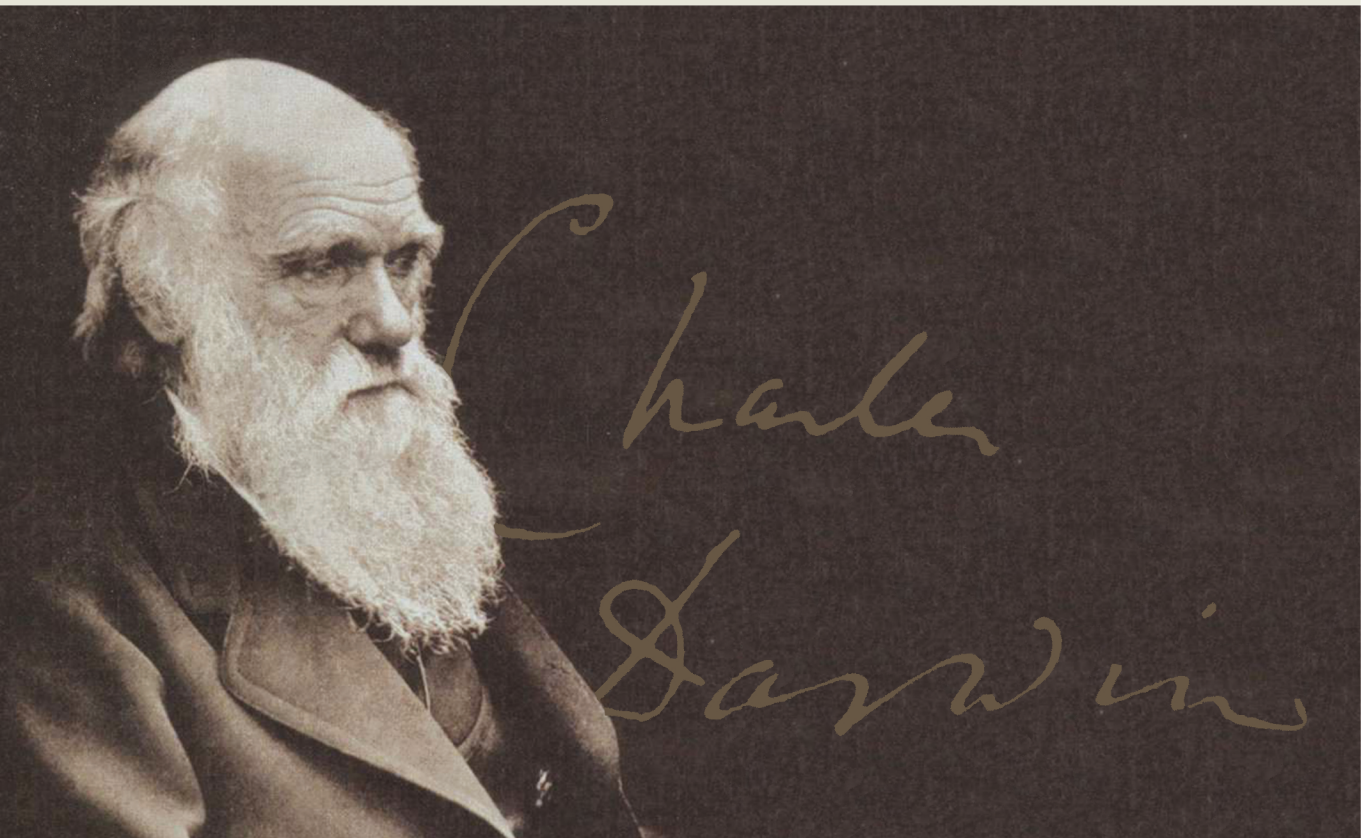


Ciência&Ambiente



Pensando a Evolução

36

- 3 EDITORIAL
- 4 PRÓXIMA EDIÇÃO
- PENSANDO A EVOLUÇÃO
- 5 PERSPECTIVAS SOBRE O PENSAMENTO EVOLUTIVO
Francisco Mauro Salzano
- ARTIGOS
- 11 LAMARCK E A EVOLUÇÃO ORGÂNICA
AS RELAÇÕES ENTRE O VIVO E O NÃO-VIVO
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins
- 23 DARWIN E A EVOLUÇÃO HUMANA
DESFAZENDO ALGUNS MITOS
Nelio Bizzo
- 37 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA RECEPÇÃO DA TEORIA DE DARWIN
Paulo Cesar Coelho Abrantes
- 57 DARWIN, WALLACE, FISHER, HAMILTON
E O CONCEITO DE SELEÇÃO SEXUAL
Carlos Roberto Fonseca
- 71 A IDÉIA DE EVOLUÇÃO COMO PONTE ENTRE
CIÊNCIA, HISTÓRIA E FILOSOFIA
OS EXEMPLOS DE MACH E BOLTZMANN
Leonardo Rogério Miguel e Antonio Augusto Passos Videira
- 87 ANIMAIS SOCIAIS, COGNIÇÃO COOPERATIVA,
EVOLUÇÃO E CULTURA
O QUE NÓS TEMOS A VER COM ISSO?
Maria Cátira Bortolini
- 93 ADAPTACIONISMO VERSUS EXAPTACIONISMO
O QUE ESTE DEBATE TEM A DIZER AO ENSINO DE EVOLUÇÃO?
Claudia Sepúlveda e Charbel Niño El-Hani
- 125 PARADIGMAS PRÉ-EVOLUCIONISTAS, ESPÉCIES ANCESTRAIS
E O ENSINO DE ZOOLOGIA E BOTÂNICA
Dalton de Souza Amorim
- 151 A EVOLUÇÃO DOS ALGORITMOS MENTAIS
Renato Zamora Flores e João Paulo Schwarz Schüler
- 167 ÉTICA E EVOLUÇÃO
Karla Chediak
- 183 INSTRUÇÕES PARA PUBLICAÇÃO
- 184 INSTRUCCIONES PARA PUBLICACIÓN

Universidade Federal de Santa Maria

REITOR	Clóvis Silva Lima
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS	Dalvan José Reinert – Diretor
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS	Martha Bohrer Adaime – Diretora
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS	Rogério Ferrer Koff – Diretor
EDITOR	Delmar Antonio Bressan
EDITORES CONVIDADOS	Antonio Augusto Passos Videira Charbel El-Hani Elgion Loreto
CONSELHO EDITORIAL	Beatriz Teixeira Weber Élgion Loreto José Newton Cardoso Marchiori Miguel Antão Durlo Ronai Pires da Rocha Ronaldo Mota Zília Mara Scarpari
CONSELHO CONSULTIVO	Alvaro Mones André Furtado Andrey Rosenthal Schlee Antonio Augusto Passos Videira Antonio Carlos Robert Moraes Aziz Nacib Ab'Saber Emilio Ulibarri Franz Andrae Luiz Antonio de Assis Brasil Pascal Acot
ANÁLISE, PREPARAÇÃO E REVISÃO DE TEXTO	Zília Mara Scarpari
CAPA, EDITORAÇÃO DE TEXTO E PROGRAMAÇÃO VISUAL	Valter Antonio Noal Filho
ILUSTRAÇÃO DA CAPA	Imagens extraídas de http://darwin-online.org.uk
IMPRESSÃO E ACABAMENTO	Gráfica Editora Pallotti/Santa Maria

ISSN 1676-4188

A revista *Ciência & Ambiente* é indexada ao
LATINDEX – Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.

Ciência & Ambiente/Universidade Federal de Santa Maria.

UFSM - v. 1, n.1 (jul. 1990) - - Santa Maria :

Semestral

n. 36 (jan./jun. 2008)

CDD:605 CDU:6(05)

Ficha elaborada por Marlene M. Elbert, CRB 10/951

Ciência & Ambiente

Prédio 13/CCNE – Sala 1110 – Campus Universitário – Camobi
97105-900 – Santa Maria – Rio Grande do Sul – Brasil
Fone/Fax: (55) 32208735 e (55) 32208444/ramal 30
ambiente@ccne.ufsm.br – www.ufsm.br/cienciaeambiente

O pensamento evolucionista tem dado vez a debates importantes desde o século XVIII, quando a idéia de que os sistemas naturais se encontram sempre em transformação começou a ganhar mais e mais defensores. A revolução transformista não se resumiu às ciências da vida, mas teve lugar nos diversos campos do conhecimento, da física à geologia. Não há dúvida, contudo, de que foi no domínio da evolução biológica que o transformismo teve o impacto mais radical. Lamarck propôs a primeira explicação sistemática para a transformação dos seres vivos, a primeira teoria da evolução, na virada para o século XIX. A teoria jamais teve grande aceitação, mas desempenhou um papel histórico decisivo, entre outras razões, porque trouxe consigo a própria idéia de uma ciência unificada dos seres vivos: a biologia.

Desde que o naturalista inglês Charles Darwin publicou, em 1859, o livro *A Origem das Espécies*, sua teoria da evolução tem suscitado reações bastante diversas, favoráveis e contrárias, porém sempre apaixonadas. Não constitui exagero afirmar que, dada a conhecer à comunidade científica e ao público em geral, a teoria darwinista nunca mais deixou de excitar a imaginação das pessoas, sejam cientistas ou leigos. Essa teoria também seduziu pensadores dos mais diversos matizes, exatamente por representar uma completa reviravolta em nossa compreensão sobre nós mesmos e sobre o mundo ao nosso redor.

Se, num primeiro momento, o evolucionismo irritava a alguns por criar um distanciamento da idéia de que seríamos criaturas talhadas à imagem e semelhança de um Criador, sugerindo que o ser humano tem uma origem animal (sabe-se hoje que chimpanzés, gorilas, orangotangos e humanos são muito mais próximos do que se pensava), na atualidade parece ser incômodo por indicar uma base biológica para todo com-

portamento humano, concepção reforçada pela genética.

No interior da comunidade científica, houve, e ainda há, debates relevantes sobre a teoria da evolução. O seu impacto se espalha por domínios muito diferentes, como a religião, a filosofia e, é claro, a ciência. Para usar um termo em voga, a teoria darwinista é, em essência, interdisciplinar. O que não deve causar espanto, uma vez que a mesma aborda a natureza de todas as coisas vivas e a nossa própria natureza. Entre as questões que suscita, encontra-se a interrogação, tão velha quanto a própria humanidade, sobre qual é a natureza do ser humano. A novidade trazida pela evolução está na possibilidade de responder a essa pergunta “olhando” para o mundo natural. Ou seja, partindo do princípio de que o ser humano é fruto ou resultado de processos naturais.

Reconhecendo o significado e a atualidade do tema, *Ciência & Ambiente*, em sua 36ª edição, reúne artigos que discutem o pensamento evolutivo a partir de uma multiplicidade de perspectivas teórico-conceituais. Não se trata, pois, de privilegiar qualquer posição específica. Ao contrário, o que se busca é mostrar a multiplicidade de olhares sobre a evolução que, segundo o físico austríaco Ludwig Boltzmann, era a teoria científica mais importante do século XIX, condição que permanece preservada até os dias atuais.

É muito provável que nunca sejamos capazes de encerrar os debates em torno da teoria darwinista da evolução. Essa impossibilidade de atingirmos uma resposta última e definitiva acerca da natureza dessa teoria e das suas eventuais aplicações não deveria nos incomodar. Afinal, a riqueza da espécie humana se encontra, em última instância, na variabilidade que é capaz de produzir, seja no domínio da vida prática, seja no domínio da vida teórica.

A próxima edição de *Ciência & Ambiente* será dedicada ao tema **A cultura do automóvel**. Entre os assuntos em exame, aspectos urbanísticos e de organização das cidades considerando a presença crescente de automóveis e demais veículos, a relação transporte individual e coletivo, a evolução tecnológica dos automóveis e seus efeitos sobre a poluição, alternativas de novos combustíveis, além de apreciações filosóficas e sociológicas sobre esse fenômeno tão peculiar à sociedade contemporânea.

O 37º número da revista terá como editores convidados **Ermínia Maricato**, professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, e **Ronai Pires da Rocha**, professor do Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Maria.

PERSPECTIVAS SOBRE O PENSAMENTO EVOLUTIVO

Francisco Mauro Salzano

O processo evolutivo biológico decorre da própria natureza do universo, que está em constante mudança. Na interpretação dos fatores que regem a evolução dos seres vivos existem duas correntes de pensamento: uma que privilegia agentes casuais/estruturais/mutacionais e outra que enfatiza fatores determinísticos, mais especificamente a seleção natural. Atualmente, as evidências em favor da importância marcante deste último agente são avassaladoras. O presente volume focaliza de modo abrangente quatro categorias de temas vinculados à evolução: (a) cultura e cérebro; (b) aspectos histórico-filosóficos; (c) aplicações ao ensino; e (d) ética. Além desses pontos, são igualmente caracterizados a imensa riqueza do bioma terrestre, aspectos de genômica comparada, a interação biologia-cultura e a importância da ciência como fatores de explicação do mundo que nos cerca. A educação científica em todos os níveis e através de todos os meios de comunicação é fundamental para combater a ignorância e a má-fé dos movimentos místicos e fundamentalistas.

A natureza do processo evolutivo biológico

Há uma relação dialética nas interpretações sobre nós e o mundo, cristalizadas nas noções de estabilidade ou mudança. Enquanto a primeira concentra-se em uma visão fixista de um universo criado por um ente superior, a segunda distingue-se por seu aspecto dinâmico, de mudança. Tal mudança, no entanto, ocorre através de padrões definidos, e a sua área de estudo é a evolução. A relação diádica é dialética, porque na evolução biológica há tanto conservadorismo como revoluções, quando se consideram tanto organismos quanto regiões genéticas determinadas, bem como sua distribuição espacial ou temporal. Já salientei anteriormente¹ que o mundo orgânico é um todo relacionado e que, portanto, a preservação de sua biodiversidade deixa de ser apenas um imperativo ético, para ser também um sentimento egoístico, de que não devemos destruir nossos irmãos ou parentes biológicos.

No exame deste conceito deve-se ter em conta que os processos biológicos são diferentes dos não-biológicos. Apresentam eles uma causalidade dupla; estão sujeitos às leis físico-químicas de seu ambiente, mas também são controlados por programas genéticos. Adicionalmente, os sistemas biológicos são abertos, e o princípio da entropia (o grau de desordem de um sistema fechado, que não interage com o meio externo, tende a crescer) não é aplicável àqueles.²

Outra relação dicotômica diz respeito à influência do acaso, quando comparado ao modelo determinístico da seleção natural. A discussão a respeito, no que se refere ao nível molecular quando comparado ao organismico, já fez quarenta anos,

tendo sido iniciada por um artigo de Kimura³. Análises mais recentes questionando o papel da seleção natural no processo evolucionário são as de Nei⁴ e Lynch⁵, publicadas em 2007. Segundo eles a evolução fenotípica ocorreria principalmente através de mutações que interagem entre si no processo de desenvolvimento. Lynch⁶ ainda salienta a importância do tamanho populacional nesse processo.

Deve-se enfatizar que sob o termo seleção natural estão incluídos diferentes processos: no caso de um único loco ou região cromossômica, quando há o favorecimento de um dos homozigotos, fala-se em *seleção direcional positiva*, enquanto o outro estaria sob a ação de uma *seleção direcional negativa* (ou *purificadora*). Em ambos os casos o resultado final será a fixação (positiva) ou a eliminação (negativa) do alelo. Há, portanto, *redução* da variabilidade genética populacional. Já a *seleção balanceadora* ou *diversificadora* favorecerá a variabilidade. O caso clássico é o da *sobredominância*, quando o valor adaptativo do heterozigoto é superior ao dos dois homozigotos. Variações no tempo e no espaço, bem como as relacionadas às freqüências relativas dos alelos, também podem levar à seleção balanceadora. Uma característica que vem sendo bastante abordada recentemente refere-se à *varredura seletiva*, na qual uma mutação vantajosa nova elimina ou reduz a variação em sítios neutros ligados, à medida que ela aumenta de freqüência na população.

Há muitas maneiras de se identificar esses processos em nível molecular, e uma delas é a comparação das variabilidades

¹ SALZANO, F. M. DNA e evolução humana. *Ciência & Ambiente*, 26:17-24, 2003.

² MAYR, E. *What makes biology unique? Considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

³ KIMURA, M. Evolutionary rate at the molecular level. *Nature*, 217:624-626, 1968.

⁴ NEI, M. The new mutation theory of phenotypic evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 104:12.235-12.242, 2007.

⁵ LYNCH, M. *The origins of genome architecture*. Sunderland: Sinauer, 2007.

⁶ LYNCH, M. *Op. cit.*

intra e interespecífica.⁷ Outra possibilidade bastante utilizada é a da comparação da variação que ocorre como resultado de mudanças sinônimas (a alteração em nível de DNA não se expressa em nível protéico devido à degeneração do código genético) e não-sinônimas (nas quais há alterações nos dois níveis).

É impossível entrar em detalhes aqui sobre os resultados obtidos com a aplicação desses métodos. Basta sublinhar que a evidência acumulada sobre a ocorrência da seleção em nível molecular é agora avassaladora. Em um estudo relativamente recente⁸, foram encontradas evidências claras de seleção positiva nas linhagens humanos/chimpanzés em 3.995 genes. Para uma boa parcela deles (23%) foi possível identificar a função envolvida; como esperado, dois terços desses últimos estavam implicados em diferenças de caráter imunológico.

Contribuições do presente volume

Embora haja alguma sobreposição, os artigos que compõem o presente volume de *Ciência & Ambiente* podem ser classificados em quatro categorias: 1. Discussão de conceitos e resultados sobre cultura e cérebro (Bortolini; Flores & Schüler); 2. Aspectos histórico-filosóficos (Abrantes; Bizzo; Fonseca; Martins; Miguel & Videira; Sepúlveda & El-Hani); 3. Aplicações ao ensino (Amorim; Sepúlveda & El-Hani); 4. Ética (Chediak).

Com relação à primeira categoria, Bortolini enfatiza as relações entre a cultura humana e a de organismos não-humanos, em contraposição a Chediak, que aponta para as diferenças. Já Flores & Schüler, após uma análise detalhada dos

conceitos de algoritmo e heurística, concluem não haver uma fronteira explícita entre a evolução humana e a dos computadores, deixando margem a especulações como a de um futuro surrealista, no qual estaríamos subordinados a robôs dotados de inteligência artificial!

A biologia evolucionária é uma ciência histórica⁹ e é importante conhecer o progresso do conceito de evolução. É nesta área que se concentra a maioria das contribuições, com ênfase à análise de algumas figuras paradigmáticas como Charles Darwin (especialmente Abrantes e Bizzo), Jean-Baptiste Lamarck (Martins), Ernst Mach e Ludwig Boltzmann (Miguel & Videira). Por outro lado, o artigo de Fonseca centrou-se no conceito de seleção sexual, e o de Sepúlveda & El-Hani nos de adaptacionismo e exaptacionismo. Em conjunto, essa série de artigos fornece uma visão esclarecedora sobre as personalidades citadas e os conceitos discutidos durante suas vidas e posteriormente, aí incluindo as importantes contribuições de outras personagens ilustres como Alfred R. Wallace, Ronald A. Fisher, William D. Hamilton, Stephen J. Gould e Richard Lewontin.

A aplicação de tais conceitos ao ensino da evolução em geral (Sepúlveda & El-Hani) e ao da sistemática filogenética animal e vegetal (Amorim) foi adequadamente examinada. Amorim, particularmente, analisou em detalhe aspectos diversos da metodologia do ensino e forneceu uma minuta de aula a ser ministrada no Ensino Fundamental.

Questões éticas, e mais especificamente a natureza da moral, foram consideradas por Karla Chediak. Inicialmente ela examina a naturalização da moral, relaciona esta última com o altruísmo e, por último, aborda a chamada falácia naturalista (que seria cometida toda vez que se definisse a moral a par-

⁷ NIELSEN, R. Molecular signatures of natural selection. *Annual Review of Genetics*, 39:197-218, 2005.

⁸ NIELSEN, R. *et al.* A scan for positively selected genes in the genomes of humans and chimpanzees. *PLoS Biology*, 3:976-985, 2005.

⁹ MAYR, E. *Op. cit.*

tir de propriedades naturais). Edward O. Wilson não tem medo deste conceito. Segundo ele, não haveria necessidade de situar o raciocínio moral em uma categoria especial; a própria proposição da falácia naturalista seria uma falácia! Outra questão abordada especialmente por Michael Ruse é o do critério externo para julgar os assuntos morais. Se a moral é suficiente por si mesma, poder-se-ia estabelecer, aleatoriamente, qualquer tipo de regra ou exigência. A posição de Chediak, no entanto, é clara: “Há uma realidade própria relativa aos valores e às normas que faz de sua aceitação, reconhecimento e manutenção uma questão de relativa autonomia, mostrando que as normas não são redutíveis às suas influências, por mais importantes que essas sejam”. O problema é complexo e vem sendo debatido há várias décadas. Simpson¹⁰ resume o problema da seguinte maneira: uma ética evolutiva para o ser humano deve ser baseada em sua própria natureza, isto é, na sua posição e significação evolutivas. Não se pode esperar que ela surja automaticamente dos princípios evolucionários, nem que seja absoluta, devendo resultar de uma escolha deliberada e consciente. Ele conclui com alguns exemplos: (a) a promoção do conhecimento é essencialmente boa; (b) é bom, certo e moral reconhecer a integridade e a dignidade da pessoa humana, e estimular a realização e o desenvolvimento das capacidades individuais; (c) a diversidade de personalidades e ações é uma característica boa; por outro lado: (d) a fé cega é imoral; (e) o autoritarismo é errado; e (f) o totalitarismo como forma estatal é também errado. Outros aspectos foram por mim discutidos em trabalhos anteriores.¹¹

¹⁰ SIMPSON, G. G. *O significado da evolução*. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1962 (edição original: *The meaning of evolution*. New Haven: Yale University Press, 1949).

¹¹ SALZANO, F. M. Mito, razão e ciência. *Ciência Hoje*, 36(215):28-32, 2005.
SALZANO, F. M. Somos únicos? Biologia, cultura e humanidade. *Scientific American Brasil*, 6(71):64-71, 2008.

