intervir de maneira integrada nos problemas. Para solucionar essas questões, em seu relatório final, a CNDSS recomenda a institucionalização de uma instância no âmbito da Casa Civil da Presidência da República dedicada a Ações Intersectoriais para a Promoção da Saúde e Qualidade de Vida, um processo sustentável de coordenação das ações intersectoriais sobre os DSS, que permitirá superar os problemas de baixa articulação. Entre outras atribuições, essa instância deverá se responsabilizar pelo seguimento e a avaliação de projetos, programas, intervenções ou políticas relacionadas aos DSS, desenvolvidos pelas diversas instituições que estejam nela representadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADER, R.; COHEN, N. Behaviorally conditioned immunosuppression. *Psychom Med.* v.37, n.4, p.333-40, 1975.
- _____. Psychoneuroimmunology: conditioning and stress. *Ann Rev Psychol.* v.44, p.53-85, 1993.
- ALVES, R. *Filosofia da ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1985.
- AMANZIO, M.; BENEDETTI, F. Neuropharmacological dissection of placebo analgesia: expectatio-nactivated opioid systems versus conditioning-activated specific subsystems. *J Neurosci.* v.19, n.1, p.484-94, 1999.
- ANDERSEN, B. L. et al. Distress reduction from a psychological intervention contributes to improved health for cancer patients. *Brain Behav Immun.* v.21, n.7, p.953-61, 2007.
- ARISTÓTELES. *The Works of Aristotle*. W. D. Ross, Oxford: Clarendon, 1930.
- ATLAN, H. *Entre le cristal et la fumée*. Paris: Seuil, 1979.
- _____. L'émergence du nouveau et du sens. In: DUMOUCHEL, P.; DUPUY, J. P. (Org.) *L'Auto-Organisation: de la Physique a la Politique*. Actes du Colloque de Cerisy. Paris: Seuil, p.115-38, 1981.
- AYALA, F.; DOBZHANSKY, T. (Eds). *Estudios sobre la Filosofia de la Biologia*. Barcelona: Ariel, 1983.

- BAK, P.; TANG, C.; WIESENFELD, K. Self-Organized Criticality: An explanation of $1/f$ noise. *Phys. Rev. Lett.* v.59, p.381-84, 1987.
- BAMBERGER, C. M.; SCHULTE, H. M.; CHROUSOS, G. P. Molecular determinants of glucocorticoid receptor function and tissue sensitivity to glucocorticoids. *Endocr Rev.* v.17, n.3, p.245-61, 1996.
- BARRETO, A. P. *Terapia comunitária passo a passo*. LCR, Fortaleza, v.1, 2008.
- BARSKY, A. J.; ORAV, E. J.; BATES, D. W. Somatization increases medical utilization and costs independent of psychiatric and medical comorbidity. *Arch Gen Psychiatry.* v.62, n.8, p.903-10, 2005.
- BECHARA, A.; DAMÁSIO, A.; DAMÁSIO, H. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex.* v.10, p.295-307, 2000.
- BECKNER, M. *The Biological Way of Thought*. New York: Columbia Univ. Press, 1959.
- BELLINGER, D. L.; LORTON, D.; FELTEN, D. L. Innervation of lymphoid organs – Association of nerves with cells of the immune system and their implications in disease. In: ADER, R.; FELTEN, D. L.; COHEN, N. (Eds.). *Psychoneuroimmunology*. New York: Academic Press, p.55-111, 2001.
- _____. Conscious expectation and unconscious conditioning in analgesic, motor, and hormonal placebo/nocebo responses. *J Neurosci.* v.23, n.10, p. 4.315-23, 2003.
- _____. Placebo-responsive Parkinson patients show decreased activity in single neurons of subthalamic nucleus. *Nat Neurosci.* v.7, n.6, p.587-8, 2004.
- _____. The biochemical and neuroendocrine bases of the hyperalgesic placebo effect. *J Neurosci.* v.26, n.46, p.12.014-22, 2006.
- BERALDO, P.; PEREIRA, M. G. O poder do placebo. *Brasília Med.* v.44, n.2, p.83-6, 2007.
- BERTALLANFY, L. *Teoria geral dos sistemas*. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BIRDI, K. S. *Fractals in Chemistry, Geochemistry and Biophysics*. New York: Plenum Press, 1993.
- BORNSTEIN, S. R.; CHROUSOS, G. P. Clinical review: Adrenocorticotropin (ACTH) and non-ACTH mediated regulation of the adrenal