O bioma terrestre

Alguns temas não abordados nos mencionados artigos serão considerados daqui para diante. O primeiro relaciona-se com a incrível variabilidade biológica existente em nosso planeta. O quadro 1 apresenta alguns números aproximados. Calcula-se em 14 milhões o número de espécies vivas, com tamanhos genômicos variando entre 500 mil a 100 bilhões de pares de bases de DNA. Já o número de genes presente nesses organismos é muito menor, mas assim mesmo apreciável (1 mil a 100 mil). O número estimado de proteínas diferentes é enorme, mas elas podem ser agrupadas em apenas cerca de 100 mil famílias (com composição similar) e 10 mil famílias estruturais (pois muitos desses domínios têm a mesma estrutura tridimensional). Para funcionar, a proteína necessita dobrar-se, e essas dobras estão relacionadas a estruturas específicas que geram a atividade biológica. Nossa ignorância sobre as relações estrutura-função ainda é grande. Apenas mil dobras têm a sua estrutura conhecida. E dados os números apresentados, conclui-se que a tarefa de sistematizar toda essa diversidade em um esquema evolucionário consistente é gigantesca.¹²

Genômica comparada

O desenvolvimento fenomenal dos métodos de análise molecular e de bioinformática está abrindo perspectivas inéditas para o estudo da evolução. Enquanto anteriormente a pesquisa tinha de se restringir a determinadas regiões do material genético, atualmente há a possibilidade da comparação da totalidade do mesmo entre as mais variadas espécies. O acúmulo da informação pertinente em bancos de da-

¹² CHOI, I-G. & KIM, S-H. Evolution of protein structural classes and protein sequence families. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 103:14.056-14.061, 2006.

dos ocorre de maneira muito rápida, mas o quadro 2 fornece os números disponíveis para diferentes classes de organismos ou organelas no início de 2008. Nada menos do que 580 espécies de bactérias já tiveram os seus genomas inteiramente seqüenciados. O número para Archaea (51) e Eukaryota (74) é naturalmente mais reduzido, no primeiro caso porque os organismos desse domínio de vida não são muito numerosos, e no segundo porque o tamanho dos genomas limita ou impede uma determinação rápida; mas assim mesmo já é considerável.

Quadro 1: Ordens de magnitude do número total de organismos vivos, unidades genéticas e características das proteínas existentes no planeta

Categorias	Ordens de magnitude estimadas
Número de espécies vivas	14 milhões
Tamanho do genoma (pares de bases)	500 mil a 100 bilhões
Número de genes em um organismo	1 mil a 100 mil
Número de proteínas diferentes	10 bilhões a 1 trilhão
Número de famílias de domínios protéicos	100 mil
Número de famílias estruturais de domínios protéicos	10 mil
Número de dobras protéicas de estrutura conhecida	1 mil

Fonte: CHOI, I-G. & KIM, S-H. *Op. cit.*

Quadro 2: Informação disponível sobre genomas completos classificada por grupos de organismos ou organelas

Classificação	Número de genomas completos em 8/2/2008
1. Vírus	1.466
2. Viróides	44
3. Plasmídeos	568
4. Fagos	419
5. Organelas	1.337
6. Archaea	51
7. Bactéria	580
8. Eukaryota	74

Fonte: <http://www.ebi.ac.uk> (European Bioinformatics Institute).

Abordarei aqui apenas dois exemplos desses estudos, o primeiro em procariotos (Archaea mais Bactéria) e o segundo em eucariotos.

As relações entre os genomas de 144 procariotos, distribuídos por 23 filas ou divisões (6 de Archaea, 17 de Bactéria) e envolvendo mais de 220 mil proteínas, foram examinadas considerando de maneira particular o grau de transferência genética lateral que ocorreria entre esses organismos.¹³ Foi verificada a presença de um padrão de herança basicamente vertical, porém com exceções notáveis. Genes com funções metabólicas parecem transferir-se mais freqüentemente entre os genomas, talvez porque eles representariam novas fontes de energia e nutrição, aumentando a capacidade dos organismos que os recebem para explorar e colonizar novos ambientes. Genes informacionais como o *16SrDNA*, ao contrário, não se transfeririam tão comumente, o mesmo sendo verdadeiro para os relacionados às proteínas de membrana e à divisão celular.

Outro estudo¹⁴ procurou investigar a origem dos genes responsáveis pelo sistema nervoso central. Os pesquisadores partiram de 3.101 clones de etiquetas de seqüências expressas (*expressed sequence tags*, ESTs) da porção da cabeça de planárias e, através de buscas de homologia, selecionaram 116 com similaridade significativa, com genes que já eram conhecidos e que estavam relacionados ao sistema nervoso central. Posteriormente compararam as seqüências desses clones com as dos genomas completos da espécie humana, de *Drosophila melanogaster* e de *Caenorhabditis elegans*, e verificaram que

¹³ BEIKO, R. G. *et al.* Highways of gene sharing in prokaryotes. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 102:14332-14337, 2005.

¹⁴ MINETA, K. *et al.* Origin and evolutionary process of the CNS elucidated by comparative genomic analysis of planarian ESTs. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 100:7666-7671, 2003.

95% desses 116 genes eram compartilhados pelas quatro espécies, indicando a existência de um ancestral comum para essa região genética. O mais curioso, no entanto, foi a ocorrência de 30% dos mesmos em seqüências de *Arabidopsis thaliana* (um arbusto) e *Saccharomyces cerevisiae* (o levedo da cerveja), que não possuem sistema nervoso central! A origem desses genes, portanto, é anterior ao surgimento desse sistema, e devem ter sido de alguma maneira recrutados para a montagem de sua estrutura.

Biologia, cultura e cyborgs

Há 2,5 milhões de anos atrás surgiu, em nossos ancestrais, a capacidade de fabricação e uso de ferramentas. Em época não tão bem estabelecida apareceu a linguagem; essa propriedade, como a conhecemos hoje, envolve a manipulação cognitiva de partes do corpo (língua, garganta, dentes, lábios) que não se tinham desenvolvido com tal objetivo. Da mesma maneira, os dedos, as mãos e as sobrancelhas não foram montados para gestos e a transmissão de emoções. Portanto, com a cultura, nós manipulamos conscientemente não só o mundo ao nosso redor, como também a nossa própria biologia.

Uma pesquisadora, Donna Haraway, assim se expressou a respeito dessas interações: “Quando os membros da espécie *Homo sapiens* tornaram-se humanos, eles também se tornaram *cyborgs* (mescla humano/animal/máquina), pois o reflexo da cultura influencia a biologia de tal maneira

que a biologia em si torna-se um artefato da cultura”! Em outras palavras, somos todos *cyborgs*! Também as barreiras entre espécies estão se rompendo. Um camundongo que recebeu genes humanos continua sendo um membro clássico de sua espécie ou uma quimera camundongo/humano de difícil classificação? Não seria uma máquina produzida por nossa cultura científica? Por último, como classificar os chimpanzés que aprenderam a linguagem dos sinais, com a qual nos comunicamos com os surdos ou surdo-mudos? Muitas vezes esses animais podem improvisar, tornando-se independentes da intervenção humana posterior. Monta-se assim uma situação de comunicação que cruza barreiras específicas.¹⁵

A importância da ciência

Foi o conhecimento científico que nos libertou do sentimento de incompreensão e terror típico da era pré-científica, em que os acontecimentos do mundo externo eram um mistério para os quais os únicos tipos de apelação eram o mágico e o mítico. Paradoxalmente, em paralelo aos fantásticos avanços da ciência, pulularam por toda parte movimentos anticiência e proliferaram religiões dos mais variados matizes. Os membros das mesmas questionam abertamente procedimentos perfeitamente válidos tendo em vista o nosso conhecimento atual do mundo, tornando-se claramente entraves ao progresso da ciência. Embora existam personalidades completamente impenetráveis à razão e ao bom-senso, uma política continuada de educação científica em todos os níveis e através de todos os meios de comunicação é o único antídoto disponível a esses movimentos de má-fé e ignorância deliberada.¹⁶

Francisco Mauro Salzano é biólogo, doutor em Genética e professor emérito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

francisco.salzano@ufrgs.br

¹⁵ ALTER, J. S. The once and future “apeman”. Chimeras, human evolution, and disciplinary coherence. *Current Anthropology*, 48:637-652, 2007.

¹⁶ As nossas pesquisas são financiadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Programas Institutos do Milênio e Apoio a Núcleos de Excelência, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul e Pró-Reitoria de Pesquisas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LAMARCK E A EVOLUÇÃO ORGÂNICA

AS RELAÇÕES ENTRE O VIVO E O NÃO-VIVO

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins

A partir de 1800, Jean-Baptiste Antoine de Monet de Lamarck (1744-1829) passou a publicar diversas obras que constituem várias versões daquilo que considerariamos atualmente como sendo uma teoria da evolução orgânica. Teria ele feito alguma diferenciação entre corpos vivos e não-vivos? Como explicava a própria natureza e a origem da vida? Quais suas idéias sobre a origem e o desenvolvimento dos diferentes grupos animais? Que possíveis relações haveria entre sua teoria química (teoria dos quatro elementos) e as idéias evolucionistas? Nesta breve reconstrução do que seria a teoria original de Lamarck no que se refere aos animais, conclui-se que ele estabeleceu uma clara distinção entre corpos vivos e não-vivos, mas procurou compreender a origem da vida a partir da matéria inanimada e de fenômenos físicos (naturais) conhecidos na época. Conforme suas concepções químicas, o fogo calórico seria elemento essencial para a manutenção da vida.

Introdução

Jean-Baptiste Pierre-Antoine de Monet (1744-1829), *Chevalier* de Lamarck, viveu em um contexto político bastante complexo, pois passou pela monarquia (reinado de Louis XVI) e pela revolução francesa e seus desdobramentos. Sob o ponto de vista filosófico e científico, conviviam o empirismo mais amplo de Condillac, o empirismo mais restrito dos ideólogos¹ e a *Naturphilosophie*. Tanto o mecanicismo newtoniano como concepções vitalistas estavam bastante presentes em Paris e Montpellier. Isso transparece nos próprios dicionários “científicos” da época, como o *Nouveau Dictionnaire d’Histoire Naturelle*, editado por Deterville, por exemplo.² A antiga concepção química dos quatro elementos, em suas diferentes versões, foi questionada pela proposta de uma química bastante diferente – a teoria pneumática – que adotava uma nova nomenclatura por parte de Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794). Além disso, a questão da origem e do desenvolvimento dos seres vivos também estava sob discussão e as opiniões se dividiam entre concepções fixistas e concepções evolucionistas.

O objetivo deste estudo, que lida em parte com o século XVIII e em parte com o século XIX, é averiguar como o vivo e o não-vivo se relacionam na teoria da evolução de Lamarck. Para tanto, será necessário lidar também com obras de sua fase pré-evolucionista, pois é nelas, principalmente, que aparecem suas concepções sobre o não-vivo.

A obra química de Lamarck

As concepções químicas de Lamarck são descritas sistematicamente em três obras: *Recherches sur les causes des principaux faits physiques* (publicada em 1794, mas escrita dezoito anos antes); *Réfutation de la théorie pneumatique* (1796); e *Mémoires de Physique et d’Histoire Naturelle* (1797; 1799).

Uma análise das obras acima mencionadas mostra que, apesar de Lamarck ter estudado as concepções químicas de Lavoisier, não as adotou. Ele dedicou um espaço considerável para explicar as razões que o levaram a manter sua antiga posição, procurando fazer uma refutação da teoria pneumática, apontando “os erros notáveis nas quais ela repousa” e comparando-a com a própria teoria que veio a chamar de *pirótica*.³ Parecia-lhe que as “antigas idéias” propiciavam uma explicação melhor para os fatos e eram parte

¹ Conforme, por exemplo, MARTINS, Lilian A.-C. Pereira & MARTINS, Roberto de A. Lamarck’s method and metaphysics. *Jahrbuch für Geschichte und Theorie der Biologie*, vol. 3, p. 181-199, 1996 e MARTINS, Lilian A.-C. Pereira & MARTINS, Roberto de A. A metodologia e a epistemologia de Lamarck. *Trans/Form/Ação*, vol. 19, p. 115-38, 1996.

² Conforme, por exemplo, MARTINS, Lilian A.-C. Pereira. Lamarck e o vitalismo francês. *Perspicillum*, vol. 9, n° 1, p. 25-67, 1995, e MARTINS, Lilian A.-C. Pereira. Lamarck, Virey e a concepção de natureza: uma comparação. In: LORENZANO, Pablo & TULA MOLINA, Fernando (eds). *Filosofía e Historia de la Ciencia em el Cono Sur*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes Ediciones, 2002. p. 355-364.

³ LAMARCK, Jean-Pierre Antoine de Monet. *Mémoires de Physique et d’Histoire Naturelle*. Paris: Chez L’Auteur, 1797. p. 393 e seguintes.

integrante de uma teoria geral que ele tinha sobre a física e a química aplicadas aos fenômenos da natureza, a fisiologia dos seres vivos, a formação dos seres brutos e suas relações entre si.⁴

De acordo com Marcel Landrieu, a influência de Lamarck sobre a física e a química foi nula. Suas idéias não foram citadas em nenhuma memória científica e seu nome não foi mencionado em nenhuma história da química.⁵

Algumas idéias químicas de Lamarck e suas relações com a história natural

O naturalista e biólogo francês considerava que havia na natureza uma tendência à destruição, ao aniquilamento de todas as combinações. Em contrapartida, havia outra tendência poderosa de formar as combinações, multiplicá-las, diversificá-las e reparar a quantidade dos compostos existentes.⁶ Mas perdas de substância e a tendência à decomposição sempre acabariam superando a tendência de formar combinações ou conservá-las. O próprio processo de combinação já acarretaria perdas de substância, representando um processo de destruição que aumentaria com o passar do tempo. Podemos notar, nessa visão, alguma semelhança com nossa perspectiva atual sobre a lei física do aumento de entropia; no entanto, o trabalho de Lamarck é muito anterior ao surgimento dessa lei.

Lamarck admitia que sobre o ser vivo atuavam duas forças opostas. A primeira promoveria a propagação da vida através da multiplicação dos indivíduos. A segunda promoveria sua destruição, causando sua morte. Com a morte dos seres vivos, os materiais que os compunham seriam restituídos à natureza, formando minerais, que, por sua vez, também acabariam sendo decompostos.⁷ Tais idéias envolvem uma concepção de natureza como o resultado da atuação de forças opostas dinâmicas, formando uma polaridade. Esse tipo de visão da natureza como o resultado de um equilíbrio entre forças ou tendências opostas também aparece em outros autores da época, como, por exemplo, em F. W. J. Schelling,⁸ um dos representantes da *Naturphilosophie*.

Para Lamarck, “de acordo com os conhecimentos positivos”, os seres existentes na natureza são constituídos por quatro elementos (água, fogo, ar e terra).⁹ Desses, o mais importante seria o fogo,¹⁰ uma matéria simples, que entraria na composição de todos os animais e da maioria dos vegetais. Esse elemento existiria em dois estados. O primeiro corresponderia ao seu estado natural,¹¹ em que seria

⁴ LAMARCK. *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*. Paris: Maradan, 2 vols., 1794. vol. 1, p. 9-10.

⁵ LANDRIEU, Marcel. Lamarck, le fondateur du transformisme: sa vie, son oeuvre. *Mémoires de la Société Zoologique de France*, 1908. vol. 21, p. 1-469, p. 163.

⁶ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 243-244.

⁷ LAMARCK. *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*. vol. 1, p. 2-3.

⁸ SCHELLING, F. W. J. von. *Ideas for a Philosophy of Nature as Introduction to the Study of this Science* [1797, 1803]. Trad. E. R. Harris e P. Heath, P. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. Book I, p. 57.

⁹ Note-se que Lamarck adotava a visão de Empédocles, Platão e Aristóteles considerando que estes eram elementos e não compostos, como admitiam os principais químicos do final do século XIX (LAMARCK. *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*. p. ix; 26). Para Antoine Laurent Lavoisier a idéia dos quatro elementos consistia em “uma hipótese imaginada há muito tempo antes que se tivesse as primeiras noções da física experimental e da química” (LAVOISIER. *Traité élémentaire de Chimie*. 3ª ed. Paris: Déterville, 1801. Discours préliminaire, p. XV).

¹⁰ Mais tarde ele chamou sua teoria de pirótica (*pyrotique*) por ser principalmente fundamentada sobre a consideração da matéria do fogo (LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. Paris: Agasse, 1796. p. 6).

¹¹ Nas obras subsequentes Lamarck passou a chamar o fogo natural de *fogo etéreo* (ver LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 26).

incolor e insípido, extremamente rarefeito, espalhado uniformemente em toda parte, penetrando facilmente os corpos e preenchendo os interstícios entre suas moléculas. Nesse estado, o fogo teria uma ação fraca sobre os corpos. No segundo estado (modificado), podia apresentar-se sob duas formas: em expansão e fixo. Quando em expansão, poderia produzir o afastamento das moléculas, tanto nos corpos inanimados como nos corpos vivos (nesse segundo caso, produzindo calor).¹²

¹² LAMARCK. *Recherches sur les principaux faits physiques*. vol. 1, p. 26;49-53.

¹³ Seria a base do carvão, do enxofre, combustível e inimigo da água. Seria o azoto dos químicos pneumáticos e também seu hidrogênio fixo (LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 29)

¹⁴ Seria o princípio dos ácidos e dos sais, solúvel na água, não combustível. Seria o carbono dos químicos pneumáticos e freqüentemente seu oxigênio (LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 28- 29)

¹⁵ LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 93; 98.

¹⁶ HALL, Thomas. *Ideas of Life and Matter*. Chicago/London: University of Chicago Press, 1969. 2 vols., vol. 2, p. 135.

¹⁷ LAMARCK. *Recherches sur les principaux faits physiques*. vol. 2, p. 185-186.

¹⁸ BICHAT. *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*. 5ª ed., 1829. p. 2;119; Conforme MARTINS, Lilian A.-C. P. Lamarck e o vitalismo francês. p. 41-43.

Em obra subsequente, Lamarck passou a chamar o fogo no estado natural de *fogo etéreo* e o fogo em expansão de *calórico*, dividindo o fogo fixo em dois tipos: aquele que se encontrava nos compostos perfeitos (a que chamou de *fogo carbônico*)¹³ e aquele que se encontrava nos compostos imperfeitos (a que denominou *acidífico*)¹⁴.

Para Lamarck, o calórico, ao penetrar em todos os tipos de moléculas agregadas nos corpos, provocaria seu afastamento e maior atração daquele corpo pelos corpos vizinhos. Na maior parte das operações químicas, o calórico causaria dilatação, acarretando rompimento na agregação das moléculas, que podiam chegar até a se separar. Por outro lado, se o calórico estivesse bastante aderido ao corpo, isso dificultaria sua combinação com outros corpos.¹⁵

Por volta de 1815, em *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, Lamarck passou a mencionar em seus escritos o termo *óxido*, que fazia parte da nova nomenclatura química que havia proliferado. No entanto, como Thomas Hall assinala, continuou aceitando até o fim de sua vida o calórico como uma substância sutil de extrema importância para os fenômenos naturais.¹⁶

Concepções sobre vida e origem da vida no período anterior a 1800

Em sua fase pré-evolucionista, Lamarck compreendia a vida como “um princípio inconcebível ao homem, cujo conhecimento não podia ser obtido pelas pesquisas físicas”. Esse princípio dependia da natureza, não podia existir sem a matéria (ou seja, não se tratava de algo imaterial como uma alma) e residia no movimento particular dos órgãos.¹⁷ Nessa época ele adotava, portanto, uma concepção vitalista, pois procurava explicar a vida como algo além dos fenômenos físicos, concepção que se assemelhava à de Marie François Xavier Bichat (1771-1802).¹⁸ Além disso, considerava que a natureza não podia originar a vida, ou seja, todos os indivíduos vivos eram provenientes de indivíduos semelhan-

¹⁹ LAMARCK. *Recherches sur les principaux faits physiques*. vol. 2, p. 213-214.

²⁰ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 255.

²¹ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 317.

²² LAMARCK. *Recherches sur les principaux faits physiques*. vol. 2, p. 285.

²³ LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 359.

²⁴ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 319; 324. Essa idéia já aparece em: *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*. vol. 2, p. 350.

²⁵ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 338; 340; 342.

²⁶ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 350.

²⁷ LAMARCK. *Philosophie zoologique*. 2 vols. Paris: Libraire F. Savy, 1837. 2º vol. 2ª edição, p. 103.

tes a eles.¹⁹ Assim, não admitia a idéia da geração espontânea – que passou a aceitar posteriormente, a partir de 1800 – nem a transformação das espécies.

Um pouco mais tarde Lamarck conceituou a vida como “o movimento que resulta da execução dos órgãos essenciais” e a morte como o resultado da “cessação de qualquer movimento orgânico”,²⁰ conceitos que também vem ao encontro das concepções vitalistas de Bichat.

A teoria dos corpos brutos

No período anterior a 1800, em diversas obras, Lamarck apresentou suas idéias a respeito do que seria um corpo bruto e sobre o processo de formação desses corpos. Definiu o corpo bruto como “todo corpo e toda matéria que não fazem mais parte de um ser vivo; toda massa que não é organizada e dotada de vida; todo corpo que não é mais vivo, ainda que possa apresentar os restos da organização de que gozava”²¹. Explicou ainda, em nota de rodapé, que, a partir do momento em que um corpo perde a vida, passa a pertencer ao reino mineral. Os seres brutos ou inorgânicos se diferenciam dos seres vivos por não apresentarem movimentos particulares, enquanto esses últimos são dotados do movimento vital ou orgânico, transmitido de geração a geração.²² Por outro lado, ao contrário dos animais e vegetais, que comporiam eles mesmos suas substâncias e conseqüentemente formariam eles mesmos as matérias que os constituem sem desnaturá-las, os seres brutos não teriam essa faculdade.²³

Para Lamarck, os corpos brutos e as matérias inorgânicas (chamados de minerais) não se formaram em uma mesma época e estão em processo de contínua formação. Os minerais se originaram a partir de restos vegetais ou animais, ou seja, resultaram da alteração de outros compostos pré-existentes.²⁴

Os minerais são produtos diretos ou indiretos dos despojos dos corpos vivos.²⁵ Já os metais *completos* ou *nativos* vão-se formar pela adição ou acúmulo do fogo carbônico sobre os compostos terrosos apropriados.²⁶ Tal concepção é semelhante àquela dos defensores do flogisto, para os quais o metal é produzido pela adição de flogisto à sua *cal* (aquilo que chamamos de óxido).

Em sua fase evolucionista, Lamarck continuou considerando os *corpos vivos* como a fonte inicial de todas as matérias compostas.²⁷ Com isso queria dizer que os seres vivos são capazes de realizar síntese e os seres inorgânicos

não – o que não significa que não existissem substâncias químicas antes da formação dos seres vivos. Em sua *Hydrogéologie*, escreveu: “Sem exceção, os componentes da matéria-prima que formam a maior parte da crosta externa da terra e a modificam constantemente por suas mudanças resultam todos de restos e resíduos de organismos vivos”.²⁸ Essa conclusão faz parte de uma idéia que não é aceita atualmente. Entretanto, de acordo com Alberto Carozzi, mostra a importância atribuída por Lamarck às plantas e animais nas mudanças geológicas, decompondo substâncias que modificam a superfície terrestre e fornecendo novos materiais para sua crosta.²⁹

Principais diferenças entre os corpos vivos e os corpos inanimados

Tanto nas obras anteriores a 1800 como nas obras de sua fase evolucionista, Lamarck dedicou um espaço considerável para esclarecer as diferenças existentes entre os corpos vivos e não-vivos³⁰ e, nesse sentido, não houve mudanças significativas, exceto com relação à origem da vida.

Os corpos inorgânicos, segundo ele, são inferiores aos corpos vivos. Os primeiros manifestam individualidade específica apenas na molécula integrante que constitui sua espécie. Nem todos têm o mesmo gênero de origem; são formados por aposição de moléculas, decomposições parciais, alterações de certos corpos ou pela combinação de matérias diversas em contato; não apresentam tecido celular, mas um estado de agregação em suas moléculas; não têm necessidades a serem satisfeitas para a sua conservação; não possuem faculdades, apenas propriedades; seu fim, bem como sua origem, devem-se a circunstâncias fortuitas ou acidentais; não produzem em si substâncias, não têm excitação; não passam por juventude, velhice e morte.³¹ Além disso, não formam raças como os seres vivos, mas constituem várias coleções de indivíduos totalmente semelhantes entre si.³²

Lamarck diferenciou os dois ramos que constituem os seres vivos. O primeiro deles, representado pelos vegetais, caracteriza-se por uma organização mais simples e, como vimos, pode formar combinações primeiras ou diretas. Os vegetais só apresentam movimentos essenciais. O segundo ramo é constituído pelos animais, cuja organização é mais complexa; podem mover-se voluntariamente e são dotados de *sentimento*³³.

²⁸ LAMARCK. *Hydrogeology*. Trad. Alberto Carozzi. Urbana: University of Illinois Press, 1964. p. 91.

²⁹ CAROZZI, A. Nota de rodapé. In: LAMARCK. *Hydrogeology*. p. 91.

³⁰ Já na *Flore Française*, Lamarck fez uma diferenciação entre os corpos inorgânicos e orgânicos (LAMARCK. *Flore Française*. Paris: Imprimerie Royale, 1778. 2 vols., vol. 1, p. 1).

³¹ LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. 2ème édition revue et augmentée de notes présentant les faits nouveaux dont la science s'est enrichie jusqu'à ce jour, par M. M. G. H. Deshayes et H. Milne Edwards. 11 vols. Paris: Baillière, 1835-1840. vol. 1, p. 37-38.

³² LAMARCK. Espèce. In: DETERVILLE, E. (ed.). *Nouveau Dictionnaire d'Histoire Naturelle, appliquée aux Arts, à l'Agriculture, à l'Économie rurale et domestique, à la Médecine*, etc. Par une Société de Naturalistes et Agriculteurs. 2ª ed. 36 vols. Paris: Deterville, 1816-1819. vol. 10, p. 450-451, 1817.

³³ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 276. O sentimento seria a faculdade particular dos animais, cuja sede está em alguns órgãos como o cérebro, medula espinhal, nervos e partes onde os nervos se distribuem. A irritação desses órgãos produziria as sensações em relação aos corpos exteriores (LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 300).

Sob o ponto de vista químico, o naturalista francês atribuiu à matéria mineral uma quantidade muito menor de princípios fluidos e voláteis, uma quantidade maior de princípios terrosos e frequentemente um número pequeno de princípios combinados.³⁴ Já a matéria animal conteria em maior proporção o fogo fixo (principalmente carbônico) e princípios voláteis, como a água e o ar, sendo estes bem mais conectados do que na matéria vegetal. Os animais têm uma tendência maior à decomposição em relação aos vegetais.³⁵ Lavoisier e seus seguidores acreditavam que a principal diferença entre vegetais e animais seria a presença do azoto (nitrogênio) nestes últimos. Lamarck não acreditava, como os químicos pneumáticos, na existência de algum princípio particular na matéria animal que não estivesse presente também na matéria vegetal. Para ele, o azoto dos químicos pneumáticos é o fogo fixo carbônico combinado ao ar e ao fogo calórico.³⁶

Ao se referir ao ciclo vital, Lamarck esclareceu que todos os seres vivos passam durante sua existência por três períodos (crescimento, cessação do crescimento e decadência) cuja duração varia conforme a natureza das espécies ou dos indivíduos.³⁷ Nas obras de sua fase pré-evolucionista, apresentou uma discussão acerca do ciclo vital dos seres vivos que não aparece nas obras de sua fase evolucionista. Procurou explicá-lo através da tendência à destruição inerente a todo composto da natureza e que seria mais intensa nos seres orgânicos.³⁸ Mais tarde considerou que esse processo se devia à existência de uma diferença entre as matérias assimiladas ou fixadas pela nutrição e aquelas dissipadas pelas perdas.³⁹

Na sua fase pré-evolucionista, diferenciou o vivo do não-vivo nos seguintes termos: “No primeiro, a faculdade de composição e de assimilação repara sem cessar as desordens que a tendência à decomposição ocasiona continuamente. No segundo, ao contrário, tudo está destinado a uma destruição inevitável. Nenhuma faculdade suspende seu efeito ou repara os desgastes [...]”⁴⁰. Em fase posterior, esclareceu que todo ser vivo apresenta um certo estado em suas partes, produzido por uma causa excitante, que possibilita o fenômeno da vida. No corpo inorgânico, mesmo com a introdução dessa causa, não seria possível o fenômeno da vida. A individualidade do corpo vivo reside no conjunto de diversas moléculas integrantes, enquanto que a individualidade do corpo inorgânico está em cada molécula inorgânica sozinha.⁴¹

³⁴ LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 391.

³⁵ LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 405.

³⁶ LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 433.

³⁷ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire naturelle*. p. 263-264. Esta seria uma lei da natureza, segundo Lamarck, e já aparecia nas *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*, vol. 2, proposições n° 659 a 685.

³⁸ LAMARCK. *Recherches sur les causes des principaux faits physiques*. vol. 2, p. 203-204.

³⁹ LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire naturelle*. p. 264.

⁴⁰ LAMARCK. *La réfutation de la théorie pneumatique*. p. 461.

⁴¹ LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. vol. 1, p. 60-61.

Concepções evolucionistas sobre vida e origem da vida

As concepções de vida que Lamarck apresentava nas obras de sua fase pré-evolucionista são muito diferentes daquelas em que defendia a existência de uma evolução orgânica. Antes, ele descrevia a vida como algo que estava além dos fenômenos físicos. Depois, passou a aceitar que a vida não só podia ser explicada por fenômenos físicos, como também ser produzida a partir do não-vivo através da geração espontânea, cuja existência ele negava antes. Os possíveis motivos para essa mudança de pensamento não serão discutidos neste trabalho, mas certamente têm relação com seus estudos sobre o que ele chamou de invertebrados.⁴² O que Lamarck denominava “matéria do fogo” em sua fase pré-evolucionista, vai ser a causa do movimento orgânico e também das mudanças orgânicas em sua fase evolucionista.⁴³

Uma visão geral da teoria da progressão

A partir de 1800, Lamarck admite que o Supremo Autor de todas as coisas (Deus) criou a natureza (um conjunto de objetos metafísicos constituído por leis e movimento),⁴⁴ a qual originou progressivamente todos os seres vivos, vegetais e animais,⁴⁵ sem a intervenção divina. Para isso, não foi necessária a criação de nenhum germe ou espírito primitivo (alma, espírito), pois ele acredita que a vida é um fenômeno essencialmente físico.⁴⁶

Fundamentado nos fenômenos físicos conhecidos na época, Lamarck procurou explicar a vida, bem como sua origem. Segundo ele, num passado remoto não existiam seres vivos; depois, a natureza criou os primeiros (os mais simples) através de geração espontânea. Na água ou em lugares úmidos, a partir de forças de atração (como a da atração universal) e repulsão (calórico e eletricidade), as moléculas se uniriam formando seres muito simples. Esses corpos teriam aspecto gelatinoso e receberiam em seu interior, vindos do meio, fluidos atrativos e repulsivos (calóricos), que iriam abrindo interstícios entre suas moléculas, formando cavidades. Os fluidos sutis (*força repulsiva*) forçariam as paredes mais viscosas em todos os pontos.

Dos primeiros seres, com o tempo e circunstâncias favoráveis, foram surgindo todos os outros que, aumentando sua complexidade, deram origem às escalas animal e vegetal com grandes grupos taxonômicos (que ele chamou de “massas”) em diferentes graus de perfeição. Nesses

⁴² A presença ou ausência de ossos foi um dos critérios utilizados pela sistemática de Lamarck. Os termos *invertebrado* e *vertebrado* que utilizamos atualmente foram por ele propostos.

⁴³ BURKHARDT, Richard W. *The Spirit of System*. 2ª ed. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1995. p. 102.

⁴⁴ LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. vol. 1, p. 377.

⁴⁵ LAMARCK. *Philosophie zoologique*. Paris: Libraire Schleider Frères, 1907. vol. 1, p. 28.

⁴⁶ LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. vol. 1, p. 60.

⁴⁷ LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. vol. 1, p. 5; 51; 110.

⁴⁸ Para Lamarck, as fibras vegetais não são irritáveis. Embora existam fenômenos que pareçam indicar isso como as reações ao tacto em *Mimosa pudica* e *Oxalis sensitiva*, elas se devem unicamente a uma causa mecânica (LAMARCK. *Mémoires de Physique et d'Histoire Naturelle*. p. 288; LAMARCK. *Dictionnaire de Botanique*. Paris: Panckouke, vol. 1, p. 17).

⁴⁹ LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. vol. 1, p. 105.

⁵⁰ A idéia de construir uma escala animal em que o homem está colocado em uma posição privilegiada, na extremidade superior, também reflete de certo modo uma característica do romantismo alemão do século XVIII: a busca de uma integração entre o homem e a ordem natural das coisas (ver a respeito AESCH, Alexander Gode von. *Natural Science in German Romanticism*. New York: AMS Press, p. 53; 55.

⁵¹ MARTINS, Lilian A.-C. P. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. [Dissertação de Mestrado]. Campinas: UNICAMP, 1993. p. 36; MARTINS, L.A.-C. P. O papel da geração espontânea na teoria da progressão dos animais de J. B. Lamarck. In: ALVES, Isidoro M. & GARCIA, Elena M. (eds.). *Anais do VI Seminário da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 1997. p. 40-46.

⁵² Conforme MARTINS, Lilian A.-C. P. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. *Episteme*, vol. 2, n° 3, p. 33-54, 1997; LAMARCK. *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. vol. 1, p. 151-152.

grandes grupos pode ser constatado um aumento da complexidade no tocante aos órgãos essenciais, aparelhos e sistemas. No entanto, a escala de perfeição crescente não é linear, apresentando ramificações, devido à ação das circunstâncias produzindo determinados grupos menores. Por exemplo: algumas raças de moluscos gastrópodes (caracóis) eram providas de antenas por estarem submetidas a circunstâncias diferentes de outras, que não as apresentavam.

Os primeiros animais e vegetais já surgiram distintos na natureza (ou seja, os vegetais não saíram dos animais, nem o oposto), pois formaram-se de materiais cuja composição química era diferente. Por essa razão, animais e vegetais não fazem parte de uma cadeia única, mas constituem dois ramos distintos, separados pela origem, cuja única semelhança é a simplicidade inicial.⁴⁷ Como os vegetais não apresentam irritabilidade,⁴⁸ são inferiores aos animais. Lamarck esclareceu que se tratava de um processo extremamente lento e gradativo.⁴⁹

A partir dos seres mais simples formaram-se diferentes grupos (“massas”) em diferentes graus de perfeição, constituindo uma escala em cuja extremidade inferior estariam os animais mais simples e, na extremidade superior, os mais complexos, situando-se, em seu limite superior, o homem.⁵⁰ A transformação de um nível para outro está sempre acontecendo, ou seja, os animais e vegetais continuam a se transformar e a tornar-se mais complexos. Entretanto, nem todos os seres de um dado grupo passam para um nível superior, apenas alguns. Os seres vivos mais simples sempre sendo formados por geração espontânea ou “direta”.⁵¹

Constatando certa regularidade nos fatos observados, Lamarck procurou explicá-los através de leis, que aparecem em número de quatro nas obras que constituem as duas versões finais de sua teoria.⁵² Os órgãos surgidos destinados às diferentes funções são mantidos conforme as circunstâncias, as quais geram necessidades que, por sua vez, criam hábitos. As circunstâncias, juntamente com a tendência que a natureza possui para o aumento de complexidade, determinam o desenvolvimento e a conservação dos órgãos. Conforme um órgão seja utilizado com maior ou menor frequência, ele se desenvolve e cresce ou pode degenerar e mesmo desaparecer. As modificações que foram adquiridas em um indivíduo, desde que as condições que as causaram permaneçam e sejam comuns aos dois sexos, serão transmitidas aos descendentes.

Considerações finais

A passagem da fase pré-evolucionista para a fase evolucionista foi marcada pela mudança significativa de algumas idéias de Lamarck, em especial pelo abandono de algumas concepções como a fixidez das espécies, a incapacidade da natureza de produzir a vida, ou mesmo, o próprio conceito de vida. Contrariando sua antiga posição, que encerrava elementos vitalistas, Lamarck passou a acreditar que a vida era um fenômeno físico (natural) e podia ser explicada por fenômenos conhecidos na época (o calórico e a eletricidade). Entretanto, várias concepções suas foram conservadas, como as idéias químicas baseadas nos quatro elementos, sendo o fogo (em suas diversas formas) o mais importante; ou a questão da origem dos minerais, por exemplo. Essas e outras noções estarão intimamente relacionadas à sua teoria de evolução, que representou a fase madura de sua obra.

Lamarck acreditou que os seres vivos mais simples, que não existiam antes, foram inicialmente produzidos por geração espontânea e que assim continuavam a ser produzidos. Isso ocorreria na água, em lugares úmidos, com a presença de luz, através de forças de atração e repulsão pela ação de fenômenos conhecidos na época: o calórico e a eletricidade. Lamarck estava, portanto, explicando a origem da vida a partir do não-vivo. Entretanto, desde o princípio ele diferenciou de modo preciso os corpos vivos entre si, pois considerava que os animais e vegetais, desde sua origem, estavam separados e constituídos de materiais diferentes. Por conseguinte se teriam formado dois ramos distintos, que não se encontravam em nenhum ponto, diferenciando-se também claramente dos seres brutos. Assim, ele não admitia a idéia de uma cadeia contínua dos seres, como Leibniz ou Bonnet, que juntavam os seres brutos aos vivos e exibiam uma transição entre os animais e vegetais através dos zoófitos ou animais-planta. Lamarck apontou uma série de diferenças entre os seres vivos (animais e plantas) e os seres brutos. Havia, no entanto, um ponto que relacionava os minerais (seres brutos) aos animais e plantas (seres vivos): sua origem. Isso porque os minerais eram formados a partir dos resíduos de animais e plantas.

É possível encontrar várias relações entre o vivo e o não-vivo. Por exemplo: todos os corpos existentes na natureza seriam constituídos pelos quatro elementos, em proporções diferentes. O mais importante elemento, o fogo, teria a capacidade de afastar as moléculas que formavam os corpos vivos e não-vivos, sendo que nos primeiros essa

expansão produziria o calor. Os seres vivos diferenciaram-se dos seres brutos por se nutrirem, se reproduzirem, por serem dotados de irritabilidade e, em alguns casos especiais, de *sentimento*.

Embora as idéias físico-químicas de Lamarck, ao que tudo indica, tenham tido pouco impacto e praticamente nenhuma aceitação na ocasião de sua proposta, harmonizavam-se com suas idéias acerca da evolução orgânica.

A idéia de forças opostas de polaridade e dinamismo que atuavam ao mesmo tempo, aparece em vários momentos na obra de Lamarck, tanto em sua fase pré-evolucionista como em sua fase evolucionista. Na primeira fase, tais forças atuariam no processo de formação dos primeiros corpos por meio da eletricidade, que exerceria uma ação repulsiva – afastando as moléculas – e uma ação aglutinadora – atraindo e aproximando as moléculas. Ou ainda, com respeito à formação dos grandes grupos taxonômicos que constituiriam uma escala de perfeição, atuaria uma tendência para o aumento de complexidade, tornando cada vez mais aperfeiçoados os órgãos, aparelhos, sistemas, ao mesmo tempo em que agiria a ação modificadora do meio, alterando essa tendência em relação a pequenos grupos taxonômicos que estivessem sujeitos a circunstâncias diferentes.

Atualmente não se aceita a maior parte dos pressupostos admitidos por Lamarck. Porém, considerando o contexto de sua época, é possível perceber que, embora algumas de suas idéias não fossem originais e fizessem parte do pensamento “científico” vigente principalmente no final do século XVIII, ele se destacou por ter proposto uma teoria de evolução coerente, que procurava explicar desde a origem da vida até o surgimento das faculdades superiores do homem através de leis naturais, sem a intervenção divina.

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins é graduada em História Natural, doutora em Ciências Biológicas na área de Genética, professora do Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência (PUC/SP) e pesquisadora do Grupo de História e Teoria da Ciência (UNICAMP).

Lacpm@uol.com.br

DARWIN E A EVOLUÇÃO HUMANA

DESFAZENDO ALGUNS MITOS

Nelio Bizzo

As idéias de Darwin aplicadas à evolução humana constituem, sem dúvida, uma das questões mais controvertidas em várias áreas do conhecimento, com especial relevância na área educacional. Dificilmente um texto se refere à evolução biológica sem ter implicações na evolução do homem. Publicações especializadas em História da Biologia têm debatido especificamente a questão da presença do ser humano na obra *On the Origin of Species*. Mesmo sendo um debate antigo, mais do que centenário, convém retomá-lo visando desfazer certos mitos que persistem até hoje sobre o tema.

¹ BAJEMA, Carl J. Charles Darwin on Man in the first edition of the Origin of Species. *Journal of the History of Biology*, 21(3):403-410, 1988.

² BOWLER, P. J. Darwin on Man in the Origin of Species: A reply to Carl Bajema. *Journal of the History of Biology*, 22(3):497-500, 1989.

³ COOKE, K. J. Darwin on Man in the Origin of Species: An addendum to the Bajema-Bowler debate. *Journal of the History of Biology*, 23(3):517-521, 1989.

Conforme afirma Carl Bajema¹, Charles Darwin (1809-1882) pensava no ser humano ao escrever *On the Origin of Species*. Sua famosa frase, “luz será lançada sobre a origem do Ser humano e sua História”, escrita no final da obra, não significa que ele tenha evitado referir-se à questão humana: existiriam exemplos de expressões alusivas ao assunto. Para Peter Bowler, as referências feitas por Darwin em seu mais famoso livro, principalmente em termos de evolução cultural, não chegam a constituir tentativa de explicação evolutiva da origem de nossa espécie.² Ele teria decidido evitar deliberadamente este tema específico. K. J. Cooke, por sua vez, menciona que “Darwin estava convencido de que a seleção natural atuara no ser humano, mas ele decidiu não dizê-lo explicitamente – tinha a intenção de omitir-se sobre o tópico da evolução humana”³.

De certa forma, a expectativa criada em torno do famoso livro, na época de seu lançamento, nos leva a crer que a presença do homem era aguardada com ansiedade. De fato, Charles Lyell (1797-1875), ao anunciar a obra numa reunião da Associação Britânica Para o Progresso da Ciência (BAAS), seção C, Geologia, no dia 18 de setembro de 1859, afirmou que o trabalho de Charles Darwin, prestes a ser publicado, “lançaria luz” sobre o “misterioso e complicado assunto” da origem das espécies. O jornal literário *Athenaeum*, na edição de 24 de setembro, trazia as observações de Lyell em detalhe. Na introdução, informava que, no início da sessão, o professor Lyell tomara assento, tendo aguardado a chegada do Príncipe Consorte para começar os trabalhos. E concluía ser a antiguidade da raça humana o assunto que mais havia chamado a atenção dos geólogos e do público em geral.

Restos humanos eram encontrados junto a ossadas de animais extintos, no interior de cavernas. Porém, Charles Lyell não acreditava que todos tivessem a mesma idade. Ao relatar sua visita à França para examinar restos humanos em Le Puy en Velay, concordou inteiramente com a autenticidade do achado, assim como aceitou a opinião de osteologistas da época, segundo a qual os ossos não pertenciam a nenhum tipo europeu ou caucasóide moderno. Todavia, como o exame não pudera realizar-se *in situ* e os restos haviam sido recolhidos sem registro curado de sua posição original, ele não tinha elementos para confirmar a datação do material. Diz ele:

Entre os problemas de alto interesse teórico que os recentes avanços da História Natural e da Geologia têm trazido à tona nenhum é mais importante, e ao mesmo

*tempo, obscuro, do que aquele relacionado com a origem das espécies. Sobre este difícil e misterioso assunto um trabalho irá aparecer brevemente, escrito pelo Sr Charles Darwin, como resultado de vinte anos de experimentos e observações em Zoologia, Botânica e Geologia, através do qual ele foi levado à conclusão de que os processos que dão origem às raças e variedades são os mesmos que, em espaços de tempo muito maiores, produzem as espécies e, em espaços de tempo ainda maiores, dão origem a gêneros. A mim me parece que ele conseguiu, através de suas investigações e pensamentos, ter lançado alguma luz sobre as diversas classes de fenômenos que estão ligados às afinidades, distribuição geográfica e sucessão geológica dos seres vivos. Nenhuma outra teoria jamais conseguiu, e nem mesmo tem tentado, resolver esse problema.*⁴

⁴ O artigo de C. Lyell foi publicado na edição 1.665, de 24 de setembro de 1859, do jornal literário *The Athenaeum*, páginas 403-404.

Naquela sessão – e posteriormente no artigo –, discutindo, na esteira da origem do ser humano, a contemporaneidade dos restos humanos com os de animais extintos, Lyell chamava a atenção para o assunto mais candente do momento, na Inglaterra. A apresentação do trabalho de Darwin transformava-se, sem dúvida, numa das maneiras mais eficientes de fazer a publicidade da obra. Contudo, o interesse de Lyell não deveria ser meramente mercadológico. Como Darwin abordava o tema de um ponto de vista teórico, nada impedia que pudessem suas conclusões ser estendidas a todos os seres vivos sem exceção, não havendo, pois, justificativa razoável para excluir a espécie humana.

A primeira resenha de *On the Origin...*, às vésperas do seu lançamento, recolocaria o problema da origem das espécies na esfera humana. No dia 19 de novembro de 1859, um sábado, aparecia outra resenha de cinco colunas, muitíssimo bem escrita, na mesma revista literária *Athenaeum*. O autor se perguntava, com destilada ironia: “Se um macaco se tornou um homem – o que um homem não poderia se tornar?”⁵

⁵ *The Athenaeum*, 1.673, 19/11/1859, p. 659-660.

Assim, havia, na época, um clima de bastante expectativa em torno de teorias provenientes dos estudos de História Natural que pudessem esclarecer a questão das origens da humanidade. Qualquer publicação referindo-se às “espécies”, destinava-se a ser entendida como ligada ao “homem”. Afinal, poder-se-ia afirmar que, se *A Origem das Espécies* não foi escrita pensando no ser humano, certamente foi lida por quem estava pensando nele. Não seria demais notar que, em 1863, Charles Lyell publicaria *The Geological Evidence of the Antiquity of Man*, que teve nada menos do que três edições naquele mesmo ano. O livro se tornou

uma referência importante em seu tempo e mesmo meio século depois, logo após a descoberta do “Homem de Java”, ganhando uma edição revisada em 1914.