- cortex: neural and immune inputs. *J Clin Endocrinol Metab.* v.84, n.5, p.1.729-36, 1999.
- BOWER, J. E. et al. (1999). Yoga for cancer patients and survivors. *Cancer Control.* v.12, n.3, p.165-71, 2005.
- BOYCE, W. T. Social stratification, health, and violence in the very young. *Ann NY Acad Sci.* v.1036, p.47-68, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Coordenação de Saúde da Comunidade. *Saúde da Família: uma estratégia para a reorientação do modelo assistencial.* Brasília: Ministério da Saúde, 1997. 36p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. *Saúde Mental no SUS: Os Centros de Atenção Psicossocial.* Brasília: Ministério da Saúde, 2004. 86p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS - PNPIC-SUS.* Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 92p.
- BRASIL. Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde (CNDSS). *As causas sociais das iniquidades em saúde no Brasil: Relatório final da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde.* 2008. 216p.
- BREHIER, E. *História da Filosofia.* 7 vols. São Paulo: Mestre Jou, 1978.
- BRESCIANI, F. E.; D'OTTAVIANO, I. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: D'OTTAVIANO I. M. L.; GONZALEZ, M. E. Q. (Orgs). *Auto-organização: estudos interdisciplinares.* Campinas: Unicamp, 2000, Coleção CLE, v.30, p.283-306.
- BRUNONI, A. R. et al. Placebo response of non-pharmacological and pharmacological trials in major depression: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE.* v.4, n.3, p.4.824, 2009.
- BUNEMER, E. Desafetação: a dificuldade de investir no objeto. *IDE.* v.26, p.28-42, 1995.
- BUNGE, M. *La investigación científica.* 2.ed. Barcelona: Ariel, 1985.
- _____. *Teoria e realidade.* São Paulo: Perspectiva, 1974.
- BUSS, P.; PELLEGRINI FILHO, A. A saúde e seus determinantes. *PHYSIS.* v.17, n.1, p.77-93, 2007.

- CALDER, R. *O homem e a medicina: história da arte e da ciência de curar*. São Paulo: Boa Leitura, 1970.
- CARLSON, L. E. et al. Mindfulness-based stress reduction in Relation to quality of life, mood, symptoms of stress, and immune parameters in breast and prostate cancer outpatients. *Psychosom Med.* v.65, p.571-81, 2003.
- CARNAP, R. O caráter metodológico dos conceitos teóricos. In: *Col. Os Pensadores*. São Paulo: Abril, 1980.
- CARRICO, A. W.; ANTONI, M. H. The effects of psychological interventions on neuroendocrine hormone regulation and immune status in HIV-positive persons: A review of randomized controlled Trials. *Psychosom Med.* v.70, n.5, p.575-84, 2008.
- CASSETTO, S. J. Sobre a importância do adoecer: uma visão em perspectiva da psicossomática psicanalítica no século XX. *Psyquê.* v.17, p.121-42, 2006.
- CERVO, A.; BERVIAN, P. *Metodologia científica*. São Paulo: McGraw-Hill, 1973.
- CHALMERS, A. *A fabricação da ciência*. São Paulo: Editora UNESP, 1994.
- CHALMERS, D. *The Conscious Mind*. New York: Oxford University Press, 1996.
- CHARMANDARI, E.; TSIGOS, C.; CHROUSOS, G. Endocrinology of the stress response. *Annu Rev Physiol.* v.67, p.259-84, 2005.
- CHIAVENATTO, I. *Teoria geral da administração*. 2.ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1979.
- COCHRAN, W.; COX, G. *Experimental Designs*. New York: J.Wiley, 1975.
- CHROUSOS, G. P. The role of stress and the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in the pathogenesis of the metabolic syndrome: neuro-endocrine and target tissue-related causes. *Int J Obes Relat Metab Disord.* v.249, n.2, p.50-5, 2000.
- CHROUSOS, G. P. The stress response and immune function: clinical implications; the 1999 Novera H. Spector Lecture. *Ann NY Acad Sci.* v.917, p.38-67, 2000.
- _____; KINO, T. Glucocorticoid action networks and complex psychiatric and/or somatic disorders. *Stress.* v.10, n.2, p.213-9, 2007.

- _____. Stress and disorders of the stress system. *Nat Rev Endocrinol.* v.5, n.7, p.374-81, 2009.
- COBB, L. A. et al. An evaluation of internal mammary-artery ligation by a double-blind technique. *N Engl J Med.* v.260, n.22, p.1.115-8, 1959.
- COLLOCA, L.; SIGAUDDO, M.; BENEDETTI, F. The role of learning in nocebo and placebo effects. *Pain.* v.136, n.1-2, p.211-8, 2008.
- CONFERÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE, 8ª, 1986. *Relatório final da 8ª Conferência Nacional de Saúde.* Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/Relatorios/relatorio_8.pdf>. Acesso em: 5 abr 2011.
- CRESWELL, J. D. et al. Mindfulness meditation training effects on CD4+ T lymphocytes in HIV-1 infected adults: A small randomized controlled trial. *Brain Behav Immun.* v.23, n.2, p.184-8, 2009.
- CRITCHLEY, H. D. Psychophysiology of neural, cognitive, and affective integration: fMRI and autonomic indicants. *Int J Psychophysiol.* v.73, n.2, p.88-94, 2009.
- DAMÁSIO, A. R. *O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano.* 2.ed. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- _____. *Em busca de Espinosa: prazer e dor na ciência dos sentimentos.* São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- DANTZER, R. Cytokine-induced sickness behavior: Mechanisms and implications. *Ann NY Acad Sci.* v.933, p.222-34, 2001.
- DAWKINS, R. *O gene egoísta.* São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1979.
- DEACON, T. W. *The Symbolic Species: The co-evolution of language and the brain.* New York: W.W. Norton and Co, 1997.
- DEBRUN, M. A ideia de auto-organização. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M. E. Q.; PESSOA Jr., O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares.* Campinas: CLE/UNICAMP, Coleção CLE, v.18, p.3-23, 1996a.
- _____. A dinâmica da auto-organização primária. In: DEBRUN, M.; GONZALES, M. E. Q.; PESSOA Jr., O. (Orgs.) *Auto-organização: estudos interdisciplinares.* Campinas: CLE/UNICAMP, Coleção CLE, v.18, p.25-59, 1996b.
- _____. *Identidade nacional brasileira e auto-organização.* D'OTTAVIANO, I. M. L.; GONZALEZ, M. E. Q. (Orgs.) Campinas: Unicamp, Cen-