Quando se considera o conjunto da obra de Darwin, sem dúvida desponta *Descent of Man* (1871) como principal referência à questão humana. A despeito de conter opiniões muito claras acerca do tema expresso em seu título, a publicação foi objeto de inúmeras interpretações.⁶ Muitos especialistas afirmam que a leitura das obras de Charles Darwin, esta em especial, revela posições muito claras e definidas no sentido da utilização dos mesmos métodos e pontos de vista para a explicação do fenômeno humano, inclusive na esfera social.

Essa falta de consenso levou John Colton Greene⁷ a pesquisar outras vias para a abordagem da questão, levantando a hipótese segundo a qual as raízes da visão expressa em *Descent of Man* já se encontravam definidas quando da elaboração de *On the Origin of Species*. O estudo formal desta obra poderia revelar sua real posição quanto a um tema tão polêmico, mas não tratado de forma explícita. Por isso, Greene resolveu analisar as leituras feitas por Darwin enquanto escrevia seu livro principal.

Cabe aqui uma nota importante. Como é do conhecimento geral, em junho de 1858, a carta e o ensaio remetidos por Alfred Russel Wallace (1823-1913) teriam encontrado Darwin em meio à redação de seu grande livro. Conquanto estivesse relutante em preparar um resumo geral de suas teorias, acabara cedendo principalmente aos apelos de seus amigos Joseph Hooker (1817-1911) e Charles Lyell. O livro que elaborava não era *On the Origin of Species*, mas sim o que ficou conhecido como *Longo Manuscrito*, até ser publicado, em 1975, com o título *Charles Darwin's Natural Selection*⁸.

Na verdade, após receber aquela correspondência, aconselharam Darwin a fazer o mais rápido possível um pequeno resumo, a ser apresentado na Sociedade Lineana em 1º de julho de 1858, e um livro que resumisse suas teorias. Darwin então pôs-se a resumir o livro que escrevia, produzindo *On the Origin of Species*. O *Longo Manuscrito* possuía cerca de 225.000 palavras, enquanto o resumo contava com apenas cerca de 155.000. Pelo fato de este ter sido escrito em curto espaço de tempo, não fora possível acrescentar notas de rodapé e citações bibliográficas no texto, o que, já naquela época era algo estranho.

Os dois primeiros capítulos do *Longo Manuscrito* versam sobre as variações de plantas e animais no estado

⁶ Isso pode ser comprovado pela leitura da edição de setembro de 1974 da revista especializada *Current Anthropology*. O antropólogo John Derek Freeman (1916-2001) discute a questão ao lado de quinze comentários de diferentes estudiosos, cujas opiniões sobre a tangência humana da seleção natural no caso humano são divergentes.

⁷ GREENE, John C. *Science, ideology and world view: essays in the history of evolutionary ideas*. Berkeley: University of California Press, 1981. O capítulo 3 foi publicado originalmente no *Journal of the History of Biology*, 10, 1977.

⁸ STAUFFER, R. C. *Charles Darwin's Natural Selection, being the second part of his big species book, written from 1856 to 1858*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

doméstico, e foram reservados para publicação posterior, mais cuidadosa, pormenorizada e com referências bibliográficas, pois Darwin entendia ser este o ponto crucial em suas teorias. Isso explica a razão de *Natural Selection* começar já no terceiro capítulo. Em 1868 apareceu *Variations of Animals and Plants under Domestication*, em dois volumes e com nada menos do que 315.000 palavras.

Com seus hábitos metódicos, Darwin mantinha registros sobre o que lia e escrevia. Por isso, John Greene, além de estudar o *Longo Manuscrito*, pôde consultar os livros da biblioteca pessoal do autor⁹, tendo dedicado especial atenção às anotações neles existentes. Na opinião de Greene, diante da evidência das obras consultadas por Darwin e de suas anotações inseridas principalmente nos livros de James Prichard (*Researches on the Physical History of Mankind*, 1851), e de Robert Latham (*Man and his Migrations*, 1851), ambos considerados no capítulo sobre “Seleção Natural”, com toda certeza ele coletava material para o livro que estava escrevendo.

Greene chama a atenção, ainda, para o índice daquele capítulo – cujo último item, escrito a lápis, denominava-se “Teoria Aplicada às Raças do Homem” – e para as linhas gerais do raciocínio exposto, evidentes na escolha de suas leituras e anotações, algumas delas explicitamente indicadas para uso no capítulo sobre a seleção natural.¹⁰ As razões pelas quais Darwin deixou de escrever a última seção desse capítulo, observa Greene, constituem uma incógnita.

A ausência do ser humano em *A origem das espécies*

A discussão sobre a presença do ser humano em *On the Origin of Species* é de certa forma surpreendente para muitos estudiosos da área. Apesar da famosa frase sobre o papel luminar da seleção natural, o que se conhece a respeito das intenções de Charles Darwin ao publicar algo referente ao assunto humano baseia-se principalmente na sua correspondência trocada com Wallace.

A descoberta de seus cadernos de anotações, escritos vinte anos antes de sua obra maior, mostrou um jovem Darwin preocupado com todos os seres vivos, inclusive o ser humano. Por outro lado, o pequeno rascunho de suas teorias, escrito em 1842, com cerca de 15.000 palavras, assim como o curto ensaio de 1844, com cerca de 52.000 palavras, evitam referências explícitas ao ser humano e o problema de sua origem.

⁹ Da mesma forma que os originais de suas obras, a maior parte da biblioteca pessoal de Charles Darwin encontra-se atualmente no Manuscripts Room, University of Cambridge Library, em Cambridge, na Inglaterra.

¹⁰ Durante minhas pesquisas no Manuscripts Room da Universidade de Cambridge, pude estudar as obras referidas por J. C. Greene, conferindo as anotações de Darwin em seus livros e estudando seu *Longo Manuscrito*. Uma releitura de seu trabalho é aqui apresentada.

Não obstante, deve-se lembrar a grande distância entre as especulações criativas de seus cadernos pessoais, o pequeno ensaio escrito para ser publicado apenas em caso de morte súbita, e o pensador maduro decidido a divulgar e defender suas opiniões acerca de tema tão polêmico, preparado para enfrentar toda sorte de críticas.

Na seqüência de cartas entre os dois amigos¹¹, em 1864, logo após a publicação do controvertido ensaio de Wallace¹², na *Anthropological Review*, contendo “poucas referências e notas” que versam “principalmente sobre seleção sexual”, Darwin oferece-lhe suas próprias anotações, caso Wallace quisesse dar continuidade às suas teorias. Mas Wallace, cujas opiniões a esse respeito começam a se modificar rapidamente no período, não está realmente interessado em publicá-las, pois vê pouca importância na seleção sexual.

Em fevereiro de 1867, Darwin participa ao amigo que está escrevendo um “pequeno ensaio sobre o Homem”, baseado principalmente na seleção sexual. No mês seguinte, ao perguntar “se seu ensaio sobre as variações no Ser humano constituirá um capítulo de seu novo livro sobre variação”¹³, Wallace recebe a seguinte resposta de Darwin: “o ensaio agora está muito grande para ser apenas um capítulo”¹⁴. De fato, em 1871, *Descent of Man* é publicado. Esta seqüência de cartas aponta o interesse de Darwin pela seleção natural no ser humano em decorrência do artigo de Wallace, divulgado em 1864, e que suas intenções de escrever algo sobre o assunto não poderiam ser anteriores a 1867. Alguns autores apontam também para o fato de as publicações de Darwin, logo após o aparecimento de *On the Origin of Species*, versarem sobre Botânica, o que indicaria desinteresse pela questão do ser humano. Faz parte de uma longa tradição acadêmica entender que a primeira manifestação explícita de Darwin vinculada à evolução humana tem relação com os trabalhos de Wallace no sudeste asiático e em sua publicação de 1871.¹⁵

Em verdade, qualquer tipo de enfoque materialista quanto à origem do ser humano se tornaria, sem dúvida nenhuma, foco de controvérsia, em especial na esfera da igreja anglicana. Basta lembrar as reações de pessoas como o arcebispo de Oxford, Samuel Wilberforce (1805-1873). Darwin gostaria de evitar qualquer tipo de polêmica, se isso ainda fosse possível. Porém, o volume de material já coletado, sobre todo tipo de seres vivos, inclusive o ser humano, o capacitava e o incitava a discutir grande número de fatos, de forma extensa, à luz de suas teorias.

¹¹ As cartas entre Darwin e Wallace, do período, são mantidas no Manuscripts Room, British Library, (Londres). As cartas de Darwin foram organizadas por assunto e publicadas por seu filho Francis Darwin (*Life and Letters of Charles Darwin*, 3 vols. 1959), e, mais recentemente, foram re-transcritas e publicadas por ordem cronológica (Burkhardt & Smith – eds. – *The Correspondence of Charles Darwin*. Cambridge: University Press). As respostas de Wallace citadas adiante foram tomadas de uma transcrição datilografada mantida junto aos originais das cartas de Darwin em Londres.

¹² WALLACE, A. R. The origin of human races and the antiquity of man deduced from the theory of natural selection. *Anthropological Review*, May, 1864.

¹³ Carta de Wallace para Darwin, 11 de março de 1867.

¹⁴ Carta de Darwin para Wallace, data incerta de março de 1867.

¹⁵ EISELEY, L. *Darwin's Century*. New York: Anchor Book, 1961, em especial páginas 293-297 (“Darwin and Human Evolution”).

Como Greene demonstrou, entre os livros que chamaram a atenção de Darwin, naquela época, encontravam-se os de Prichard e Latham, este último lido no dia 7 de agosto de 1856, como se pode verificar nos “books read & books to be read”¹⁶, de capa vermelha. O livro de Prichard tentava explicar a estrutura humana por intermédio do “método analógico”, isto é, compreender a organização dos demais animais levaria à compreensão da organização humana. Darwin marcou muitas passagens desse livro, lido em março de 1857, como está registrado na contracapa, juntamente com longa lista de números de páginas anotadas. Há, ainda, uma folha avulsa, com certeza usada para marcar páginas, onde se lê: “Como meu livro será parecido com este”¹⁷.

Sua agenda de bolso registra dois períodos de trabalho no capítulo VI (Seleção Natural), março de 1857 e primavera de 1858. Stauffer assinala a data de 31 de março de 1857 como a do fim da redação do capítulo. Este começa com uma discussão geral quanto às “vantagens relativas dos indivíduos com pequenas variações úteis”, bem como as “desvantagens dos indivíduos com qualquer modificação minimamente prejudicial”, os quais serão “rigorosamente destruídos” (...) “indivíduos assim caracterizados, teriam uma chance muito pequena de sobreviver”¹⁸. Mais adiante, no sumário do capítulo: “A seleção natural avaliará qualquer hábito, instinto, diferença na constituição, qualquer órgão interno ou externo, e preservará os bons e rejeitará rigorosamente os maus”¹⁹.

As primeiras palavras da página 28 do manuscrito são: “Por aqui, uma multidão de dificuldades já terá emergido na mente do leitor”. Ele as enfrentará até a página 37, quando passa a tratar do problema do isolamento geográfico, prevenindo estar o assunto considerado no capítulo sobre distribuição geográfica.

Neste ponto, não apenas o assunto se interrompe, mas até a qualidade do papel não é a mesma. Reconhece-se com facilidade o papel como o mesmo utilizado na inserção feita por Darwin antes da página 28. Ao inserir as páginas 26, 26a e 26b, constata-se que escreveu duas e meia sobre extinções e, então, iniciou a discussão acerca do “princípio da divergência”, que contornaria algumas das objeções tratadas adiante, entre as páginas 28 a 37. Aumentada consideravelmente, até 26z, 26aa, 26bb, 26cc, e 26nn, a inserção inteira cuja preocupação central é a falta de formas intermediárias entre os diferentes taxa, soma 47 páginas e meia, incluindo um grande diagrama dendrítico que fará parte do livro resumido, publicado em novembro de 1859.

¹⁶ DARWIN, C. Papers 128, Cambridge University Library, Manuscripts Room (os registros vão de 1852 a 1860).

¹⁷ No original “How like this my book will be”. A inscrição é perfeitamente legível.

¹⁸ Página 3 do original manuscrito (MSS), Darwin Papers, University of Cambridge Library, Manuscripts room; página 215 em STAUFFER, R. C. *Op. cit.*

¹⁹ Página 69 (MSS); página 270 na publicação de STAUFFER, R. C. *Op. cit.*

De volta à página 38, Darwin discute isolamento e problemas do gradualismo com caligrafia muito alterada, como se estivesse cansado ou doente²⁰. À página 68, inicia um resumo, todavia, escreve menos de meia página. Mesmo com a ajuda de Emma, sua esposa, tudo o que é capaz de fazer são frases rabiscadas e desenhos sem sentido. Emma assume então a tarefa de redigir, presumivelmente por ditado, até a página 76, final do capítulo.

As datas exatas das passagens mencionadas são desconhecidas, contudo, pela longa inserção, pelo resumo, bem como pelo uso do mesmo tipo de papel, supõe-se tenham sido escritas entre abril e junho de 1858.²¹ A carta e o ensaio de Wallace foram recebidos, sem qualquer dúvida, em 18 de junho.

Seria lógico presumir ainda que a longa inserção tenha sido escrita em resposta à “multidão de dificuldades” que poderia surgir “na mente do leitor”. Darwin mantinha-se entre duas opções possíveis: ou defendia o argumento geral da seleção natural ou indicava aplicações adicionais do mecanismo, incluindo as raças humanas.

Darwin poderia ter usado as próprias anotações sobre a falta de gradualismo na distribuição das raças humanas, sobre a seleção sexual inclusive na espécie humana, bem como poderia ter discutido o ser humano utilizando o “método analógico” de Prichard. Existem poucas dúvidas acerca do efetivo recurso, em março de 1857, a este último livro, com a intenção de citá-lo, enquanto começava a reduzir o capítulo sobre a seleção natural.

Parece que a discussão referente aos efeitos da seleção natural sobre o ser humano e, presumivelmente, o último item do índice do capítulo (“teoria aplicada às diversas raças do Homem”) não foram escritos por razões específicas, como se pode inferir a partir de alguns fatos importantes.

Ausência explicada

A inserção de 47 páginas e meia no *Longo Manuscrito* certamente não foi planejada de início. A própria maneira de numerá-las permite concluir que não deveriam ultrapassar pouco mais de vinte páginas (“A” até “Z”), mas a duplicação das letras parece indicar que não fora antevista a necessidade de uma grande inserção. O procedimento de antecipar-se aos críticos, típico do caráter de Darwin, motivou o aumento do capítulo de forma surpreendente, mediante a discussão de “um princípio” que, “pela falta de nome melhor, tenho chamado de ‘da divergência’”. Esta in-

²⁰ Sobre sua doença, vide COLP Jr., R. *To be an invalid: the illness of Charles Darwin*. Chicago: Univ. Chic. Press, 1976.

²¹ Esta opinião é compartilhada por Robert Stauffer, vide a introdução de STAUFFER, R. C. *Op. cit.*

serção, pois, dobrou o tamanho do capítulo, diminuindo o espaço para outras aplicações da teoria.

Darwin havia gasto uma página e algumas linhas com tal princípio no primeiro rascunho. Entretanto, após a revisão, achou que deveria tratar com mais detalhes a falta de gradualismo, em apoio à seleção natural. Pretendia, além disso, discutir o princípio da divergência no capítulo relacionado à classificação, marcado por uma nova perspectiva, livre da visão teológica de adaptação biológica derivada de Paley, para quem os seres vivos eram perfeitamente adaptados ao meio ambiente.²²

Se bem que aproveitasse sensíveis melhoras de saúde, em Malvern, durante alguns dias do mês de abril de 1858, momento em que escreveu a bem conhecida carta idílica para Emma, há evidências de que a doença de Darwin tenha-se agravado durante a primavera. Incapacitado para o trabalho normal, concentrava-se em revisar e ampliar o capítulo. As alterações de sua caligrafia – pouco antes de a tarefa de escrever ter sido assumida pela esposa – podem ser tomadas como indicações de saúde débil, problema que se tornou objeto de polêmica nos últimos cem anos. Como demonstrou Colp Jr.²³, as indisposições de Darwin o acompanhavam desde a infância, especialmente em períodos de *stress*. A maioria dos estudiosos concorda com a existência de distúrbios de ordem psicológica, cuja causa parecia não ser orgânica, mas que poderiam ser explicados por hiperventilação e tensão nervosa²⁴. Provavelmente, a tarefa de escrever a respeito da “Teoria aplicada às raças do Homem”, sob a pressão dos preconceitos vigentes, tenha sobrecarregado sua tensão nervosa, com repercussões diretas sobre o seu estado geral de saúde.

Sem dúvida nenhuma, a carta e o ensaio de Alfred Russel Wallace, recebidos no dia 18 de junho, exerceram grande impacto sobre Darwin. No entanto, a maneira exata pela qual isso afetou a redação do capítulo referente à seleção natural permanece questão em aberto. O fato de Wallace não considerar o ser humano em seu ensaio pode ter sido mais um fator a dissuadi-lo de terminar o capítulo da forma como o índice indicava. Darwin tinha agora necessidade de se apressar em escrever um curto artigo para ser apresentado treze dias depois numa reunião da Sociedade Lineana. Também, seguindo os conselhos de Hooker e Lyell, deveria pensar em uma publicação resumida de suas próprias teorias. Isso significava que não lhe sobraria tempo para voltar a escrever, como desejava, sobre a “Teoria aplicada às raças do Homem”.

²² OSPOVAT, Dov. *The development of Darwin's theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.

BIZZO, N. Darwin e o fim da adaptação perfeita dos seres vivos: a superação da visão teológica de Paley e o princípio da divergência. In: MARTINS, L. A. P. et al. (orgs). *Filosofia e História da Biologia 2*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa & Livraria da Física Editora, 2007. p. 351-369.

²³ COLP Jr., R. *Op. cit.*

²⁴ BOWLBY, J. *Charles Darwin*. London: Hutchingson, 1990.

Desde a infância Darwin enfrentou problemas de saúde que o incapacitavam temporariamente para o estudo e trabalho, inclusive durante a viagem do HMS Beagle. Há relatos de palpitações, problemas estomacais, tremores nas mãos e de erupções nos lábios, além de sintomas mais difusos como mal-estar e baixa de auto-estima. Poucos duvidam de que os problemas tinham um componente psicológico, mas dificilmente se limitavam a isso. Não se admite que esse conjunto de sintomas possa ser explicado por qualquer das versões de Mal de Chagas.

Dez dias após receber o artigo de Wallace, junto com uma carta, Darwin teve de enfrentar a morte de mais um filho. Havia epidemia de difteria e escarlatina no vilarejo de Downe (Kent), onde a família vivia. Seu filho mais novo, Charles Waring (combinação dos nomes do pai e do avô), foi a pequena vítima. O impacto desse evento na redação daquele capítulo, outra questão a ser estabelecida com precisão, parece ter tido maior importância do que se reconhece comumente.

O menino foi assim descrito pela irmã mais velha:

*O pobre bebezinho tinha nascido sem o pleno domínio de suas faculdades mentais. Tanto meu pai como minha mãe foram infinitamente carinhosos com ele, mas, quando ele morreu no verão de 1858, após a tristeza inicial, só podiam estar agradecidos. Ele nunca aprendeu a andar ou falar.*²⁵

²⁵ Página 178 (vol II). In: DARWIN, Henrietta. *Emma Darwin, wife of Charles Darwin: a century of family letters*. Cambridge: Cambridge University Press, 1904 (2 vols.). O texto está disponível em: <http://darwin-online.org.uk> e nesta versão o texto referido figura à página 162. O problema com sua filha, Mary Eleanor, que viveu apenas 20 dias em 1842, parece ter sido outro, provavelmente má formação. Emma escreveu: “Nossa tristeza não é nada diante do que teria sido o sofrimento dela se tivesse vivido por mais tempo.” (E. D. to Hensleigh Wedgwood, 20 Oct 1842).

²⁶ Sobre riscos de casamentos entre primos de primeiro grau, ver OTTO, P. A. Estimativas de riscos de doença genética na prole de primos em primeiro grau. *Ciência e Cultura*, 41(5):471-474, 1989.

²⁷ As agendas pessoais de Emma, embora não pertençam à Universidade de Cambridge, lá se encontravam, junto à equipe anglo-americana do “Darwin Project” quando esta pesquisa foi realizada. Sobre a fonte primária recente, ver KEYNES, R. *Darwin, His Daughter & Human Evolution*. London: Riverhead Books, 2001.

Filho de pais aparentados em primeiro grau, a criança corria cerca de 4% de risco de ter alguma doença gênica, relacionada à deficiência mental.²⁶ Sem contar a idade avançada de Emma (tinha quase 49 anos quando deu à luz em dezembro de 1856), o que representava cerca de mais 4% de risco de a criança nascer com síndrome de Down. As duas probabilidades conjugadas configuram risco de quase 10% de aparecimento de algum retardo mental na criança, como relatado por sua irmã.

As agendas de bolso de Emma²⁷ são infelizmente fontes de informação muito pobres sobre o comportamento do filho. As únicas palavras escritas em uma delas, naquele sábado, 6 de dezembro de 1856, são: “Nascimento do Bebê”. No ano seguinte, no dia 21 de maio, outra agenda registra apenas: “Bebê X vermelho”. É provável que essa indicação seja relativa a alguma virose infantil; Darwin se queixava em suas cartas que sua casa mais parecia um hospital. Na página referente ao primeiro aniversário do bebê nada se diz a respeito. Em 1858, sobre ele há registro apenas da doença: em 23 de junho (“Bebê doente”), no dia 27 (“bebê pior”) e no dia 28 (“morte”). De qualquer forma, as agendas de Emma parecem ter sido utilizadas somente para anotar fluxos menstruais e compromissos familiares, como viagens de crianças etc.

Em seu livro *Darwin, His Daughter & Human Evolution*, Randal Keynes (tataraneto de Darwin e Emma) apresentou uma fotografia de Charles Waring, tirada por William Darwin em 1857 (p. 205) no colo de sua mãe. A partir dessa imagem, um especialista pôde confirmar a consistên-

cia de todas as informações com a hipótese de síndrome de Down:

*Mostrei recentemente o retrato a um clínico pediatra, bem como os comentários de Charles sobre seu filho. O pediatra disse que a aparência da criança na foto, seu temperamento plácido e a idade de Emma quando ele foi concebido eram indícios consistentes da condição hoje denominada síndrome de Down.*²⁸

²⁸ KEYNES, R. *Op. cit.* p. 247.

Naquela época, todo ser biológico muito diferente em uma ninhada de variedade domesticada tendia a ser visto como “reversão ao tipo selvagem”, fenômeno bem conhecido de Darwin, em contato com criadores de plantas e animais. Darwin citou o fenômeno naquele *Longo Manuscrito* que escrevia, tratando-o como “lei”, com vários exemplos de características físicas e comportamentais.²⁹ O assunto já se encontrava no primeiro rascunho de suas teorias, escrito no verão de 1842, antes do nascimento de sua filha Mary Eleanor, de vida muito breve, bem como no ensaio de 1844.

²⁹ Páginas 322-3 e 519 em STAUFFER, R. C. *Op. cit.*

Na verdade, o princípio da reversão era um detalhe essencial no mecanismo hereditário que Darwin utilizava, a pangênese. Ele admitiu que essa utilização remontava à concepção original da seleção natural, em 1838, de acordo com seu próprio depoimento. Há especialistas que acreditam haver algum exagero nisso, mesmo se a afirmação seja do próprio Darwin (Jon Hodge, *comunicação pessoal*). Ainda assim, logo após seu trabalho sobre a sistemática e embriologia de cracas, certamente um mecanismo de herança era requerido para suas elaborações teóricas e devia basear-se na plasticidade das partículas hereditárias (pangenes), que perderiam “prepotência” na medida que se encontravam em indivíduos híbridos. Essa plasticidade das partículas hereditárias as tornariam extremamente suscetíveis à degeneração. O suceder das gerações aos milhares não poderia prescindir de episódios de revigoramento, o que a “reversão” poderia dar conta de realizar. Assim, a “reversão ao tipo selvagem” detinha uma importância teórica certamente comparável à da seleção natural nas elaborações de Darwin em 1858. Em vez de ser vista como “degeneração”, a reversão poderia estar envolvida justamente em evento inverso, o revigoramento das partículas hereditárias.

³⁰ Páginas 87 e 311 em PECKHAM, M. *Origin of Species: A variorum text*. Philadelphia: Penn. Un. Press, 1959.

É muito estranho que em *On the Origin of Species* a questão da origem do homem tenha sido inteiramente evitada, apesar de estar implícita.³⁰ De fato, no capítulo I, lê-se:

Tendo feito alusão ao assunto da reversão, eu gostaria de me referir à afirmação freqüente de naturalistas – a de que nossas variedades domésticas, quando retornam ao estado selvagem, gradualmente revertem suas características ao tipo original.

Já em *Variations of Animals and Plants under Domestication*, livro que corresponde aos dois primeiros capítulos do *Longo Manuscrito*, a questão é discutida exaustivamente no volume II (Capítulo XIII), com vários exemplos, inclusive no ser humano, quando Darwin analisa em detalhe diversos casos de reversão, como “atavismos”, “estoques puros”, reversão em animais selvagens, efeitos de cruzamentos etc. Em *Descent of Man* ele se refere especificamente ao caso humano, com muitos exemplos. Um deles seria a presença, em mulheres, de mamas extra-numerárias cuja disposição lembraria a de outras espécies, das quais descenderia a espécie humana.

No ano de 1866, em conferência no Hospital de Londres, John Langdon Down apresentava como primeira característica da “reversão mongolóide”, uma classificação dos tipos aberrantes e deficientes mentais, em bases étnicas: “O aspecto da criança é tal que é difícil perceber que seja filho de europeus, e é tão freqüente que não pode haver dúvida sobre o fato de ser resultado de degeneração”³¹.

Entretanto seu filho, Reginald, também naturalista, discordava tanto da classificação elaborada pelo pai, quanto do nome “mongolismo”. “Se é um caso de reversão, deve ser uma reversão para um biotipo ainda mais primitivo de mongolóide, de onde os etnólogos dizem descender todas as raças de Homem”³².

A tradição vitoriana concebia as raças mongólicas, bem como todos os “selvagens”, como uma espécie de “reliquias”, testemunhos do passado civilizado. Como apontou muito bem Peter Bowler³³, isso pode ser visto com facilidade nas reconstruções de moradias pré-históricas encontradas na Europa, baseadas em moradias atuais da Nova-Guiné. O autor da façanha foi Charles Lyell, em seu livro *Principles of Geology*. Sabemos do alto apreço de Darwin por este livro, que o acompanhou durante a viagem do Beagle. Wallace apontava mesmo as montanhas da Ásia central como o “berço da humanidade”, isto é, onde as primeiras formas humanas teriam surgido no planeta. Para ele, esse fato explicava a escassez de fósseis humanos, pois aquela região era das menos estudadas sob o ponto de vista paleontológico.³⁴

³¹ DOWN, J. L. *Observations on an Ethnic Classification of Idiots*. Clin. Lec. & Reports, London Hospital, 1866. p. 259-262. Note-se a referência ao termo degeneração – o que indica uma visão valorativa sobre o fenômeno – e à alta freqüência de sua manifestação. Isso colide frontalmente com a opinião de R. Keynes, quando afirma que o próprio Darwin e Emma “não devem ter reconhecido os sinais em sua aparência, pois não havia uma consciência geral dessa condição naquele tempo” (p. 247). Tanto havia, que a freqüência não era pequena. A publicação da descrição da síndrome, em 1866, levou Darwin a se corresponder com o próprio Dr. Down, o que comprova que havia consciência da condição especial.

³² DOWN, R. L. J. *Ment. Sci.*, 52:188-189, 1906.

³³ BOWLER, Peter. *The invention of progress*. Oxford: Blackwell, 1989.

³⁴ WALLACE, Alfred Russel. *Darwinism: an exposition of the theory of natural selection with some of its implications*. London: Macmillan, 1891, em especial o último capítulo (XV): “Darwinism Applied to Man”, no qual o autor localiza nos mongóis o tipo que poderia ter originado todos os tipos humanos da atualidade, inclusive os africanos. Ver também FERREIRA, J. M. H. & CARMO, V. A. do. Wallace e a origem do homem: suas concepções e as interpretações historiográficas. In: MARTINS, L. A. P. et al. (orgs.). *Op. cit.*, p. 227-244.

Darwin parecia compartilhar do senso comum de seu tempo. Basta lembrar, por exemplo, quando presenciava uma festa de índios na Terra do Fogo³⁵, seu estarecimento ao imaginar os europeus como descendentes daquelas criaturas.

³⁵ No original: “... the astonishment which I felt on first seeing a party of Fuegians on a wild and broken shore will never be forgotten by me, for the reflection at once rushed into my mind – such were our ancestors.” DARWIN, C. *Op. cit.*, 1871. p. 404.

Outro detalhe importante pode ser identificado no ensaio que Wallace enviara a Darwin naquele junho de 1858, no qual o “princípio da reversão” tinha papel de destaque na trama causal da evolução:

*Um dos argumentos mais fortes que têm sido levantados para provar a distinção original e permanente das espécies é que as variedades produzidas sob domesticação são mais ou menos instáveis, e freqüentemente apresentam a tendência de retornar à forma normal da espécie da qual provêm. Essa instabilidade é considerada uma característica geral de todas as variedades, mesmo de animais selvagens que ocorrem na Natureza, que reconstitui as diferentes espécies originalmente criadas.*³⁶

³⁶ WALLACE, A. R. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. In: LOEWENBERG, Bert James (ed.). *Darwin, Wallace, and the Theory of Natural Selection: Including the Linnean Society Papers*. Cambridge: Arlington Books, 1959.

Conforme argumentava Wallace, essa tendência, ao atuar em conjunto com a luta pela sobrevivência e a seleção natural, poderia provar justamente o contrário, ou seja, com o tempo fazia-se verossímil a emergência de novas espécies.

Assim, quando escrevia o capítulo sobre “Seleção Natural”, Darwin parecia estar certo de que seu filho mais novo era resultado de tal “reversão ao estado selvagem”, considerando-se, portanto, longe de ser um dos mais aptos para tratar do assunto. Sabia, além do mais, o que a seleção natural faria a membros de qualquer raça com “qualquer característica minimamente prejudicial”. Diante desse dramático envolvimento pessoal, presume-se que seria extremamente difícil para ele, naquele verão, escrever a respeito da maneira de agir da seleção natural sobre os diversos tipos humanos. Deve-se considerar ainda que, se o caso configurasse o que hoje chamamos síndrome de Down, semelhante envolvimento remontaria ao primeiro rascunho do capítulo sobre seleção natural, escrito quando o bebê chegara aos quatro meses de idade. Ademais, a morte do pequeno Charles havia trazido um profundo abalo à família. No início de julho, a família resolveu passar as férias na ilha de Wright, onde Darwin voltou a escrever, não com o propósito de expandir o capítulo referente à seleção natural, mas sim, com a intenção de preparar o resumo para publicação.

Nessa atmosfera delicada, oásis de tranquilidade, nasce *On the Origin of Species*. Ao contrário de Wallace, e do próprio Darwin em ensaios anteriores, o “princípio da re-

versão”, também chamado de “lei”, não seria discutido em detalhe. Essa estranha maneira de evitar assunto tão crucial se estenderia à discussão da origem do homem, centro das atenções da época.

Os fatos apresentados presumem diferentes influências com possibilidade de afetar, de algum modo, a redação da seção projetada para o capítulo da seleção natural. Caso tivesse confiança total na seleção natural, Darwin não teria realizado tão grande inserção no capítulo, quase duplicando seu tamanho, para demonstrar as razões pelas quais a falta de formas intermediárias não constituía séria ameaça à teoria. Sem a inserção, haveria mais espaço disponível para mostrar aplicações adicionais da seleção natural. Pela leitura de suas cartas, a falta de espaço, mesmo no *Longo Manuscrito*, o incomodava, pois temia o fato de apresentar idéias muito resumidas e ficar sujeito a toda sorte de incompreensões.

Naquele momento particular, seus problemas de saúde convertiam-se em outro sério fator, somado à pressão emocional representada pela própria tarefa e pela co-descoberta de sua teoria. Além disso, a doença e morte do filho adicionaram ingredientes dramáticos e irônicos à história. Ao pensar em escrever sobre seleção natural na espécie humana, vinha-lhe o exemplo de sua própria casa, com o próprio filho, talvez uma prova da ascendência mongólica humana, no contexto de um mecanismo de ocorrência amplamente conhecida (“reversão”).

Darwin teria condições de colecionar inferências sobre a seleção natural atuando sobre seres humanos, pois dispunha de determinação e material para tanto. Isso era tão evidente, que foi mesmo impossível deter o debate que se seguiu sobre as conseqüências das idéias darwinianas para a espécie humana, e seu relacionamento com os demais primatas antropóides. As razões pelas quais não registrou suas idéias sobre a questão em *A Origem das Espécies* parecem mais ligadas a fatores casuais e à dramática ironia do destino, do que aos fatores usualmente sugeridos por muitos especialistas.³⁷

³⁷ BIZZO, N. O berço do darwinismo e suas conseqüências para o homem. In: PRES- TES, M. E. B. et al. (orgs.). *Filosofia e História da Biologia* 1. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2006. p. 229-247.

Este trabalho contou com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no desenvolvimento do projeto de pesquisa “Ensino de Ciências e História da Biologia: estudo de fatores de re-iteração social das concepções sobre evolução biológica” (proc. 304243/2005-1), e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID).

Nelio Bizzo é biólogo, doutor em Educação, professor da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo e pesquisador do CNPq.

bizzo@usp.br

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA RECEPÇÃO DA TEORIA DE DARWIN

Paulo Cesar Coelho Abrantes

Se ainda hoje a teoria darwinista da evolução encontra resistência em certos meios, apesar de consolidada pela genética molecular como fundamento da biologia contemporânea, pode-se calcular as duras críticas de que foi alvo no contexto das concepções naturalistas e biológicas que lhe foram contemporâneas. A oposição chegou a extrapolar o âmbito das teses substantivas da teoria: estendeu-se aos métodos que Darwin teria supostamente empregado para formulá-las. É essa crítica metodológica ao darwinismo, nem tão conhecida, que constitui o objeto deste artigo.

É notória a resistência que a teoria darwinista da evolução sofreu – por defender que as espécies descendem de ancestrais comuns e que sofrem modificações como consequência da seleção natural –, diante das imagens de natureza¹ vigentes no século XIX e das teorias biológicas então aceitas. Ainda hoje ela é atacada em certos meios, a despeito de estar consolidada, após a síntese com a genética molecular, como a teoria fundamental da biologia contemporânea.

Bem menos conhecido é o fato de que a crítica a Darwin (1809-1882) não se limitou às teses substantivas da sua teoria, mas se estendeu também aos métodos que, supostamente, teria empregado para gerá-las e/ou para avaliá-las. Em outras palavras, Darwin foi também atacado com base nas imagens de ciência dominantes em sua época. Vou concentrar-me na crítica metodológica ao darwinismo, no contexto histórico em que foi formulado e debatido originalmente, ou seja, o século XIX.

Darwin tinha aguda e penosa consciência de que haveria uma reação negativa às teses fundamentais de sua “teoria da descendência com modificação” e, particularmente, ao mecanismo que propôs: a “seleção natural”. Também esperava ele possíveis críticas aos métodos que teria utilizado e que manifestavam, por certo, uma consciência metodológica sofisticada, pouco comum entre cientistas. Por isso retardou tanto a publicação do seu livro *A Origem das Espécies*.

É conveniente localizar as origens sociais dessas críticas, e distingo três grupos: a) o público não-especializado; b) a comunidade científica (os pares de Darwin) e; c) os filósofos da ciência.

Os métodos supostamente empregados por Darwin na construção e validação da sua teoria foram criticados com base numa imagem indutivista de ciência acolhida pelos cientistas, de um lado, e pelo público não-especializado, de outro. A nova teoria proposta não foi considerada, por esses grupos, suficientemente apoiada nos fatos.

A. Sedgwick, um austero anglicano que fora seu professor de geologia em Cambridge à época em que Darwin era vice-presidente da influente Sociedade Geológica de Londres, reagiu do seguinte modo ao ler a cópia de *A Origem das Espécies* que o ex-aluno lhe enviara:

Você abandonou – após ter seguido a trilha de toda verdade física sólida – o verdadeiro método da indução, e nos introduziu a uma maquinária tão disparatada, eu penso, quanto a locomotiva do Bispo Wilkins, que deveria levarnos navegando até a lua. Muitas das suas amplas conclusões estão baseadas em pressupostos que não podem ser provados

¹ Sobre as noções de “imagem de natureza” e de “imagem de ciência” empregadas ao longo deste artigo, e seu papel na historiografia da ciência, ver ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. São Paulo: Papirus, 1998.

ABRANTES, P. Problemas metodológicos em historiografia da ciência. In: WALDOMIRO, J. (ed.) *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcadia/UCSAL, 2002. p. 51-91.

ABRANTES, P. *Imagens de Natureza, de Ciência, e Educação: o caso da Revolução Francesa*. In: STEIN, S. & KUIAVA, E. (orgs.). *Linguagem, Ciência e Valores: sobre as representações humanas do mundo*. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul (EDUCS), 2006. p. 11-58.

*nem desaprovados, por que então expressá-las na linguagem e ao modo da indução filosófica?*²

² SEDGWICK, A. citado por HULL, D. *Darwin and his critics*. Cambridge (MA): Harvard University Press, 1973. p. 157.
DESMOND, A & MOORE, J. *Darwin: the life of a tormented evolutionist*. New York: W. W. Norton & Company, 1994. p. 487.

R. Owen, um dos mais renomados anatomistas britânicos, que o próprio Darwin conhecera por intermédio de Lyell ao retornar da viagem do Beagle, veio posteriormente a avaliar a “proposição” da seleção natural como

*... somente uma dessas possibilidades óbvias que poderiam passar [float through] pela imaginação de qualquer naturalista especulativo; somente o sóbrio pesquisador em busca da verdade preferiria o silêncio, que não pode ser condenado, a indicar a proposição como sendo explicativa da origem das espécies, sem seus fundamentos indutivos.*³

³ OWEN, R. citado por HULL, D. *Op. cit.* p. 6.

J. S. Henslow, o reverendo professor de mineralogia e de botânica em Cambridge à época em que Darwin lá estava, expressou a uma pessoa próxima a sua opinião sobre a *Origem* nos seguintes termos:

*O Livro é uma reunião maravilhosa de fatos e observações – e sem dúvida contém muita inferência legítima – mas leva a hipótese (já que não é uma real teoria) longe demais. Ele me lembra a época da astronomia quando muito era explicado através de Epiciclos – e a cada nova dificuldade um novo epiciclo era inventado.*⁴

⁴ DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 487, 59.

Especular em ciência tinha conotações éticas para os naturalistas anglicanos com os quais Darwin conviveu desde a sua ida para Cambridge. Seus biógrafos sublinham que ele era especulativo, um teórico,

*... numa época preocupada com o detalhe. Fazer hipóteses era uma mácula e ofensivo [hypothesizing was taint]. Compreender o trabalho artesanal de Deus na natureza demandava tempo, e a Verdade só poderia emergir de uma reunião ordenada [collation] de fatos secos [dry facts] ... Qualquer tentativa de contornar esse processo laborioso com uma hipótese apressada, ou com um palpite a priori, era pecaminoso.*⁵

⁵ DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 285, 341, 348.

Entretanto, Darwin tinha nítida consciência de que o “pecado da especulação”, em suas próprias palavras, seria punido por seus pares conservadores, como Sedgwick, ou mesmo por espíritos mais abertos como o cirurgião e botânico J. Hooker, que “censurava os naturalistas por seguir o caminho mais fácil da especulação ...”⁶. Para Hooker, Darwin, era “por demais inclinado a considerações teóricas sobre espécies” e, tendo-se tornado seu amigo, estimulou-o a “atenuar o seu ardor especulativo” com a descrição exaustiva de pelo menos um grupo animal. Influenciado por esse tipo de opinião, Darwin iniciou o seu exaustivo trabalho

⁶ DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 323.

⁷ DESMOND, A. & MOORE, J. *Op. cit.* p. 341.

⁸ Pode-se dizer que a filosofia da ciência – enquanto área especializada da filosofia e com um foco mais restrito do que a teoria (geral) do conhecimento – estava nos seus primórdios no início do século XIX.

⁹ Essa orientação não deixa de ser surpreendente já que, à época de Herschel, a física havia-se tornado matemática e teórica em alto grau, o que não traduz, propriamente, o ideal metodológico baconiano, mas sim um ideal racionalista, dedutivista, representado no século XVII pela física de Galileu e de Newton, e no século XVIII pelos trabalhos de d'Alembert, de Lagrange e de Laplace, entre outros. O ideal racionalista fora articulado filosoficamente sobretudo por Descartes e Leibniz (ver CLARKE, D. M. *La Filosofia de la Ciencia de Descartes*. Madrid: Alianza, 1986; GOWER, B. *Scientific Method: an historical and philosophical introduction*. Londres: Routledge, 1997; LOSEE, J. *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza, 1981. Tradução em Português: *Introdução Histórica à Filosofia da Ciência*. BH: Itatiaia, 1979). No século XIX, havia uma oposição entre as imagens britânica e continental de ciência, o que, segundo Ellegård (ELLEGÅRD, A. *The Darwinian theory and nineteenth-century philosophies of science*. *Journal of the History of Ideas*, v. 18, n. 3, p. 362-393, 1957), revestia a oposição ao uso de hipóteses de uma dimensão quase que moral. Em ABRANTES, P. *Imagens de natureza, imagens de ciência*. *Op. cit.*, discuto o caráter matemático das teorias em física nos séculos XVIII e XIX, bem como aspectos das imagens britânica e continental de ciência. Sobre Bacon, ver OLIVEIRA, Bernardo Jefferson de.

empírico com crustáceos (*barnacles*), de modo a se credenciar como zoólogo.⁷ A imagem indutivista, baconiana, de ciência o assombrava.

A teoria darwinista também foi recebida com reservas pelos mais importantes filósofos da ciência da época⁸ – J. Herschel (1792-1871), W. Whewell (1794-1866) e J. S. Mill (1806-1873). Embora esses filósofos não admitissem todos os elementos da imagem indutivista, de senso comum, a teoria darwiniana não lhes parecia, tampouco, de acordo com as metodologias que defendiam.

Herschel tinha em alta conta a contribuição de F. Bacon para a metodologia científica, em particular a sua crítica a Aristóteles, mencionando isso no seu livro de 1830.⁹ Darwin, por sua vez, no seu último ano em Cambridge, lera Herschel, que lhe causara grande impacto, tendo percebido que o seu próprio trabalho inicial enquanto cientista manifestava a orientação metodológica defendida por aquele filósofo da ciência. Chegou a enviar-lhe uma cópia de *On the Origin*, em cujo parágrafo de abertura faz referência a ele. Soube depois, indiretamente, que a sua teoria fora mal recebida por Herschel, o que o abalou profundamente.

Cronologia

É importante termos presente os marcos cronológicos mais importantes dessa controvérsia metodológica que opôs Darwin aos seus críticos-filósofos:

- (1830) – J. Herschell publica seu livro *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (Discurso Preliminar sobre o Estudo da Filosofia Natural).
- (1840) – W. Whewell publica seu livro *Philosophy of the Inductive Sciences* (Filosofia das Ciências Indutivas).
- (1843) – J. S. Mill publica seu livro *A System of Logic* (Um Sistema de Lógica).
- (1836) – Fim da viagem de Darwin no Beagle (iniciada em 1831).
- (1837-66) – Controvérsia entre Whewell e Mill em torno do método científico.
- (1859) – Darwin publica seu livro *On the Origin of Species* (A Origem das Espécies).

As imagens de ciência dominantes no início do século XIX na Grã-Bretanha eram francamente desfavoráveis ao uso de hipóteses. Por *hipótese* entendia-se qualquer proposição que fizesse referência a entidades e processos não

Francis Bacon e a fundamentação da ciência como tecnologia. BH: Editora da UFMG, 2002.

¹⁰ Conforme a terminologia filosófica atual, trata-se do método hipotético-dedutivo.

¹¹ Hull (HULL, D. *Op. cit.*, p. 8) destacou a sensibilidade de Darwin para essa dimensão, digamos, “social” da ciência. Darwin aconselhava os jovens a fazerem pouco uso de teoria, ou só publicá-la após acumular muitas evidências empíricas a seu favor: ... *deixe que a teoria guie as suas observações, mas seja comedido ao publicar teoria até que a sua reputação esteja bem estabelecida, caso contrário as pessoas duvidarão das suas observações* (Darwin citado por RUIZ, R. & AYALA, F. *El método en las ciencias: epistemología y darwinismo*. México: Fondo de Cultura Económica, 1998. p. 34; tradução livre). Ele próprio seguiu em grande medida essa orientação: a *Origem* foi publicada muito depois de Darwin ter as linhas mestras da sua teoria, e após acumular um volume impressionante de dados empíricos, nas mais diversas áreas. Mas, como sabemos, preocupado em assegurar a sua prioridade na descoberta do mecanismo de seleção natural – frente à descoberta quase que simultânea desse mecanismo por Wallace – Darwin publicou o que, na verdade, é uma versão compacta de uma obra muito mais longa que estava escrevendo (e que nunca publicou nos moldes originalmente previstos). Com isso, ele não pode seguir totalmente o preceito “indutivista” de incluir na publicação muitos fatos e pouca teoria (DESMOND, A. & MOORE, J. *Op. cit.*, p. 443). Se essa atenção aos aspectos sociais do trabalho científico traduzia ou não as suas reais convicções metodológicas (as suas imagens de ciência) é uma questão que discutirei a seguir.

observáveis diretamente, ou qualquer proposição que não pudesse ser verificada diretamente por indução. A imagem de senso comum envolvia um misto do indutivismo de Bacon e do *hypotheses non fingo* de Newton. De acordo com essa imagem, o cientista deve colecionar fatos, fazer generalizações com cautela, sem saltos, e abster-se de supor hipóteses.