- tro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2009, Coleção CLE, v.53.
- DE CASTRO, M. G.; ANDRADE, T. M. R.; MULLER, M. C. Conceito mente-corpo através da História. *Psicol Estud.* v.11, n.1, p.39-43, 2006.
- DEJOURS, C. Biologia, psicanálise e somatização. In: VOLICH R. M. et al. *Psicossoma II – Psicossomática Psicanalítica*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.
- DEJOURS, C. As doenças somáticas: sentido ou sem sentido? Pulsional. *Revista de Psicanálise.* v.12, n.118, p.26-41, 1999.
- DEMITRACK, M. A.; CROFFORD, L. J. Evidence for and pathophysiologic implications of hypothalamic-pituitary-adrenal axis dysregulation in fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. *Ann N Y Acad Sci.* v.840, p.684-97, 1998.
- DEPEW, D.; WEBER, B. *Evolution at a Crossroads*. Cambridge: MIT Press, 1985.
- DESCARTES, R. *Discurso do método e meditações*. São Paulo: Abril, 1979. (Col. Os Pensadores).
- DICKERSON, S. S.; KEMENY, M. E. Acute stressors and cortisol responses: a theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychol Bull.* v.130, n.3, p.355-91, 2004.
- EHLERT, U.; GAAB, J.; HEINRICHS, M. Psychoneuroendocrinological contributions to the etiology of depression, post-traumatic stress disorder, and stress related bodily disorders: The role of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Biol Psychol.* v.57, n.1-3, p.141-52, 2001.
- EISENBERGER, N. I. et al. Neural pathways link social support to attenuated neuroendocrine stress responses. *Neuroimage.* v.35, n.4, p.1.601-12, 2007.
- ELENKOV, I. J.; CHROUSOS, G. P. Stress hormones, Th1/Th2 patterns, pro/anti-inflammatory cytokines and susceptibility to disease. *Trends Endocrinol Metab.* v.10, n.9, p.359-68, 1999.
- ENGEL, G. L. The need for a new medical model: a challenge for biomedicine. *Science.* v.196, n.4.286, p.129-36, 1977.
- _____. Sounding board. The biopsychosocial model and medical education: Who are to be teachers? *N Engl J Med.* v.306, n.13, p.802-5, 1982.

- _____. From biomedical to biopsychosocial: Being scientific in the human domain. *Psychother Psychosom.* v.66, n.2, p.57-62, 1997.
- ÉPINAY, M. L. *Groddeck: a doença como linguagem.* São Paulo: Papirus, 1988.
- FARBER, E. M. et al. Stress, symmetry, and psoriasis: possible role of neuropeptides. *J Am Acad Dermatol.* v.14, n.2 Pt, p.305-11, 1986.
- FAVA, G. A.; SONINO, N. Psychosomatic medicine: Emerging trends and perspectives. *Psychotherapy and Psychosomatics.* v.69, n.4, p.184-97, 2000.
- _____. The clinical domains of psychosomatic medicine. *J Clin Psychiatry.* v.66, n.7, p.849-58, 2005.
- _____. The biopsychosocial model thirty years later. *Psychother Psychosom.* v.77, n.1, p.1-2, 2008.
- FELLIN, T. et al. Neuronal synchrony mediated by astrocytic glutamate through activation of extrasynaptic NMDA receptors. *Neuron.* v.43, p.729-43, 2004.
- FELTEN, D. L. et al. Noradrenergic sympathetic innervation of lymphoid tissue in the rabbit appendix: Further evidence for a link between the nervous and immune systems. *Brain Res Bull.* v.7, n.5, p.595-612, 1981.
- FERREIRA FILHA, M. O.; CARVALHO, M. A. P. 2010. A Terapia Comunitária em um Centro de Atenção Psicossocial: (des)atando pontos relevantes. *Rev Gaúcha Enferm.* v.31, n.2, p.232-9, 1981.
- FESSEL, W. J.; SOLOMON, G. F. Psychosis and systemic lupus erythematosus: A review of the literature and case reports. *Calif Med.* v.92, p.266-70, 1960.
- FOLKMAN, S.; MOSKOWITZ, J. T. Positive affect and the other side of coping. *Am Psychol.* v.55, p.647-54, 2000.
- FORTUNE, D. G. et al. Psychologic factors in psoriasis: Consequences, mechanisms, and interventions. *Dermatol Clin.* v.23, n.4, p.681-94, 2005.
- FRANCHIMONT, D. et al. Glucocorticoids and inflammation revisited: The state of the art. *NiH Clinical Staff Conference. Neuroimmunomodulation 2002.* v.10, n.5, p.247-60, 2003.
- FREEMAN, H.; ELMADJIAN, F. The relationship between blood sugar and lymphocyte levels in normal and psychotic subjects. *Psychosom Med.* v.9, n.4, p.226-36, 1947.

- FREUD, S. (1893). Algumas considerações para um estudo comparativo das paralisias motoras orgânicas e histéricas. In: _____. *Edição Standard Brasileira das Obras Completas de Sigmund Freud*. Rio de Janeiro: Imago, 1996. v.I, p.199-216.
- FREUD, S. (1894). As neuropsicoses de defesa. In: _____. *Edição Standard Brasileira das Obras Completas de Sigmund Freud*. Rio de Janeiro: Imago, 1996. v.3, p.51-74.
- FREUD, S. (1895). Estudos sobre a histeria. In: _____. *Edição Standard Brasileira das Obras Completas de Sigmund Freud*. Rio de Janeiro: Imago, 1996. v.2.
- FUSTER, J. M. The prefrontal cortex. An update: time is of the essence. *Neuron*. v.30, n.2, p.319-33, 2001.
- GARCIA, F.L. *Introdução crítica ao conhecimento*. Campinas: Papirus, 1988.
- GARDNER, E. *History of Biology*. Minneapolis: Burgess Publ. Company, 1972.
- GARDNER, M. *Manias e credices em nome da ciência*. São Paulo: Ibrasa, 1960.
- GAUER, G.; ROCHA, L; MÜHLEN, C. Desordem depressiva maior e atividades das células “natural killer”. *Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul*. v.14, n.3, p.169-72, 1992.
- GEERS, A. L. et al. 2006. Expectations and placebo response: A laboratory investigation into the role of somatic focus. *J Behav Med*. v.29, n.2, p.171-8, 1992.
- GERSHENSON, C. *Design and Control of Self-Organizing Systems*. Mexico City: CopIt ArXives, 2007.
- GLYMOUR, C. *Theory and Evidence*. Princeton: Princeton Univ. Press, 1980.
- GRANGER, G. C. *A ciência e as ciências*. São Paulo: Editora UNESP, 1994.
- GREENE, M; MENDELSSOHN, E. *Topics in the Philosophy of Biology*. Dordrecht/Boston: D. Reidel, 1976.
- GRODDECK . *O livro d'Isso*. 3.ed. São Paulo: Perspectiva, 1991.
- GUIMARÃES, F. J.; FERREIRA FILHA, M. O. Repercussões da terapia comunitária no cotidiano de seus participantes. *Rev Eletr Enf*. v.8,

- n.3, p.404-14, 2006. Disponível em: <http://www.fen.ufg.br/revista/revista8_3/v8n3a11.htm>. Acesso em: 20 nov 2010.
- HAYDON, P. G.; CARMIGNOTO, G. Astrocyte control of synaptic transmission and neurovascular coupling. *Physiol Rev.* v.86, p.1.009-31, 2006.
- HAYNAL, A.; PASINI, W. *Manual de medicina psicossomática*. São Paulo: Masson, 1993.
- HAYNES, J. D.; REES, G. Decoding mental states from brain activity in humans. *Nat Rev Neurosci.* v.7, p.523-34, 2006.
- HEGEMBERG, L. *Lógica simbólica*. São Paulo: Herder, 1966.
- _____. *Etapas da investigação científica*. São Paulo: EPU, 1976. 2v.
- _____. *Explicações científicas*. São Paulo: Herder/EDUSP, 1969.
- HEMPEL, C. *Aspects of Scientific Explanation*. New York: The Free Press, 1965.
- HO, R. C. M. et al. Research on psychoneuroimmunology: Does stress influence immunity and cause coronary artery disease? *Ann Acad Med Singapore.* v.39, n.3, p.191-6, 2010.
- HOLMES, T. A.; RAHE, R. H. The social readjustment rating scale. *J Psychosom Res.* v.11, n.2, p.213-8, 1967.
- HORN, A.; ALMEIDA, M. C. P. Sobre as bases freudianas da psicossomática psicanalítica: um estudo sobre as neuroses atuais. *Revista Brasileira de Psicanálise.* v.37, n.1, p.69-84, 2003.
- HUHNE, L. (Org.). *Metodologia científica*. Rio de Janeiro: AGIR, 1987.
- HULL, D. *Filosofia da ciência biológica*. Rio de Janeiro: Zahar, 1971.
- HUME, D. *Investigação sobre o entendimento humano*. São Paulo: Abril, 1973. (Col. Os Pensadores)
- HUNTER, P. A question of faith. *EMBO Reports.* v.8, n. 2, p.125-8, 2007.
- IRWIN, M. R. et al. Effects of a behavioral intervention, Tai Chi Chih, on varicella-zoster virus specific immunity and health functioning in older adults. *Psychosom Med.* v.65, p.824-30, 2003.
- ISHIGAMI, T. The influence of psychic acts on the progress of pulmonary tuberculosis. *American Review of Tuberculosis.* v.2, p.470-84, 1919.
- JACOB, F. *A lógica da vida*. Rio de Janeiro: Graal, 1983.
- JAMES, W. *The Principles of Psychology*. New York: Dover, 1950. v.2.
- JAPIASSU, H. *O mito da neutralidade científica*. Rio de Janeiro: Imago, 1978.