Uma crítica comum à teoria de Darwin era de que tanto a “hipótese” da descendência com modificação quanto a “hipótese” da seleção natural não teriam sido provadas com base nos fatos, ou induzidas a partir destes. Veremos que no século XIX ainda era comum associar-se *indução e prova*. Darwin teria adotado, na avaliação dos seus críticos, o chamado *método de hipóteses*¹⁰ e não o *indutivo*.

O próprio Darwin considerava os trabalhos de Lamarck e Chambers – de certa forma precursores da idéia de evolução – por demais especulativos. Ele acreditava que as imagens de ciência de sua época eram predominantemente indutivistas e que os cientistas, sobretudo os iniciantes, tinham que levar isso em consideração para garantir a aceitação de suas teorias pela comunidade científica e pelo público amplo (para não falar dos filósofos da ciência “de carteirinha”, que começavam a formar mais um “clube” de especialistas).¹¹

Indução: método de descoberta ou de justificação?

No que toca à recepção da teoria de Darwin no meio filosófico, o autor publicou *A Origem das Espécies* em meio a uma grande controvérsia em torno do método científico, envolvendo Whewell e Mill [ver Cronologia].

O importante historiador e filósofo contemporâneo da biologia, D. Hull, atribui as divergências entre os filósofos da ciência do século XIX a dificuldades seculares em se fazer certas distinções que só se tornariam claras posteriormente (aquele debate, sem dúvida, contribuiu para isso): entre indução e formação de conceitos, de um lado; e entre lógica da descoberta e lógica da justificação, de outro (ou, se quiserem, usando uma terminologia anacrônica, entre os contextos de descoberta e de justificação).¹²

F. Bacon acreditava que as suas regras para uma “indução por exclusão” (também conhecida como “indução por eliminação completa”) permitiam provar uma hipótese. Conseqüentemente, via como supérflua a dedução posterior de conseqüências da hipótese, tendo em vista a sua justificação. Não foi esse o caso para a maioria dos filósofos do século XIX, embora, como veremos, ainda se mantivessem infalibilistas.

A distinção entre descoberta e justificação já era tematizada por esses filósofos. Herschel defendia uma postura

¹² Sugestivamente, Hull expõe essa distinção como sendo entre a “ordem temporal da descoberta” e a “ordem lógica, de uma lógica reconstruída” (HULL, D. *Op. cit.*, p. 24). É claro, porém, que essa distinção desaparece para os que acreditam na possibilidade de uma lógica da descoberta, não somente reconstruída, mas guiando efetivamente a “ordem temporal” da descoberta.

¹³ Acreditar nisso é incorrer na falácia da afirmação do consequente.

consequencialista. Por ser um consequencialista, ele dava mais importância à dedução (ao método de hipótese) do que Bacon, que era um gerativista. Herschel sabia, evidentemente, que do ponto de vista lógico, as consequências de uma hipótese não permitem prová-la, verificá-la.¹³ Ele impôs, portanto, condições a respeito das evidências empíricas que devam ter mais peso na justificação de uma hipótese. Além de a hipótese ser compatível com os fatos *conhecidos* – condição mínima para que esta seja considerada empiricamente adequada – ele exigiu que a hipótese tivesse consequências empíricas *novas e inesperadas* (com base no que se conhece). Se tais previsões se verificarem, acreditava Herschel, teremos boas razões para acatar a hipótese como sendo verdadeira.

A posição de Mill é mais complexa. Mais exigente do que Herschel, ele não aceitava o consequencialismo puro deste último. Não bastava, para Mill, usar o método de hipótese – ele exigia também, e preliminarmente, a justificação com base na indução direta (nesse tocante, estava mais próximo de Bacon). Sem a indução, não faz sentido derivar consequências de uma hipótese para confirmá-la. Há sempre várias hipóteses conflitantes que são, ao modo consequencialista, adequadas aos fatos. Segundo ele, para saber qual hipótese testar, devemos, antes, eliminar aquelas que são falsas; e ter certeza de que nenhuma outra hipótese implica os mesmos fatos.

Para complicar as coisas, havia muita ambiguidade no emprego do termo *indução* – termo carregado de significados, numa tradição que remonta, pelo menos, a Aristóteles. Para Whewell, a indução envolve tanto a *descoberta* quanto a *prova* de proposições gerais. Para fazermos uma indução, os fatos têm que ser “coligados”, isto é, unificados por um conceito que é produzido pela mente e imposto (“sobreinduzido”) aos fatos. Exemplos de tais conceitos incluem o de *força*, inventado por Newton. Este conceito não pode, segundo Whewell, ser derivado dos próprios fatos (ou das observações enquanto meros registros dos sentidos); um conceito não pode ser encontrado nos fatos, mas é criado previamente pela mente, coligando-os. Conceitos (“idéias gerais”) são necessários para que se possa fazer uma passagem, genuinamente indutiva, do que é particular e veiculado pelos sentidos, para o que é geral – por exemplo, uma lei. Whewell emprega “indução” e “coligação de fatos” praticamente como sinônimos. Ilustrando o que chamava de coligação de fatos, Whewell usa o exemplo da indução, por Kepler, da lei de que as órbitas dos planetas são elipses, com base num conjunto de observações realizadas acerca de posições planetárias. Consideremos o caso de um planeta particular, digamos

Saturno. As observações são descritas por duplas ordenadas (tempo, posição): em t_1 Saturno está em p_1 ; em t_2 Saturno está em p_2 ; em t_3 Saturno está em p_3 etc. Para se passar desse conjunto de observações para a proposição universal *todas as posições de Saturno situam-se numa elipse E* (podendo ser ligadas por este tipo de curva) ou para a proposição *a órbita de Saturno é uma elipse E*, temos que dispor, previamente, do conceito de *elipse*.¹⁴ Este conceito não pode ser “lido” nos fatos, sendo imposto a eles, coligando-os.¹⁵

Mill acusou Whewell de confundir, desse modo, as etapas da descoberta e da justificação. Mill admitia que precisamos do conceito de *elipse*, e que há uma participação da mente no processo de *descoberta* e de *justificação* das proposições científicas. Ele dava importância, por exemplo, às aproximações como uma via para se chegar a definições *corretas* (a conceitos referindo-se a espécies naturais), mas insistia que essa era só uma etapa em direção à *certeza*.

Entretanto, a construção de conceitos, para Mill, dá-se no contexto de descoberta: é algo separado e anterior à “indução” – como entendia esse termo –, não fazendo propriamente parte dela. Quando fazemos a indução, os fatos *já estão* descritos por meio de conceitos: *em t_1 Saturno está na elipse E; em t_2 Saturno está na elipse E; em t_3 Saturno está na elipse E* etc. Dessas proposições particulares passa-se à proposição geral. Não há nenhum conceito introduzido na passagem indutiva propriamente dita, pois já são empregados na própria formulação das proposições que descrevem os fatos particulares. A indução é somente a extensão, para novas instâncias não-observadas de um mesmo tipo, da propriedade que foi observada em algumas delas.¹⁶ Ao fazermos a indução, afirmamos que posições de Saturno não observadas (e há, claro, um número infinito delas) estarão na mesma elipse E, propriedade esta das posições já observadas desse planeta. Para Mill, do mesmo modo que para Herschel, a indução envolve, necessariamente, uma passagem do que é conhecido para o que não o é (no caso, as posições não observadas de Saturno).

Não é por acaso que ao ilustrar acima a posição de Whewell com o exemplo de Saturno, o conceito de elipse *não* aparece na descrição dos fatos.¹⁷ Em contraste, Mill defende que o conceito de elipse já tem que aparecer nas proposições singulares, para que possam servir de base para uma indução.

Para Whewell, o que é intrínseco a uma indução é o ato mental de impor (sobreinduzir) um conceito a um conjunto de fatos, coligando-os, e não a inferência do conhecido

¹⁴ Temos também de dispor do conceito de *órbita* no caso da segunda formulação, mas deixemos esse conceito de lado, para não complicarmos desnecessariamente a discussão.

¹⁵ Este problema é análogo ao de como encontrar a curva que melhor se adapta a um conjunto de pontos. As posições de Whewell antecipam aquelas defendidas por filósofos da ciência do século XX, como Kuhn e Feyerabend, a respeito da contaminação teórica (*theory-ladenness*) de toda e qualquer observação. ELKANA, Y. (ed.). *William Whewell: selected writings on the history of science*. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.

FEYERABEND, P. *Contra o Método*. RJ: Francisco Alves, 1985. 2. ed.

KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The Univ. of Chicago Press, 1970. 2. ed. (A primeira edição é de 1962).

¹⁶ No exemplo, o *tipo* é a órbita: o conjunto de posições do planeta Saturno.

¹⁷ Na minha versão do exemplo da indução kepleriana, aparecem os conceitos de (instante de) tempo e de posição que, a rigor, também são impostos aos fatos. Forster & Wolf (FORSTER, M. R. & WOLFE, A. B. Whewell's theory of hypothesis testing and a relational view of evidence. November 20, 2000. [http://philoscience.unibe.ch/lebre/dokumente/forster_Whewell\(2\).pdf](http://philoscience.unibe.ch/lebre/dokumente/forster_Whewell(2).pdf) acessado em 9/06/2007) apontam para uma distinção, em Whewell, entre *idéias* e *conceitos*. *Posição*, por exemplo, seria uma *idéia*, e *elipse* seria um *conceito*. Só conceitos estariam propriamente envolvidos na coligação dos fatos.

¹⁸ Notar que tanto para Mill quanto para Whewell a proposição geral, fruto de uma indução, é mais do que a simples “soma” dos fatos observados. Mas eles entendem isso em sentidos diferentes. Para Mill, a proposição geral tem que englobar novas instâncias não observadas para qualificar-se como resultado de uma indução. Para Whewell, a proposição geral pressupõe a coligação de fatos através da imposição de um conceito – o que constitui um ato mental. Eu poderia dizer que a indução, para Mill, é uma passagem puramente formal, lógica, enquanto que, para Whewell, ela é também conceitual.

¹⁹ Nessa fase, Mill admite, como Herschel, que se use de adivinhação, palpite, invenção etc. (GOWER, B. *Op. cit.* p. 119). Mas a indução direta é indispensável para justificar o que se descobre. Não basta, como acreditava Herschel, que se confirme conseqüências da descoberta. Mill buscava provas para uma hipótese, e não somente confirmação. Para tanto, este último filósofo requeria o uso dos seus métodos de “acordo” [*agreement*] e de “diferença”.

²⁰ GALILEI, Galileu. *Dois novas ciências*. São Paulo: Nova Stella, s. d.

para o desconhecido.¹⁸ Para Mill, a abstração por si só (ou seja, chegarmos a um conceito que coligue os fatos no sentido de Whewell) não constitui uma indução. Se não há extensão para novas instâncias, não há propriamente indução; se fosse este o caso, a proposição não precisaria sequer ser testada, pois não se prestaria a fazer previsões.

No entender de Mill, a indução dá-se no contexto de justificação e não, propriamente, no de descoberta (para usarmos a terminologia moderna). O contexto de descoberta é aquele em que conceitos são inventados; mas para Mill esse processo, sem dúvida importante, é anterior e independente da indução.¹⁹ Uma indução, segundo ele, é o que *justifica* uma proposição geral.

Whewell é, nesse aspecto, mais exigente do que Mill a respeito do que *justifica* uma proposição geral: ele exige que haja também o que chama de uma “consiliência de induções”. É importante frisar que a “consiliência” não se confunde com a “coligação” de fatos, embora pressuponha esta última. Para validar uma proposição geral, não basta que preveja corretamente novas instâncias (por exemplo, que novas posições previstas do planeta Saturno estejam, de fato, na mesma elipse E que as posições anteriormente observadas). Um exemplo de consiliência de induções – prosseguindo com o mesmo exemplo – foi a proeza de Newton em abarcar, no âmbito de uma única teoria, tanto as leis de Kepler, para o movimento planetário, quanto as de Galileu, para a queda dos corpos na superfície da Terra.²⁰ Todas essas leis podem ser deduzidas – introduzindo-se as condições iniciais apropriadas como premissas – das leis de Newton, que são, nesse sentido, mais fundamentais. Essa unificação sob uma mesma teoria geral (essa consiliência) é o que, em última instância, justifica – para Whewell – as leis de Kepler e as de Galileu.

Portanto, Whewell não confunde – como critica injustamente Mill – a descoberta com a justificação. Elas são, entretanto, inseparáveis para Whewell, pois ambas pressupõem a coligação dos fatos. Além disso, este último estabelece a condição de que haja consiliência para que haja justificação.

Whewell, embora tenha publicado em 1866 um livro com o título *Sobre a Filosofia da Descoberta*, era um pouco ambíguo a respeito da existência de métodos ou regras de descoberta:

As concepções pelas quais fatos são ligados uns aos outros são sugeridas pela sagacidade dos descobridores. Essa sagacidade não pode ser ensinada. Ela comumente ocorre por palpite [guessing]; e esse sucesso parece consistir em se propor várias

*hipóteses tentativas e selecionar a que é correta. Mas o provimento de hipóteses apropriadas não pode ser construído com base em regras, sem o talento inventivo.*²¹

²¹ WHEWELL, W. citado por SCHAFFNER, K. *Discovery and explanation in Biology and Medicine*. Chicago: The University of Chicago Press, 1993. p. 9.

No seu livro *Novum Organon Renovatum*, que publicara anos antes, e cujo título é uma clara referência ao clássico de F. Bacon, Whewell também defende que não há métodos de descoberta, e que esta não pode ser guiada por regras. No trecho abaixo, sua posição parece claramente conseqüencialista. Inventar uma hipótese por meio da indução – afirma ele – constitui

*... um salto que está fora do alcance do método... O Intellecto Indutivo faz uma asserção que é subsequente justificada pela demonstração; e ele mostra sua sagacidade, seu caráter peculiar, enunciando a proposição quando ainda não existe a demonstração: mas então ele mostra que é sagacidade, ao produzir também a demonstração.*²²

²² WHEWELL, W. citado por HEATHCOTE, A. W. *William Whewell's Philosophy of Science*. *Brit. J. Phil. Sci.*, v. 4, p. 302-14, 1954. p. 308.

Ao lado de textos desse tipo, no seu livro de 1860 Whewell critica Mill, defendendo que as conjecturas pelas quais construímos novas concepções em ciência para coligar os fatos não se produzem “aleatoriamente”. A descoberta das leis e das causas dos fenômenos não constitui – afirma – um “tipo de palpite ao azar [*haphazard*]”²³. Whewell propõe, inclusive, regras para a “construção de concepções”.

²³ WHEWELL, W. citado por HEATHCOTE, A. W. *William Whewell's Philosophy of Science*. *Op. cit.*

Hull resume do seguinte modo as divergências entre os filósofos da ciência diretamente envolvidos nessa controvérsia:

*Para Herschel e Mill a indução era a descoberta de leis empíricas nos fatos, raciocinando do conhecido para o desconhecido. Concorrentemente, esse método indutivo assegurava a verdade dessas leis. Para Whewell, a indução era a sobreindução de conceitos nos fatos pela mente. A experiência poderia estimular a mente a formar um conceito, mas uma vez o conceito apropriado ter sido concebido, a verdade estava garantida. Para Herschel e Mill, as leis de Kepler e o postulado das paralelas na geometria euclideana eram induções a partir da experiência; para Whewell, elas eram verdades autoevidentes, verdades essas que podiam ser conhecidas a priori.*²⁴

²⁴ HULL, D. *Op. cit.* p. 5.

Segundo Hull, Mill ganhou a disputa com Whewell não porque seus argumentos fossem melhores, mas porque o clima da época era de um crescente empirismo, e desfavorável ao racionalismo de Whewell, de cepa kantiana.

A comunidade científica da época, além disso, recebeu mal a filosofia de Whewell, em função de algumas das posições metafísicas defendidas por ele. Tratarei dessa temática metafísica adiante. Permanecemos, por enquanto, no âmbito da filosofia da ciência (em particular, da metodologia).

Indução e formação de conceitos: a famigerada “metáfora da pirâmide”

No século XIX ainda era bastante comum, como nos mostra Hull, associar a metáfora da pirâmide à indução:

O método dedutivo era popularmente concebido, de modo errôneo, como um salto irresponsável para uma conclusão de alto grau de generalidade e a dedução subsequente de consequências dessas generalizações, sem levar em conta os fatos observados [...] O método indutivo também era popularmente concebido de modo errôneo, como começando com a observação e prosseguindo através de uma construção cuidadosa de generalizações de maior e maior [grau de] generalidade. O método dedutivo ia do ápice da pirâmide do conhecimento descendo para a sua base, enquanto que o método indutivo começava na base e subia. A superioridade de uma pirâmide apoiada na sua base, em vez de na sua ponta, era óbvia.²⁵

²⁵ HULL, D. *Op. cit.* p. 4.

Essa metáfora confunde inferência – particularmente a distinção entre inferências indutivas e dedutivas – com a formação e subsunção de conceitos (como ocorre numa classificação, por exemplo, em que conceitos mais gerais englobam os menos gerais). A confusão é antiga, remontando pelo menos a F. Bacon:

Herschel, Mill e Whewell todos concordaram, pelo menos verbalmente, com a distinção que Bacon fez entre dedução e indução em termos de aumento ou diminuição de generalidade, e muito de Herschel e de Mill consiste meramente em um refinar dos métodos baconianos de indução.²⁶

²⁶ HULL, D. *Op. cit.* p. 23.

Mesmo Whewell, a despeito da ascendência claramente kantiana da sua epistemologia, aceitava preceitos baconianos, como o de que se deve evitar saltos na indução, subindo-se lentamente na hierarquia da generalização e verificando-se cada passo dado.

O caráter ampliativo de uma inferência não pode, efetivamente, garantir a certeza. Hull enfatiza, também, que se a indução for vista como uma simples forma de inferência, não pode gerar novos conceitos, mais gerais:

Se a formação de conceitos ou a descoberta de leis deve proceder por indução verdadeira, passo a passo, sem quaisquer saltos, como pode um conceito ou lei ter um escopo mais amplo do que a evidência a partir da qual ela foi derivada?²⁷

²⁷ HULL, D. *Op. cit.* p. 23.

É também um erro achar que toda inferência dedutiva leva de proposições mais gerais a menos gerais. Conceitos do mesmo grau de generalidade estão envolvidos tanto nas premissas quanto nas conclusões de inferências dedutivas.

As dificuldades que enfrentavam esses filósofos da ciência do século XIX em justificar as suas metodologias eram agravadas por ainda estarem comprometidos com um ideal de certeza para o conhecimento científico, ou seja, com o infalibilismo, como assinalei anteriormente.

Aos poucos, o trabalho de gerações de filósofos da ciência foi deixando claro que a diferença entre indução e dedução não é quanto à generalidade (de conceitos), mas quanto à certeza: nas deduções (inferências demonstrativas) a conclusão segue-se necessariamente das premissas, mas não nas induções (inferências que, como vimos, não são demonstrativas por serem ampliativas).

Os filósofos da ciência e Darwin

Na contramão do indutivismo de senso comum, Whewell e, em certa medida, Herschel e Mill, defenderam o papel das hipóteses e as consideraram indispensáveis ao trabalho científico.

Whewell tentou mostrar que Bacon e Newton não eram indutivistas ingênuos, e admitiam a importância de um “princípio geral”, de uma “concepção” que promovesse o que ele chamava de “coligação dos fatos”. Whewell era, em particular, um crítico de A. Comte (1798-1857) que, como se sabe, rejeitava como sendo “metafísica” a busca por causas hipotéticas para explicar as regularidades observadas dos processos naturais.²⁸ Whewell, ao contrário, entendia que há lugar nas ciências para dois tipos de verdades indutivas: as leis dos fenômenos e as teorias a respeito das suas causas. Tais teorias colocam, é certo, problemas complexos para quem se interessa pela descoberta científica, pois elas exigem, tipicamente, a construção de novos conceitos (como o de *força*, no caso da Mecânica de Newton).²⁹ Além disso, como disse anteriormente, Whewell recomendava que teorias só deveriam ser propostas depois de encontradas as leis dos fenômenos, devidamente verificadas com base na observação. A história da astronomia era, para ele, modelar nesse sentido: Kepler primeiro descobriu as leis dos movimentos planetários. Só depois Newton desenvolveu uma teoria da gravitação para explicar aquelas leis.

Ao longo dos anos 1830, o núcleo das críticas que Whewell fez aos evolucionistas (ou melhor, aos “transmutacionistas”, como eram conhecidos) que precederam Darwin era de que eles, infringindo o preceito baconiano, haviam saltado rápido demais para uma explicação histórica – a respeito de como as condições que vigiam no passado

²⁸ Darwin parece ter sido simpático ao naturalismo que percebia em Comte (DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 260), mas seguramente não ao seu positivismo.

²⁹ Ver, acima, a discussão sobre o conceito de *força*. Whewell relacionava diferentes tipos de força: mecânica, química, vital. Mesmo dispondo de um desses conceitos, como o de força mecânica, é necessário “sagacidade”, segundo ele, para se construir os conceitos de *força química* e *força vital*, necessários para explicar os fenômenos químicos e biológicos.

supostamente teriam dado origem às espécies atuais e sua distribuição geográfica, como as conhecemos no presente – sem antes conhecerem as leis que regem as mudanças no mundo orgânico (não seguindo, portanto, o modelo da história da astronomia no século XVII).³⁰ Em 1838, ele sintetiza do seguinte modo essa crítica, na sua Conferência Pre-sidencial à frente da Sociedade Geológica:

*Não é um avanço sugerir uma ou outra causa hipotética de mudança [para explicar o estado presente do mundo orgânico, sem antes] obter as leis da mudança... da criação orgânica a partir de fatos adequados; só isso pode levar a descobertas.*³¹

Whewell era um realista com respeito às hipóteses: defendia que elas devem descrever o que de fato existe ou ocorre na natureza. Por exemplo, ele considerava a gravidade como uma causa ou *poder* (seguindo nisso a Newton). Já para Mill, a força gravitacional era uma simples construção teórica, mental, e não um poder ou qualidade na natureza. Sua posição era anti-realista (mais precisamente, empirista).