- KALIVAS, P. W.; VOLKOW, N. D. The neural basis of addiction: A pathology of motivation and choice. *Am J Psychiatry*. v.162, n.8, p.1.403-13, 2005.
- KANT, E. *Crítica da Razão Pura*. São Paulo: Abril, 1983. (Col. Os Pensadores)
- KAPTCHUK, T. J. et al. Components of the placebo effect: A randomized controlled trial in irritable bowel syndrome. *BMJ*. v.336, p.999-1.003, 2008.
- _____. "Maybe I made up the whole thing": Placebos and patients' experiences in a randomized controlled trial. *Cult Med Psychiatry*. v.33, p.882-911, 2009.
- KAUFFMAN, S. *The Origins of Order*. New York: Oxford University Press, 1993.
- KELLER, E. F. Organisms, machines, and thunderstorms: A history of self-organization. Part One. *Historical Studies in the Natural Sciences*. v.38, n.1, p.45-75, 2008.
- _____. Organisms, machines, and thunderstorms: A history of self-organization, Part Two. Complexity, emergence, and stable attractors *Historical Studies in the Natural Sciences*. v.39, n.1, p.1-31, 2009.
- KEMENY, M. E. Psychobiological responses to social threat: Evolution of a psychological model in psychoneuroimmunology. *Brain Behav Immun*. v.23, n.1, p.1-9, 2009.
- KIECOLT-GLASER, J. et al. Psychoneuroimmunology and Psychosomatic Medicine: Back to the future. *Psychosom Med*. v.64, n.1, p.15-28, 2002.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1973.
- LEDOUX, J. *The Emotional Brain*. New York: Simon & Schuster, 1996.
- LE MOIGNE, J. L. *La Théorie du Système Général*. 3.ed. Paris: Presses Universitaires de France, 1990.
- LÉVI-STRAUSS, C. *Antropologia estrutural*. Trad. Chaim Samuel Katz e Eginardo Pires. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1975.
- LEWIS, D. *Counterfactuals*. Lexington: Blackwell Publisher, 2005.
- LEWONTIN, R. *The Triple Helix: Gene, Organism and Environment*. Cambridge: Harvard University Press, 2000.

- LIMA, O. F. Uma abordagem monista-naturalista de Espinosa sobre o conceito de saúde mental. *ÍTACA*. n.14, 2009.
- LIPOWSKI, Z. J. What does the word “psychosomatic” really mean? A historical and semantic inquiry. *Psychosomatic Medicine*. v.46, n.2, p.153-71, 1984.
- LOSEE, J. *Introdução histórica à Filosofia da Ciência*. São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1979.
- LUNGARZO, C. *O que é ciência*. São Paulo: Brasiliense, 1989.
- LUPIE, S. J. et al. Can poverty get under your skin? Basal cortisol levels and cognitive function in children from low and high socioeconomic status. *Dev Psychopathol*. v.13, n.3, p.653-76, 2001.
- LUSSI, I. A. O.; PEREIRA Jr., A.; FREITAS, H. I. Proposta de um Instrumento de Auto-Avaliação em Saúde Mental. *Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar*. v.12, 2006.
- _____, PEREIRA M. A. O.; PEREIRA Jr., A. A proposta de reabilitação psicossocial de Saraceno: um modelo de auto-organização? *Revista Latino-Americana de Enfermagem*. v.14, p.448-56, 2006.
- MAKINO, S. et al. Psychological stress increased corticotropin-releasing hormone mRNA and content in the central nucleus of the amygdala but not in the hypothalamic paraventricular nucleus in the rat. *Brain Res*. v.850, p.136-43, 1999.
- MANNHEIM, K. et al. *Sociologia do conhecimento*. Rio de Janeiro: Zahar, 1967.
- MARTY, P. *A psicossomática do adulto*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.
- _____. *Mentalização e psicossomática*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1998.
- MATES, B. *Lógica elementar*. São Paulo: Cia. Editora Nacional, 1968.
- MATURANA, H.; VARELA, F. Autopoiesis and cognition: The realization of the living. *Boston Studies in the Philosophy of Science* 42. Boston: Reidel, 1980.
- McCAIN, N. L. et al. Implementing a comprehensive approach to the study of health dynamics using the psychoneuroimmunology Paradigm. *Adv Nurs Sci*. v.28, n.4, p.320-32, 2005.
- McDOUGALL, J. *Teatros do corpo*. O psicossoma em psicanálise. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

- McEWEN, B. S. Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiol Rev.* v.87, n.3, p.873-904, 2007.
- METALNIKOV, S.; CHORINE, V. Rôle des réflexes conditionnels dans l'immunité. *Annales de l'Institut Pasteur.* v.40, p.893-900, 1926.
- MICHELSON, D. et al. Bone mineral density in women with depression. *N Engl J Med.* v.335, n.16, p.1.176-81, 1996.
- MONOD, J. *O acaso e a necessidade.* 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1972.
- MORAIS, R. *Filosofia da ciência e da tecnologia.* Campinas: Papirus, 1988.
- MORGENBESSER, S. (Org.). *Filosofia da ciência.* São Paulo: Cultrix, 1967.
- MORIN, E. *O método I: a natureza da natureza.* Trad.: Maria Gabriela de Bragança. Lisboa: Publicações Europa-América, 1977.
- MOSELEY, J. B et al. A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med.* v.34, n.2, p.81-8, 2002.
- NAGEL, E. *The Structure of Science.* New York: Harcourt, 1961.
- NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. *Exploring Complexity.* Berlin: Springer-Verlag, 1989.
- NOVACK, D. H. et al. Psychosomatic medicine: The scientific foundation of the biopsychosocial model. *Acad Psychiatry.* v.31, n.5, p.388-401, 2007.
- ODUM, E. *Ecologia.* Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.
- OKE, S. L.; TRACEY, K. J. The inflammatory reflex and the role of complementary and alternative medical therapies: Longevity, Regeneration, and optimal health. *Ann NY Acad Sci.* v.1172, p.172-80, 2009.
- OKEN, B. S. et al. Randomized, controlled, six-month trial of yoga in healthy seniors: Effects on cognition and quality of life. *Altern Ther Health Med.* v.12, n.1, p.40-47, 2006.
- OLIVER, D.; HOVISS, D. *Fractal Graphics for Windows.* Indianapolis: SAMS, 1984.
- OSPINA, M. B. et al. Meditation Practices for Health: State of the Research. *Evidence Reports/Technology Assessments,* Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (US), n.155, 2007.
- PEIRCE, C. S. *Collected Papers* – : 8 vol. (Org.) Harttshorne, C. Weiss, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1958.

- PEREIRA Jr., A. *O problema da Autodeterminação na Filosofia da Natureza*. 1986. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte.
- _____. Um comentário sobre a Filosofia da Natureza na Enciclopédia de Hegel. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*. v.4, p.25-50, 1994.
- _____. Auto-organização, espacialidade e temporalidade biológicas. In: ÉVORA, F. (Org.) *Espaço e tempo*. Campinas: Centro de Lógica e Epistemologia/UNICAMP, 1995. p.291-300.
- PEREIRA Jr., A.; GUIMARÃES, R.; CHAVES Jr., J. C. Auto-organização na Biologia: Nível ontogenético. In: _____. *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Centro de Lógica e Epistemologia/UNICAMP, 1996. v.1, p.239-69.
- PEREIRA Jr., A.; ROCHA, A. F. Auto-organização físico-biológica e a origem da consciência. In: _____. *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Centro de Lógica e Epistemologia/UNICAMP, 2000. v.2.
- PEREIRA Jr., A.; LUSSI, I. A. O.; PEREIRA, M. A. O. *Mente*. In: _____. *Universos do conhecimento*. Belo Horizonte: Faculdade de Letras da UFMG, 2002, p. 201-19.
- PEREIRA Jr., A. et al. Evolução biológica e auto-organização: propostas teóricas e discussão de dois casos empíricos In: _____. *Auto-organização: estudos interdisciplinares 3*. Campinas: Centro de Lógica e Epistemologia/UNICAMP, 2004. (Coleção CLE, v.39, p.21-72).
- _____. Evolução humana e natureza da linguagem. *Abstracta*. v.2, p.138-61, 2007.
- PEREIRA Jr., A.; GONZALES, M. E. Q. Relações informacionais e a dinâmica da auto-organização secundária. In: _____. *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Centro de Lógica e Epistemologia da UNICAMP, 2008. (Coleção CLE, v.4)
- PEREIRA Jr., A.; FURLAN, F. A. On the role of synchrony for neuron-astrocyte interactions and perceptual conscious processing. *Journal of Biological Physics*. v.35, p.465-80, 2009.
- PEREIRA Jr., A.; PEREIRA, M. A. O. The flower workshop in psychosocial rehabilitation: A pilot study. *Issues in Mental Health Nursing*. v.30, p.47-50, 2009.

- PEREIRA Jr., A.; ALMADA, L. Conceptual spaces and consciousness research: Integrating cognitive and affective processes. *Int J Mach Consc.* v.3, n.1, p.1-17, 2011.
- PEREIRA, M. A. O.; PEREIRA Jr., A. Transtorno mental: dificuldades enfrentadas pela família. *Revista da Escola de Enfermagem da USP.* v.37, p.92-100, 2003.
- PEREIRA, M. A. O.; FUREGATO, A. R. F.; PEREIRA Jr., A. The lived experience of long-term psychiatric hospitalization of four women in Brazil. *Perspectives in Psychiatric Care.* v.41, p.124-32, 2005.
- PERES, R. S. O corpo na psicanálise contemporânea: sobre as concepções psicossomáticas de Pierre Marty e Joyce McDougall. *Psicol Clin.* v.18, n.1, p.165-77, 2006.
- PERT, C. B. et al. Neuropeptides and their receptors: a psychosomatic network. *J Immunol.* v.135, Suppl. 2, p.820-6, 1985.
- POPPER, K. *A lógica da pesquisa científica.* São Paulo: Cultrix, 1975.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. *A nova aliança.* Brasília: UNB, 1979.
- _____. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza.* São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- PRODI, G. *O indivíduo e sua marca.* São Paulo: Editora UNESP, 1983.
- PUTTINI, R.; PEREIRA Jr., A. Além do mecanicismo e do vitalismo: a normatividade da vida em Georges Canguilhem. *Physis: Revista de Saúde Coletiva.* v.17, p.451-64, 2007.
- PUTTINI, R.; PEREIRA Jr., A.; OLIVEIRA, L.R. Modelos explicativos em saúde coletiva: abordagem biopsicossocial e auto-organização. *Physis: Revista de Saúde Coletiva.* v.20, n.3, p.753-67, 2010.
- RASMUSSEN, A. F.; MARSH, J. T.; BRILL, N. O. Increased susceptibility to herpes simplex in mice subjected to avoidance-learning stress or restraint. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine.* v.96, n.1, p.183-9, 1957.
- REBOLLO, R. A. *Ciência e metafísica na homeopatia de Samuel Hahnemann.* São Paulo: Associação Filosófica Scientiæ Studia/Parque Cien. Tec., 2008.
- RENSCH, B. *Biophilosophy.* New York/London: Columbia Univ. Press, 1971.