Mill também reconheceu um papel fundamental para as hipóteses em ciência e, nesse tocante, colocou-se, como Whewell, ao lado de Darwin, contra o indutivismo ingênuo da imagem de ciência de senso comum. Mas ele era, contrariamente a Whewell, um não-realista. Para Mill, as hipóteses são meras construções conceituais.

Mill considerava injusta a crítica levantada contra a teoria de Darwin de não ser indutiva. Como podemos depreender das suas palavras no trecho a seguir, Mill aparentemente acatou a teoria da evolução no plano metodológico. Ele faz, contudo, a ressalva de que Darwin havia usado o método de hipótese e não a indução que, na maneira como a entende, permitiria provar a teoria:

*As regras da Indução estabelecem as condições de Prova. O Sr. Darwin nunca pretendeu que a sua doutrina fora provada. Ele não estava limitado pelas regras da Indução, mas pelas da Hipótese. E raramente estas últimas [regras] foram tão completamente atendidas. Ele abriu uma prometedor via para a pesquisa, e ninguém pode prever os seus resultados.*³²

Aparentemente, portanto, Mill avaliou que Darwin teria usado, de modo impecável, o método de hipótese para construir a sua teoria. Mas como, para Mill, este método não permite, por si só, provar a hipótese ou teoria (assinalei acima que ele via com reservas o conseqüencialismo de Herschel), Darwin ainda estaria em dívida no que diz respeito a uma prova indutiva de sua teoria.

³⁰ A discussão a respeito de leis biológicas no século XIX era complicada, porque se vinculava à teologia natural: tais leis teriam sido impostas por Deus à matéria no momento da criação. Ver ABRANTES, P. *Imagens de Natureza, de Ciência, e Educação...* *Op. cit.* Sobre a presença desta discussão no cenário atual, ver ABRANTES, P. & ALMEIDA, F. P. L. de. *Criacionismo e Darwinismo confrontam-se nos tribunais... da razão e do direito.* *Episteme* (Porto Alegre), no prelo.

³¹ WHEWELL, W. citado por CURTIS, R. *Are Methodologies Theories of Scientific Rationality?* *Brit. J. Hist. Sci.*, v. 37, p. 135-161, 1986. p. 145.

³² MILL, J. S. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 375.

Mill entendia de modo amplo o que chamava de “método dedutivo”. Este incluía, em sua primeira etapa, a “indução direta” pelo emprego dos seus métodos de “acordo” e de “diferença”. Sua proposta metodológica pode ser vista como uma tentativa de fundamentar a “dedução a partir dos fenômenos” de que Newton falara. O método dedutivo como entendido por Mill é, portanto, muito diferente do método de hipótese.

Uma das limitações dos métodos propostos por Mill está diretamente ligada às suas divergências com Whewell. Trata-se da necessidade de se ter uma hipótese ou teoria prévia que indique quais são as circunstâncias relevantes a serem observadas ou manipuladas experimentalmente e de determinar, além disso, se todas as circunstâncias foram levadas em consideração. Sem tais critérios de relevância e de completude – que, evidentemente, os fatos por si só não podem apontar –, os métodos propostos por Mill são inócuos ou pouco confiáveis. Eles não podem ser empregados eficazmente num vácuo teórico, o que atenua posições indutivistas mais radicais.

Voltando, então, ao tópico das divergências entre os filósofos aqui estudados com respeito ao significado que atribuíam às noções de indução e dedução, e ao papel que esses tipos de inferência desempenham nos contextos de descoberta e de justificação, Hull afirma:

*Whewell chamava de “indução” a todos os processos que contribuíram para a construção de uma teoria, enquanto que Herschel e Mill limitavam o uso do termo a inferências do conhecido para o desconhecido. Herschel e Mill pensavam que tanto a lógica da descoberta quanto a lógica da justificação poderiam ser analisadas em termos de dedução e de indução, enquanto que Whewell pensava que não se pode fornecer regras simples para o processo de descoberta. Para Herschel e Mill, a ferramenta mestra na lógica da descoberta e da justificação era a indução por eliminação.*³³

Contudo, Mill tinha consciência das limitações dos métodos gerativistas que propôs. Ele admitia, como vimos, a importância das hipóteses em ciência e mesmo, sob certas condições, hipóteses não induzidas das observações, desde que pudessem ser testadas pelo método de hipótese acatando, nesses casos, elementos do consequencialismo pregado por Herschel.

O princípio da *vera causa*

Herschel e Whewell distinguiam causas hipotéticas de verdadeiras, e ambos defendiam a descoberta de *verae causae* (causas verdadeiras) como um objetivo das ciências.³⁴

³³ HULL, D. *Op. cit.* p. 24-5.

³⁴ Whewell foi muito influenciado por Kant, mas discordava deste, entre outras coisas, com respeito à causalidade. Para Whewell, um realista, existem *verae causae*, ou seja, a causalidade tem uma existência real, no mundo, não sendo somente uma categoria do pensamento, como em Kant. Por isso fazia uma distinção metodológica importante entre “induzir as causas” e “induzir as leis” dos fenômenos. Na sua concepção de causalidade, Whewell participa de uma tradição britânica que remonta a Locke, que via a causa como um “poder”. Nisso Whewell também divergia de Mill, um empirista/positivista para o qual não existem causas e as leis são generalizações feitas a partir dos fatos. Uma causa é, para Mill um fenômeno: ... Quando eu falo da causa de qualquer fenômeno, eu não entendo [por este termo] uma causa que não seja um fenômeno; eu não faço pesquisa em torno da causa última ou ontológica do que quer que seja (ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 372). Mill é, nesse sentido, tributário da crítica que Hume fizera da noção de causalidade. Para Whewell, entretanto – num espírito distinto ao de Hume – a causalidade não se reduz a uma sucessão invariável de eventos: além de existirem eventos, há leis da natureza e também causas. Mill, ao contrário, rejeitava a distinção entre “indução de causas” e “indução de leis” feita por Whewell.

Aqui também a atitude empirista de Herschel contrastava com a perspectiva racionalista de Whewell.

Herschel exigia que se tivesse evidência direta da causa, ou evidência direta de causas análogas, como condição para o estabelecimento de uma *vera causa*.³⁵

Whewell não exigia evidência empírica direta, nem tampouco analogias para estabelecer uma *vera causa*, mas sim, num espírito racionalista, a consiliência de induções proporcionada pela hipótese causal. Além disso, a hipótese deveria possibilitar predições novas e inesperadas.

Essa divergência metodológica entre os dois filósofos refletiu-se nas posições que assumiram a respeito de hipóteses causais propostas em geologia. Herschel era favorável ao uniformismo e Whewell ao catastrofismo.³⁶

O geólogo Lyell³⁷ – uma importante referência para Darwin, em particular pelo uniformismo (ou gradualismo) que pregava nas explicações em geologia – exemplifica a influência que o princípio metodológico da *vera causa* teve sobre os cientistas da época. Do ponto de vista do empirismo pregado por Herschel, Lyell percebia claramente o problema colocado pelo projeto de uma “história da Terra”: os processos geológicos ocorridos no passado remoto – e que seriam a causa da configuração atual da crosta terrestre – obviamente não podem ser objeto de observação direta para se elaborar uma tal “história”. Lyell argumentava, no mesmo espírito empirista de Herschel, que tudo o que os geólogos podem observar são:

a) as causas operando na atualidade e seus efeitos de curto prazo;

b) os efeitos, na atualidade, de causas que operaram no passado durante um longo espaço de tempo.

Ele pregava, então, com base nos princípios metodológicos herschelianos, que se deve:

(1) usar (b) para reconstruir a história;

(2) usar (a), e somente (a), para explicar a história reconstruída. Em particular, não se deve postular forças que não se percebem em operação na atualidade.

Portanto, de modo a atender ao princípio metodológico da *vera causa*, a solução encontrada por Lyell para o problema das explicações em geologia foi um misto de “atualismo” – elaborar explicações baseadas somente em causas vistas em operação atualmente – e de “gradualismo” – pressupor que as causas que atuaram no passado o fizeram com a mesma intensidade das que vemos atuando no presente.

O mesmo problema metodológico colocava-se para Darwin – já que sua teoria da evolução propunha o mesmo

³⁵ O princípio metodológico da *vera causa* possui uma história que remonta, pelo menos, a Newton. Nos *Principia*, na primeira das suas influentes “Regras de argumentação em filosofia”, ele pontificava que *não se hão de admitir mais causas das coisas naturais do que as que sejam verdadeiras e, ao mesmo tempo, bastem para explicar suas aparências* (NEWTON, I. *Mathematical principles of natural philosophy*. Encyclopaedia Britannica, The Great Books of the Western World, v. 34, 1952, p. 1-372. p. 270; tradução minha). Thomas Reid, um importante filósofo escocês do final do século XVIII, reformulou esse princípio nos termos que viriam a ser adotados, posteriormente, por Herschel e Whewell. O princípio da *vera causa*, como veremos, motivou o uniformismo que foi proposto por Lyell em geologia e adotado por Darwin em biologia evolutiva.

³⁶ Os termos *uniformismo* e *catastrofismo* foram cunhados por Whewell (RUSE, M. Darwin and the Philosophers. In: CREATH, R. & MAIENSCHIN, J. *Biology and Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. p. 3-26, p. 7).

³⁷ Lyell é o autor de *Princípios de Geologia*: uma tentativa de explicar as modificações prévias na superfície da terra por referência a causas agora em operação (3 v., 1830-33). É difícil superestimar a influência dessa obra sobre Darwin. Durante a viagem do Beagle (1831-6), Darwin levou consigo o volume 1 e encomendou os restantes à medida que foram publicados. Darwin recebeu o volume 2 em Montevideu, em 1832, e o volume 3 nas Falklands, em 1834.

tipo de explicação histórica do que se observa no presente (as espécies e sua distribuição geográfica) com base em causas não observáveis e que atuaram por longos intervalos de tempo num passado remoto. Sua solução para esse problema metodológico foi, como veremos, em muitos aspectos semelhante à adotada por Lyell.

As imagens de ciência de Darwin e de Huxley

Darwin tinha conhecimento das posições dos filósofos que lhe eram contemporâneos, particularmente as de Whewell, e isso teve uma influência importante no modo como desenvolveu sua teoria. Afetaram também as suas decisões a respeito de quando deveria publicá-la.

Ruse³⁸ percebe duas etapas do trabalho científico de Darwin que foram diretamente influenciadas pela filosofia da ciência.

Na primeira, Darwin, não se contentando em haver-se tornado um evolucionista, ou seja, em ter acatado o fato da evolução, passou a buscar uma explicação causal, um mecanismo que explicasse esse fato. Isso foi motivado por uma imagem de ciência que tomava as explicações causais da física newtoniana como um modelo de boa ciência:

*... Darwin sempre pensou que a seleção natural fosse o equivalente biológico da gravidade, a ser pensada como algum tipo de força, empurrando e direcionando o mundo orgânico como a gravitação newtoniana empurra e direciona o mundo inanimado.*³⁹

Essa imagem de ciência lhe foi, muito provavelmente, transmitida pela leitura dos trabalhos de Herschel e de Whewell.

Numa segunda etapa, Darwin buscou assimilar essa explicação causal dentro de uma teoria, articulada de modo o mais lógico possível, num estilo quase axiomático, no qual a seleção natural fosse a conclusão de um “longo argumento”.

Com respeito à doutrina da *vera causa*⁴⁰, com a qual Darwin se comprometeu, e que teve uma influência direta no seu trabalho, ele teria, segundo Ruse, admitido tanto a perspectiva empirista de Herschel quanto a racionalista de Whewell.

A influência de Herschel se fez sentir na importância que deu à analogia com a seleção artificial enquanto evidência empírica, a mais direta possível, do mecanismo de seleção natural, conferindo-lhe o status de *vera causa*.⁴¹ Darwin foi, entre os seus pares, o que mais conhecimento possuía do poder da seleção *artificial*, tanto em animais quanto em

³⁸ RUSE, M. *Op. cit.*

³⁹ RUSE, M. *Op. cit.* p. 11.

⁴⁰ A doutrina da *vera causa* era defendida, como vimos, pela maioria dos filósofos (Mill talvez seja uma exceção, por ser um anti-realista) e cientistas do século XIX. Asa Gray, por exemplo, ao lado de Lyell, aceitava a doutrina e criticou Darwin com base nela (HULL, D. *Op. cit.*, p. 45). Isso coloca em questão o falibilismo que, segundo Laudan (LAUDAN, L. Teorias do método científico de Platão a Mach. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Suplemento 1, p. 5-77, 1980 e LAUDAN, L. Why was the logic of discovery abandoned? In: NICKLES, T. (ed.). 1980, p. 173-83. Republicado, com mudanças, em LAUDAN, L. *Science and Hypothesis*. Dordrecht: Reidel, 1981), teria se afirmado em definitivo a partir daquele século.

⁴¹ Huxley, embora também influenciado pelo empirismo de Herschel, nunca esteve convencido do uso que Darwin fez dessa analogia e, na verdade, foi cético com respeito ao status da seleção natural. Huxley exigia alguma prova experimental direta da seleção natural como causa da especiação, mas nunca se esforçou nessa direção, embora alguns dos seus discípulos o tenham tentado. Suas divergências com Darwin não se limitavam a esse ponto, contudo (ver RUSE, M. *Op. cit.*, p. 23).

plantas, e usou-o como evidência empírica a favor do poder da seleção *natural*.

Em outros momentos – quando o apelo à analogia não lhe pareceu suficiente – Darwin apoiou-se em Whewell, em especial na exigência racionalista da consiliência de induções, frisando a unificação explicativa proporcionada por sua teoria como evidência cabal a favor da seleção natural como a *vera causa* da evolução.

No trecho de uma carta enviada a Bentham em maio de 1863, demonstra ter consciência da necessidade de justificar o seu mecanismo de seleção natural, e acata, para tanto, os preceitos metodológicos de ambos os filósofos:

*Em verdade, a crença na Seleção Natural deve, no presente, apoiar-se inteiramente em considerações gerais. (1) No fato de ser uma vera causa, a partir da luta pela existência; e da certeza no fato geológico de que as espécies, de algum modo, efetivamente mudam. (2) A partir da analogia da mudança sob domesticação através da seleção do homem. (3) E principalmente por essa visão conectar sob um ponto de vista inteligível um grande número de fatos.*⁴²

⁴² DARWIN, C. citado por RUSE, M. *Op. cit.* p. 16.

Darwin foi, portanto, sensível aos cânones pregados pelos filósofos da ciência com quem manteve contato.

A despeito disso, Whewell, bem como Mill, não aceitaram inteiramente a sua teoria. Em particular, não viam bases para afirmar que o mecanismo de seleção natural tivesse o status de *vera causa* e, portanto, permanecia uma hipótese não verificada, mesmo anos após Darwin tê-la proposto.

Embora Darwin não tenha desenvolvido uma genuína teoria do método, ele fez eco – em cartas e na sua *Autobiografia* – às imagens de ciência dominantes em sua época e às disputas entre os filósofos a respeito das credenciais metodológicas da sua teoria.

Darwin rejeitou claramente o indutivismo enumerativo de senso comum. Embora tenha usado a indução por eliminação, avaliou negativamente os seus resultados. Por outro lado, algumas declarações suas sugerem que ele não admitia, tampouco, um consequencialismo puro *à la* Herschel.

Também tinha consciência de que o mecanismo de seleção natural que propôs não atendia aos preceitos baconianos. Preocupou-o, desde cedo, que a seleção não pudesse ser estabelecida como *vera causa*. No início de 1838 reconhece, em um dos seus livros de notas, que a seleção é “a parte mais hipotética de minha teoria”⁴³. Em pleno trabalho com o manuscrito de *Seleção Natural*, ele escreve a Asa Gray:

⁴³ DARWIN, C. citado por CURTIS, R. *Are Methodologies Theories of Scientific Rationality?... Op. cit.* p. 145.

*É extremamente gentil de sua parte dizer que as minhas cartas não o aborreceram muito e isso é quase incrível para mim, pois estou bastante consciente de que as minhas especulações vão além dos limites da ciência verdadeira.*⁴⁴

⁴⁴ DARWIN, C. citado por DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 456.

Numa outra carta a Gray, datada de 29/11/1859, ainda manifesta um espírito indutivista, bem afinado com a imagem de ciência de senso comum e com o baconianismo dos filósofos da sua época:

*Aquilo que você sugere é muito, muito verdadeiro: que o meu trabalho é lamentavelmente hipotético e que extensas partes [dele] de modo algum podem ser chamadas de indução, o meu erro mais comum sendo provavelmente [a] indução a partir de muito poucos fatos.*⁴⁵

⁴⁵ DARWIN, C. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 376-7; conforme DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 445.

Em 1859, portanto depois da apresentação do seu artigo conjuntamente com o de Wallace na Linnean Society, ele escreve para Huxley, considerando a sua analogia com a seleção artificial como um “trapo [rag] de hipótese com tantos erros e furos quanto partes aceitáveis [sound]...”⁴⁶.

⁴⁶ DARWIN, C. citado por DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 475.

Em torno de 1860, Darwin dá mostras explícitas de que passara a rejeitar a exigência de Herschel e Whewell de que a seleção natural, para ser uma *vera causa*, fosse provada diretamente a partir dos fatos, ao estilo baconiano. Há evidências de que, muito antes disso, ele já se havia libertado dos ranços baconianos e que, na sua carta a Gray que acabo de citar, o indutivismo aí expresso é somente tático.⁴⁷ As declarações de Darwin a favor da hipótese de uma seleção ocorrendo em condições naturais lançam mão, a partir dessa época, da noção de consiliência, articulada por Whewell.

⁴⁷ Esta é uma avaliação do historiador Ellegård (ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 376), com a qual concordo.

Em 1860, Darwin enfatizou a importância das hipóteses para motivar e orientar a pesquisa empírica: “Eu tenho uma velha crença de que um bom observador realmente significa um bom teórico”⁴⁸. Em carta a Hooker (que era um entusiasta da filosofia da ciência de Mill), datada de 14/02/1860, já demonstra uma atitude mais favorável ao uso de hipóteses. Sem mencionar Whewell explicitamente, ele acredita que a consiliência (sem usar, contudo, esse termo) pode justificá-las de forma cabal:

⁴⁸ DARWIN, C. citado por CURTIS, R. *Are Methodologies Theories of Scientific Rationality?...* *Op. cit.* p. 153, nota 1. DESMOND, A & MOORE, J. *Op. cit.* p. 463.

*Eu sempre percebi a doutrina da Seleção Natural como uma hipótese que, se explica muitas e extensas classes de fatos, deveria ser avaliada como uma teoria merecedora de aceitação; e essa, obviamente, é a minha própria opinião.*⁴⁹

⁴⁹ DARWIN, C. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 377.

Na correspondência de 23/04/1861, sobre a resenha que Hutton fizera de *A Origem das Espécies*, o autor reforça a tese metodológica de que uma hipótese, mesmo não sendo provada diretamente a partir dos fatos, pode ser ava-

liada positivamente na medida da sua capacidade para explicar uma ampla gama de fenômenos, incluindo aqueles que não a motivaram inicialmente⁵⁰:

⁵⁰ Esta última, como vimos, é uma das exigências de Herschel para a aceitação de uma hipótese como verdadeira.

⁵¹ DARWIN, C. citado por HULL, D. *Op. cit.* p. 13.

⁵² Darwin não chegou a uma teoria aceitável a respeito de como se dá a transmissão de características de um indivíduo para os seus descendentes, e não teve conhecimento dos trabalhos de Mendel, redescobertos muito tempo depois de publicados, e que deram origem à genética contemporânea, por sua vez possibilitando a teoria sintética da evolução.

⁵³ DARWIN, C. citado por HULL, D. *Op. cit.* p. 13.

⁵⁴ DARWIN, C. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 376.

⁵⁵ DARWIN, C. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 377.

À época de Darwin duas hipóteses a respeito da natureza da luz competiam: a corpuscular e a ondulatória. Esta última foi revigorada por Young e, sobretudo, no início do século XIX por Fresnel, que articulou uma teoria matemática que teve grande impacto. Somente em meados do século os experimentos “cruciais” de Fizeau e Foucault permitiram decidir cabalmente a favor da teoria ondulatória. Para detalhes a respeito dessa história, ver Abrantes (ABRANTES, P. *Imagens de natureza... Op. cit.*), especialmente o capítulo 6.

*Ele [Hutton] é um dos poucos que percebem que a mudança das espécies não pode ser diretamente provada, que a doutrina deve afundar ou flutuar na medida em que agrupa e explica os fenômenos. É realmente curioso quão poucos julgam a teoria dessa maneira, que é claramente a correta.*⁵¹

Numa referência à sua hipótese da pangênese⁵² – também muito criticada – ele argumenta na sua *Autobiografia* a favor da mesma, servindo-se claramente da regra de consistência:

*Ao final do meu trabalho faço a minha hipótese da pangênese, que foi muito deturpada. Uma hipótese não verificada é de pouco ou nenhum valor. Mas se, a partir daí, qualquer um for levado a fazer observações pelas quais algumas de tais hipóteses possam ser estabelecidas, eu terei dado uma contribuição, na medida em que um número surpreendente de fatos isolados possam ser assim conectados e tornados inteligíveis.*⁵³

Em carta a Henry Faucett, datada de 18/09/1861, volta a criticar o indutivismo ingênuo:

*...Como é estranho [odd] que ninguém veja que toda observação deve ser a favor ou contra alguma visão para que seja de qualquer valia!*⁵⁴

Escrevendo a Hutton, no mesmo ano (1861), ele defende uma vez mais que a capacidade de uma hipótese agrupar um grande número de fenômenos deve ser vista como evidência a seu favor, mesmo que não seja “direta”, como desejariam os indutivistas mais radicais:

*Eu estou de fato cansado de dizer às pessoas que não pretendo aduzir evidência direta de uma espécie mudando numa outra [changing into another], mas acredito ser essa visão fundamentalmente correta já que tantos fenômenos podem ser, assim, agrupados e explicados... Eu, em geral, jogo na cara deles [throw in their teeth] a teoria, universalmente aceita, das ondulações da luz ... admitida porque [essa] visão explica tanto.*⁵⁵

Em 1868, Darwin assim explicita a sua imagem de ciência, tratando das evidências a favor do princípio da seleção natural:

Nas investigações científicas é permitido inventar quaisquer hipóteses, e se ela explica várias e amplas classes independentes de fatos, eleva-se ao patamar de uma teoria bem fundamentada. As ondulações do éter e mesmo a sua existência são

*hipotéticos, mesmo assim todo mundo hoje aceita a teoria ondulatória da luz. O princípio da seleção natural pode ser visto como uma mera hipótese, mas torna-se provável em algum grau pelo que nós positivamente conhecemos da variabilidade dos seres orgânicos num estado de natureza – pelo que nós positivamente conhecemos da luta pela sobrevivência, e da consequência quase inevitável da preservação das variações favoráveis –, e da formação analógica das raças domésticas. Agora essa hipótese pode ser testada – e isso parece a mim ser a única maneira justa e legítima de considerar toda essa questão –, tentando ver se ela explica muitas e amplas classes independentes de fatos, tais como: a sucessão geológica dos seres orgânicos; sua distribuição no passado e no presente; suas afinidades e homologias mútuas. Se o princípio da seleção natural explica efetivamente tais e outros amplos corpos de fatos, ela deve ser acolhida.*⁵⁶

⁵⁶ DARWIN, C. citado por RUSE, M. *Op. cit.* p. 17; conforme CURTIS, R. *Are Methodologies Theories of Scientific Rationality?... Op. cit.* p. 157. Este trecho é extraído do livro *The Variation of Animals and Plants under domestication*, publicado em 1868.