- ROBERTSON, J. M. The astrocentric hypothesis: proposed role of astrocytes in consciousness and memory formation. *J Physiol Paris*. 6, p.251-5, 2002.
- ROBINS, J. L. et al. Research on psychoneuroimmunology: tai chi as a stress management approach for individuals with HIV disease. *Appl Nurs Res*. v.19, n.1, p.29, 2006.
- ROLLER, D. *Introdução à história das ciências*. São Paulo: Cultrix, 1966.
- RUELLE, D. *Acaso e caos*. São Paulo: Editora UNESP, 1993.
- RUSE, M. *La Filosofia da la Biología*. Madrid: Alianza, 1979.
- RUSSELL, B. *A perspectiva científica*. 3.ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1969.
- SALMON, W. C. *Lógica*. Rio de Janeiro: Zahar, 1969.
- SAPOLSKY, R. M.; KREY, L.; MCEWEN, B. S. Prolonged glucocorticoid exposure reduces hippocampal neuron number: Implications for aging. *J Neurosci*. v.5, n.5, p.1.222-7, 1985.
- _____. Neuroendocrinology of the stress-response. In: BECKER, J. B.; BREEDLOVE, S. M.; CREWS, D. (Eds.). *Behavioral Endocrinology*. Massachusetts Institute of Technology, p.287-324, 1992.
- SAPOLSKY, R. M. The influence of social hierarchy on primate health. *Science*. v.308, n.5.722, p.648-52, 2005.
- SARACENO, B. *Libertando identidades: da reabilitação psicossocial à cidadania possível*. Rio de Janeiro: IFB/TeCorá, 1999.
- SATTLER, R. *Biophilosophy, Analytic and Holistic Perspectives*. Berlin/ New York: Springer-Verlag, 1986.
- SCHAFF, A. *A sociedade informática*. São Paulo: Editora UNESP, 1990.
- SCHUMMERS, J.; YU, H.; SUR, M. Tuned responses of astrocytes and their influence in hemodynamic signals in visual cortex. *Science*. v.320, p.1638-1643, 2008.
- SCHWAB, J. (Org.). *Convites ao raciocínio*. 2.ed. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências, 1972. (Série Biological Sciences Curriculum Study)
- SELYE, H. *The Stress of Life*. New York: McGraw-Hill, 1956.
- SEQUEIRA, H. et al. Electrical autonomic correlates of emotion. *Int J Psychophysiol*. v.71, n.1, p.50-6, 2009.

- SILVERT, L. et al. Autonomic responding to aversive words without conscious valence discrimination. *Int J Psychophysiol.* v.53, p.135-45, 2004.
- SLOAN, E. K. et al. Social stress enhances sympathetic innervation of primate lymph nodes: Mechanisms and implications for viral pathogenesis. *J Neurosci.* v.27, n.33, p.8.857-65, 2007.
- SOBER, E. (org.) *Conceptual Issues in Evolutionary Biology.* Cambridge: Bradford/MIT Press, 1984.
- _____. *Philosophy of Biology.* Oxford: Oxford University Press, 1993.
- AMKRAUT, A. A.; KASPER, P. Immunity, emotions and stress. *Annals of Clinical Research.* v.6, p.313-22, 1964.
- SOLOMON, G. F.; MOOS, R. H. Emotions, immunity and disease: a speculative theoretical integration. *Arch Gen Psychiatry.* v.11, p.657-74, 1964.
- STERELNY, K.; GRIFFITHS, P. *Sex and Death: An introduction to the philosophy of biology of Chicago:* University Chicago Press, 1999.
- TAUSK, F.; ELENKOV, I.; MOYNIHAN, J. Psychoneuroimmunology. *Dermatol Ther.* v.21, n.1, p.22-31, 2008.
- TAYLOR, S. E.; REPETTI, R. L.; SEEMAN, T. Health Psychology: What is an unhealthy environment and how does it get under the skin? *Annu Rev Psychol.* v.48, p.411-47, 1997.
- TEKUR, P. et al. Effect of yoga on quality of life of CLBP patients: A randomized control study. *Int J Yoga.* v.3, n.1, p.10-17, 2010.
- THÉODORIDES, J. *História da biologia.* Lisboa: Edições 70, s/d.
- THOITS, P. A. Stress and health: Major findings and policy implications. *J Health Soc Behav.* v.51, p.41-53, 2010.
- TRILLING, J. S. Psychoneuroimmunology: Validation of the biopsychosocial model. *Family Practice.* v.17, p.90-93, 2000.
- TSIGOS, C.; YOUNG, R. J.; WHITE, A. Diabetic neuropathy is associated with increased activity of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *J Clin Endocrinol Metab.* v.76, n.3, p.554-8, 1993.
- UEXHULL, J. *Dos animais e dos homens.* Lisboa: Enciclopédia LBL, s. d.
- URSIN, H. Psychosomatic Medicine: State of the art. *Annals of Medicine.* v.32, n.5, p.323-8, 2000.
- VALENTE, G. B.; RODRIGUES, A. L. Psicossomática e psicanálise: uma história em busca de sentidos. In: *Anais do XVII Congresso Brasileiro de Medicina Psicossomática.* Porto Alegre: ABMP-RS, 2010.

- VAN FRAASSEN, B. *The Scientific Image*. Oxford Univ. Press., 1980.
- VARGAS, M. *Metodologia da pesquisa tecnológica*. Rio de Janeiro: Globo, 1985.
- VAUGHAN, W. T. J.; SULLIVAN, J. C.; ELMADJIAN, F. Immunity and schizophrēnia: A survey of the ability of schizophrēnic patients to develop an active immunity following the injection of pertussis vaccine. *Psychosom Med.* v.11, n.6, p.327-33, 1949.
- VGONTZAS, A. N. et al. Chronic insomnia is associated with nyctohemeral activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis: clinical implications. *J Clin Endocrinol Metab.* v.86, n.8, p.3.787-94, 2001.
- _____. Chronic insomnia is associated with a shift of iL-6 and TNF α secretion from nighttime to daytime. *Metabolism.* v.51, n.7, p.887-92, 2002.
- VITA, L. W. *Introdução à filosofia*. São Paulo: Melhoramentos, 1964.
- VOLICH, R. M. *Psicossomática*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2000.
- _____. *Psicossomática: de Hipócrates à psicanálise*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2001.
- VOTTERO, A. et al. Transcriptional and translational regulation of the splicing isoforms of the growth hormone receptor by glucocorticoids. *Horm Metab Res.* v.35, n.1, p.7-12, 2003.
- WADDINGTON, C. *Instrumental para o pensamento*. São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 1979.
- WIENER, N. et al. *O conceito de informação na ciência contemporânea*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.
- WIESER, W. *Organismos, estruturas, máquinas*. São Paulo: Cultrix, 1972.
- WILLIAMS, D. R.; NEIGHBORS, H. W.; JACKSON, J. S. Racial/ethnic discrimination and health: Findings from community studies. *Am J Public Health.* v.93, n.2, p.200-8, 2003.
- _____. Perceived discrimination, race and health in South Africa. *Soc Sci Med.* v.67, n.3, p.441-52, 2008.
- WITKOWSKI, N. (Org.). *Ciência e tecnologia hoje*. São Paulo: Ensaio, 1994.
- WITTGENSTEIN, L. *Tractatus Logico-philosophicus*. McGuinness. Londres: Routledge and Kegan Paul, 1969.
- WONG, M. L. et al. Pronounced and sustained central hypernoradrenergic function in major depression with melancholic features: relation to

- hypercortisolism and corticotropin releasing hormone. *Proc Natl Acad Sci USA*. v.97, n.1, p.325-30, 2000.
- WRIGHT, R. J.; RODRIGUEZ, M.; COHEN, S. Review of psychosocial stress and asthma: An integrated biopsychosocial approach. *Thorax*. v.53, n.12, p.1.066-74, 1998.
- ZACHARIAE, R. Psychoneuroimmunology: A biopsychosocial approach to health and disease. *Scand J Psychol*. v.50, n.6, p.645-51, 2009.
- ZBORALSKI, K. et al. Quality of life and emotional functioning in selected psychosomatic diseases. *Postepy Hig Med Dosw*. v.62, p.36-41, 2008.
- ZEIDAN, F. et al. Brain mechanisms supporting the modulation of pain by mindfulness meditation. *J Neurosci*. v.31, n.14, p.5.540-8, 2011.
- ZHEN-YU, W.; KANG, L. Medical progress: Issues about the nocebo phenomena in clinics. *Chin Med J*. v.122, n.9, p.1.102-6, 2009.

SOBRE OS AUTORES

Alfredo Pereira Jr possui graduação em Filosofia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1984) e graduação em Administração de Empresas pela Fundação de Ciências Contábeis e Administrativas Machado Sobrinho (1983). É mestre em Filosofia pela Universidade Federal de Minas Gerais (1986) e Doutor em Lógica e Filosofia da Ciência pela Universidade Estadual de Campinas (1994). Realizou Pós-Doutorado em Ciências do Cérebro e da Cognição no Massachusetts Institute of Technology (1996-98). É membro do Grupo Interdisciplinar CLE-Auto-organização. Atualmente, é professor adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Possui experiência nas áreas de Psicologia Fisiológica, Saúde Mental e Epistemologia, e atua, sobretudo, nos seguintes temas: Mente e Cérebro, Consciência Humana, Interações Neuro-Astrocitárias, Filosofia das Ciências da Vida e da Saúde, e Modelo Biopsicossocial do Processo Saúde-Doença.

Marina Zuanazzi Cruz é graduada em Biomedicina pelo Instituto de Biociências de Botucatu (UNESP), especialista em Acupuntura pela Escola Brasileira de Medicina Chinesa (EBRAMEC), especialista em Cuidados Integrativos

pela Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) e mestre em Saúde Coletiva pela Faculdade de Medicina de Botucatu (UNESP). Realiza trabalho de divulgação científica, ministrando palestras e cursos nas áreas de Saúde Integrativa e Educação Emocional.

Ramon Souza Capelle de Andrade possui graduação em Filosofia pela Universidade Federal de Juiz de Fora (2002). É mestre em Filosofia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP (2006) e doutor em Filosofia pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, na área de Concentração Lógica. É membro do Grupo Interdisciplinar CLE-Auto-organização. Atualmente, é professor adjunto na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Possui experiência na área de Filosofia, com ênfase em Lógica, atuando, em especial, nos seguintes temas: Lógica condicional, Contrafactuais, Categorias de Charles Peirce e Auto-organização.

SOBRE O LIVRO

Formato: 14 x 21 cm

Mancha: 23,7 x 42,5 paicas

Tipologia: Horley Old Style 10,5/14

1ª edição: 2012

EQUIPE DE REALIZAÇÃO

Coordenação Geral

Kalima Editores