⁵⁷ HULL, D. *Op. cit.* p. 44.

Já em 1860, em resposta a A. Gray, Darwin havia recusado a distinção que aquele propusera entre “hipótese” e “teoria” com o mesmo exemplo da então aceita *teoria* ondulatória da luz, embora admitisse um hipotético meio etéreo.⁵⁷

T. H. Huxley (1825-1895), o incansável defensor da teoria da evolução – o que lhe valeu o apelido de “bulldog” de Darwin – foi claramente influenciado pelo empirismo sofisticado de Mill e, como vimos, trocou cartas com Darwin a respeito de questões filosóficas. Em várias oportunidades, ele se posiciona a respeito da controvérsia metodológica suscitada por essa teoria. Algumas passagens de suas *Lectures and Essays* merecem ser citadas na íntegra:

Eu garanto [I protest] que, dentre o grande número de chavões [cants] nesse mundo, não há nenhum, ao meu conhecimento, mais deplorável [contemptible] do que o chavão pseudo-científico conhecido como a “filosofia baconiana”.

*Críticos treinados exclusivamente nos clássicos e na matemática, que nunca em suas vidas determinaram um fato científico por indução a partir do experimento ou observação, tagarelam doutamente sobre o método do Sr. Darwin, que não seria para eles suficientemente indutivo, suficientemente baconiano em verdade [forsooth]. Mas mesmo que uma familiaridade prática com o processo de investigação científica lhes seja negada, eles podem aprender, percorrendo [perusal] o capítulo admirável de Mill “Sobre o método dedutivo”, que existem muitas investigações científicas nas quais o método de indução pura ajuda muito pouco o investigador.*⁵⁸

⁵⁸ HUXLEY, T. H. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 377.

A despeito de sua admiração por Mill, Huxley defende claramente o “método de hipótese” e uma postura consequencialista a respeito da justificação em seu livro sobre o filósofo Hume:

*Toda ciência começa com hipóteses – em outras palavras, com pressupostos que não são provados, embora estes possam ser, e freqüentemente sejam, errôneos; mas que são melhor do que nada para aquele que procura ordem no labirinto de fenômenos. O progresso histórico de toda Ciência depende da crítica de hipóteses... até que reste somente a expressão verbal exata de tanto quanto nós conhecemos do fato e não mais, o que constitui uma teoria científica perfeita.*⁵⁹

⁵⁹ HUXLEY, T. H. citado por ELLEGÅRD, A. *Op. cit.* p. 377-8.

Ciência, imagens de ciência e filosofia da ciência

O filósofo contemporâneo D. Hull faz, entretanto, uma avaliação negativa do papel desempenhado pelos filósofos da ciência na recepção da teoria de Darwin:

*Dado tudo o que foi dito (...) relativamente às filosofias da ciência elaboradas por Herschel, Whewell e Mill, não é surpreendente que a teoria de Darwin tenha sido considerada deficiente. Nenhuma teoria científica poderia esperar atender aos padrões não realistas que aqueles homens propuseram.*⁶⁰

⁶⁰ HULL, D. *Op. cit.* p. 28-9.

A filosofia pode mesmo atrapalhar, sobretudo quando pretende ter ascendência sobre a ciência e ditar normas inflexíveis para a prática científica. A história das ciências mostra que, freqüentemente, são os filósofos que têm que rever suas posições metodológicas, aprendendo com as normas implícitas na prática científica e com os valores dos cientistas. No caso Darwin, a teoria da evolução, em especial pelo seu caráter estatístico e histórico, exigia e ainda exige uma revisão dos padrões de racionalidade vigentes:

*Os dois meios de verificação reconhecidos à época de Darwin foram a subsunção dedutiva de uma lei geral sob uma lei mais geral, e a dedução de conseqüências observacionais específicas da lei. Os princípios básicos de Darwin estavam relacionados inferencialmente, mas não em uma hierarquia dedutiva estrita. A teoria evolutiva era de natureza basicamente estatística. As inferências relevantes eram indutivas.*⁶¹

⁶¹ HULL, D. *Op. cit.* p. 32-3.

⁶² LAKATOS, I. Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: LAKATOS, I. *The methodology of scientific research programmes*. Philosophical Papers, v. 1. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1978. p. 8-101.
LAKATOS, I. History of Science and its rational reconstructions. In: LAKATOS, I. *The methodology of scientific research programmes*. Philosophical Papers, v. 1. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1978. p. 102-138.

Peirce teria sido um dos primeiros filósofos a reconhecer isso, embora Maxwell, com a sua teoria cinética de gases, já tivesse imprimido, no seio mesmo da física, uma nova imagem, estatística, de ciência, deixando para trás o modelo da mecânica newtoniana, que foi dominante durante dois séculos.

Talvez o caso Darwin ilustre a posição de Lakatos,⁶² de que a filosofia da ciência está, em geral, defasada com respeito aos padrões de racionalidade “intuitivos”, “pré-analíticos” dos cientistas.

Paulo Cesar Coelho Abrantes é graduado em Física, doutor em Filosofia e professor do Departamento de Filosofia e do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.
abrantes@unb.br

DARWIN, WALLACE, FISHER, HAMILTON E O CONCEITO DE SELEÇÃO SEXUAL

Carlos Roberto Fonseca

Se machos e fêmeas da mesma espécie vivem no mesmo habitat, alimentam-se dos mesmos itens e enfrentam as mesmas intempéries, como a seleção natural explicaria diferenças comportamentais e morfológicas observadas em indivíduos de sexos opostos? Se tende a eliminar características prejudiciais e a promover características favoráveis à sobrevivência dos indivíduos, como pode ter permitido a evolução de estruturas aparentemente deletérias, tais que as exorbitantes caudas dos pavões? Como justificar que veados machos possuam grandes galhadas, e as fêmeas não, se os dois gêneros são ameaçados pelos mesmos predadores? O conceito proposto por Charles Robert Darwin (1809-1882) para explicar a diferença entre os sexos sofreu resistência no meio científico, conforme demonstra o conflito entre suas idéias e as de Alfred Russel Wallace (1823-1913). Apesar de ter deixado a cena na primeira metade do século XX, sob críticas de nomes influentes como os de Thomas H. Morgan (1866-1945), Julian S. Huxley (1887-1975) e David L. Lack (1910-1973), a questão ressurgiu na segunda metade do século, a partir das contribuições de R. A. Fischer (1890-1962), John Maynard-Smith (1920-2004) e William D. Hamilton (1936-2000). Atualmente, o conceito de seleção sexual figura entre os mais discutidos em ecologia comportamental, alimentando-se de novos modelos teóricos, métodos comparativos e abordagem experimental.

¹ DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Londres: John Murray, 1859. 500 p. [reprinted by Penguin Classics, 1985].

² ROSE, Michael. *O espectro de Darwin. A teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999. 268 p.

*A Origem das Espécies*¹, publicado em 1959, é certamente um dos livros científicos mais influentes já escritos. As idéias ali expressas não só tiveram impacto profundo na biologia, mas reverberaram intensamente nos paradigmas de diversas áreas do conhecimento como a psicologia, sociologia, antropologia, agricultura, medicina, filosofia e teologia.² A obra magna de Charles Darwin impressiona pela solidez e amplitude dos argumentos em favor da evolução, incluindo dados anatômicos, morfológicos, embriológicos, ecológicos, comportamentais, biogeográficos e geológicos.

O conceito de seleção natural, apesar de ter sido apresentado à Linnean Society de Londres no dia 1º de julho de 1858 numa breve comunicação de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace (1823-1913), foi consagrado no ano seguinte, com a publicação de *A Origem das Espécies*. Nessa obra, Darwin constrói e fundamenta cuidadosamente os argumentos que o levaram a concluir que a seleção natural é o principal mecanismo responsável pela evolução da diversidade biológica.

No quarto capítulo de *A Origem das Espécies*, o autor define o conceito de seleção natural como “a preservação de variações favoráveis e a rejeição de variações deletérias”. Segundo Darwin,

*Pode ser dito que a seleção natural está escrutinando, a todo dia e a toda hora, pelo mundo todo, toda variação, mesmo a mais sutil; rejeitando as más, preservando e favorecendo todas as boas; trabalhando silenciosamente e incansavelmente, onde e quando a oportunidade se oferece, na melhoria de cada ser vivo em sua relação às condições orgânicas e inorgânicas da vida.*³

³ DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection... Op. cit.* Todas as traduções deste artigo foram feitas pelo autor.

A simplicidade do processo de seleção natural contrasta fortemente com a força da aplicabilidade do conceito e com a complexidade orgânica por ela gerada.

Ao longo de sua obra, Darwin não só foi capaz de apresentar de maneira sólida e eloqüente uma das teorias científicas mais gerais já propostas, mas ainda foi capaz de expor visceralmente as falhas e dúvidas que poderiam servir de argumento contra a aprovação e generalidade dos conceitos ali apresentados. No seu sexto capítulo, por exemplo, denominado *dificuldades da teoria*, ele fala de sua dificuldade em explicar a evolução da socialidade. Por que as operárias de formigas se ajudam, abrem mão da sua própria reprodução e por vezes de sua vida na defesa dos outros indivíduos da colônia? A seleção natural, afinal, não premiará indivíduos interessados apenas na sua própria sobrevivência e reprodução? Como a seleção natural poderia

explicar a evolução destes comportamentos? A solução do enigma veio um século depois com o conceito de aptidão inclusiva, introduzido pelo evolucionista William Donald Hamilton (1936-2000). A aptidão de um indivíduo, segundo Hamilton⁴, deve levar em consideração não somente os genes passados para a próxima geração a partir de seus filhos, mas também a partir de seus parentes próximos. Assim, segundo a nova matemática da seleção natural, atos altruístas podem evoluir se os custos diretos forem menores do que os benefícios indiretos advindos destes atos. Tal solução foi amplamente divulgada por Richard Dawkins em seu best-seller *O Gene Egoísta*⁵.

Uma outra dificuldade teórica encontrada por Darwin foi a de como explicar as muitas diferenças observadas entre os sexos. Por que os veados machos apresentam incríveis galhadas que parecem armas mortais enquanto as fêmeas, que vivem no mesmo ambiente e são ameaçadas pelos mesmos predadores, são desprovidas de tais estruturas? Por que os pavões machos, por exemplo, carregam plumas enormes e magnificamente decoradas, expondo-se perigosamente aos implacáveis predadores, enquanto que as fêmeas apresentam uma plumagem discreta? Como a seleção natural, um processo ortodoxo capaz de perceber e eliminar as mais sutis variações deletérias, pode permitir a existência de estruturas aparentemente tão deletérias à sobrevivência dos indivíduos?

O conceito de seleção sexual

Para lidar com essa questão, Darwin apresentou em pouco mais de duas páginas do quarto capítulo de *A Origem das Espécies*, um outro mecanismo evolutivo denominado *seleção sexual*. Ao contrário do problema da origem da socialidade, ao qual Darwin apresentava apenas respostas incipientes, a explicação para as diferenças sexuais estava bem desenvolvida naquele momento e, acredito, foram apresentadas resumidamente na obra apenas como maneira de garantir a prioridade sobre a idéia. O sólido corpo de conhecimento a respeito da seleção sexual, que freqüentemente acompanha toda proposta conceitual de Darwin, viria a ser apresentado ao público somente em 1871 com a publicação de *A Origem do Homem e a Seleção em Relação ao Sexo*⁶.

O conceito de seleção sexual inserido em *A Origem das Espécies* englobava dois mecanismos evolutivos reconhecidos até hoje: a competição entre machos e a escolha da fêmea. Darwin diz que

⁴ HAMILTON, William D. The genetical evolution of social behaviour. *Journal of Theoretical Biology*, Londres, v. 7, n. 1, p. 1-16, 1964.

HAMILTON, William D. The genetical evolution of social behaviour. *Journal of Theoretical Biology*, Londres, v. 7, n. 1, p. 17-52, 1964.

⁵ DAWKINS, Richard. *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press, 1976. 352 p.

⁶ DARWIN, Charles. *The descent of man, and selection in relation to sex*. Londres: John Murray, 1871. 2 vols., 475 p. [reprinted by Princeton University Press, 1981].

*Esta forma de seleção não depende de uma luta pela existência em relação a outro ser orgânico ou de condições externas, mas de uma luta entre indivíduos do mesmo sexo, geralmente os machos, para a posseção do outro sexo. O resultado não é a morte do competidor derrotado, mas poucos ou nenhum descendente.*⁷

⁷ DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection...* Op. cit.

A seleção sexual, ao garantir sucesso reprodutivo para machos vitoriosos em combates diretos com outros machos, seria a responsável direta pela coragem superior dos machos, pelos chifres desenvolvidos dos veados machos, pelos esporões proeminentes dos galos, e por uma série de outras características que variam entre os sexos. Segundo Darwin, qualquer criador de galo de briga sabe a importância de ser criterioso na escolha dos galos que vão ser utilizados como reprodutores na produção da próxima geração de galos de briga.

Ao estudar o comportamento das aves do paraíso, e de outras espécies de aves, Darwin notou que os machos freqüentemente se congregam em uma arena e sucessivamente executam uma dança exótica que lhes permite exibir as suas magníficas plumagens. As fêmeas que assistem a toda a exibição como simples espectadoras, ao final, escolhem os machos mais atraentes como parceiros reprodutivos. Segundo Darwin,

*... se um homem consegue, em pouco tempo, conferir beleza e um porte elegante a galinhas garnizés, de acordo com os seus padrões de beleza, não vejo nenhum motivo para duvidar de que as fêmeas dos pássaros, ao selecionar, durante milhares de gerações, os machos de cantos mais melodiosos e os mais belos, seguindo seus próprios padrões de beleza, possam produzir efeitos marcantes.*⁸

⁸ DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection...* Op. cit.

Seleção sexual no homem e nos outros animais

A teoria da seleção sexual foi propriamente apresentada à comunidade científica em 1871 em *A Origem do Homem e a Seleção em Relação ao Sexo*⁹. Contudo, o maior objetivo de Darwin ao escrever esta obra foi demonstrar que o homem, com toda a sua complexidade morfológica e capacidade intelectual, é produto dos mesmos processos que governavam a evolução dos demais seres vivos.

⁹ DARWIN, Charles. *The descent of man, and selection in relation to sex.* Op. cit.

Muitos dos argumentos apresentados por Darwin para chegar a essa conclusão bombástica para a sociedade ocidental do século XIX vinham direto do arcabouço teórico montado em *A Origem das Espécies*, principalmente aquele relacionado ao conceito de seleção natural. Na primeira parte do livro, denominada *A Origem do Homem*,

Darwin expõe uma série de evidências morfológicas, anatômicas e fisiológicas que corroboram a hipótese de que o homem, os macacos e os outros animais inferiores têm descendentes comuns. Além disso, o autor apresenta evidências no mundo animal para sugerir que a distância intelectual entre o homem e os animais inferiores é menor do que se supunha.

Diversos aspectos morfológicos e comportamentais humanos, no entanto, não podiam ser facilmente explicados pela seleção natural. Por que homens e mulheres são morfológica e comportamentalmente diferentes? Como surgiram as diferenças entre raças humanas? Segundo Darwin, as respostas a tais perguntas não seriam encontradas através do conceito de seleção natural, mas através dos processos relacionados à seleção sexual.

Na segunda parte de *A Origem do Homem*, denominada *Seleção Sexual*, Darwin desenvolve o conceito de seleção sexual e apresenta uma revisão sólida sobre a evolução de caracteres sexuais secundários em grupos animais tão diversos quanto os anelídeos, moluscos, crustáceos, insetos, peixes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos e o homem. Discute-se que a seleção sexual teria sido responsável, por exemplo, pelo dimorfismo das quelíceras dos caranguejos, pelo canto das cigarras, pela estridulação dos gafanhotos, pelos chifres dos besouros, pela coloração dos peixes de briga, pelas cristas das salamandras, pela vocalização dos sapos, pelos combates entre cervídeos, pela dança das aves-do-paraíso e, claro, pela cauda magnífica dos pavões.¹⁰

Em sua revisão, Darwin argumenta que a seleção sexual é mais comum em animais superiores porque:

Nos animais que pertencem às classes inferiores não raramente os dois sexos estão unidos no mesmo indivíduo e por isso os caracteres sexuais secundários não podem desenvolver-se. Em muitos casos em que os sexos estão separados, ambos estão permanentemente apegados a algum suporte e um não pode procurar ou lutar pelo outro. Ademais, é quase certo que estes animais possuem sentidos muito imperfeitos e faculdades mentais muito baixas para apreciar a beleza recíproca ou outros atrativos ou então para experimentar rivalidade.¹¹

O interessante é que esses mesmos argumentos se aplicam às plantas superiores que freqüentemente possuem os órgãos masculinos e femininos na mesma flor, são organismos sésseis e apresentam baixa “capacidade mental”. Isso talvez explique porque Darwin, em sua extensa revisão sobre seleção sexual, tenha consagrado apenas uma tímida

¹⁰ DARWIN, Charles. *The descent of man, and selection in relation to sex*. Op. cit.

¹¹ DARWIN, Charles. *The descent of man, and selection in relation to sex*. Op. cit.

nota de pé de página sobre seleção sexual em plantas. Atualmente, no entanto, acredita-se que a competição entre machos e a escolha da fêmea são importantes mecanismos na evolução das angiospermas.¹²

Ao fim da sua obra, Darwin desafia os pensamentos e as crenças da sua sociedade com a seguinte afirmação:

*Quem não se contenta em olhar, como fazem os selvagens, os fenômenos da natureza com um espírito desligado, já não pode mais pensar que o homem seja um ato separado da criação.*¹³

Resistências ao conceito de seleção sexual

A teoria da seleção sexual tal qual proposta por Darwin sofreu uma resistência gradual de parte da comunidade científica a ponto de terminar negligenciada por aproximadamente cem anos. Diversos tipos de argumentos científicos e não científicos foram elaborados contra a idéia de seleção sexual. Um primeiro argumento, forte entre os não-evolucionistas, foi que a incrível variação de cores e melodias exibidas pelos pássaros e outros animais tinha sido produzida pelo Criador para o simples deleite dos sentidos humanos. Como este mesmo tipo de objeção também se aplica à seleção natural, o argumento parece não ter abalado muito a “fé” de Darwin na seleção sexual.

Um dos primeiros e mais importantes adversários de Darwin na esfera científica, no entanto, foi nada mais nada menos do que Alfred Russell Wallace (1823-1913). Inicialmente, Wallace¹⁴ aceitou algumas das idéias de Darwin sobre seleção sexual, mas após a publicação de *A Origem do Homem*, em 1871, ele passou a questionar inexoravelmente o conceito. Durante alguns anos, seja por meio de livros e artigos, seja por meio de uma rica correspondência, Darwin e Wallace digladiaram-se no campo da seleção sexual. Argumentos prós e contras eram expostos fazendo com que os adversários ora avançassem ora recuassem em suas posições. De certa forma este combate intelectual levou a teoria de seleção sexual a um alto grau de sofisticação que permeia o campo até hoje. Com a morte de Darwin, as críticas cada vez mais sagazes de Wallace deixaram de ser respondidas e a força da seleção sexual se esvaiu. A disputa foi detalhadamente revisada por Helena Cronin.¹⁵

Inicialmente, a principal resistência de Wallace à seleção sexual vinha do fato de ele mesmo ter desenvolvido, de modo independente em relação a Darwin, um arcabouço teórico a respeito da coloração no mundo animal e vegetal

¹² WILLSON, Mary F. Sexual selection in plants. *American Naturalist*, Chicago, v. 113, n. 6, p. 777-790, 1979.

¹³ DARWIN, Charles. *The descent of man, and selection in relation to sex*. *Op. cit.*

¹⁴ WALLACE, Alfred Russel. *Darwinism*. Londres: Macmillan, 1889. 494 p.
WALLACE, Alfred Russel. Note on sexual selection. *Natural Science*, v. 1, n. 10, p. 749-750, 1892.

¹⁵ CRONIN, Helena. *The ant and the peacock*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 504 p.

baseado exclusivamente no princípio da seleção natural. Segundo Wallace, a coloração dos organismos podia ser explicada por dois grandes processos, proteção e reconhecimento. Na categoria de proteção, Wallace agrupava tanto organismos crípticos, que possuem uma coloração similar ao do habitat ou substrato preferencial para escapar dos predadores, quanto organismos conspícuos, que usam as suas cores para advertir os predadores da presença de substâncias venenosas em seus corpos. Na categoria reconhecimento, Wallace incluía principalmente as cores e desenhos singulares de cada espécie que lhes permitem reconhecer coespecíficos. Além disso, no caso das flores, as cores típicas de cada espécie seriam endereçadas aos insetos, aves e mamíferos responsáveis pela transferência de polens entre plantas coespecíficas. Assim sendo, o vasto e detalhado levantamento de Darwin quanto a diferenças de cor entre os sexos no mundo orgânico foi considerado por Wallace como um grande desafio à sua teoria geral de coloração.

O primeiro desafio de Wallace foi explicar porque fêmeas e machos da mesma espécie apresentam padrões de coloração diferentes. Segundo Darwin, ao longo da evolução das espécies, os machos se tornaram mais coloridos devido ao processo de seleção sexual. Segundo Wallace, o problema estava sendo formulado às avessas. A questão correta seria: por que as fêmeas, ao longo da evolução, se haviam tornado menos coloridas do que os machos? Segundo Wallace, apesar de durante a maior parte da vida dos pássaros, machos e fêmeas viverem no mesmo lugar e se alimentarem da mesma forma, por ocasião da época reprodutiva as fêmeas precisam cuidar do ninho e de seus ovos, ficando expostas a predadores visualmente orientados. Então, pequenas diferenças em coloração teriam sido selecionadas de forma a conferir às fêmeas maior proteção, assegurando-lhes assim a sobrevivência.

Ao estudar uma série de exceções à regra do dimorfismo sexual entre os sexos em aves, Wallace descobriu mais argumentos a favor da sua interpretação protecionista. Em espécies em que ambos os sexos apresentam cores fortes e brilhantes, verificou-se que as fêmeas nidificam em buracos no solo, em buracos nos troncos das árvores ou em ninhos completamente cobertos de forma a esconder a presença de seus habitantes. Nessas espécies, as fêmeas não apresentam colorações discretas porque possuem outros mecanismos para esconder a sua presença durante a época reprodutiva. Em algumas espécies nas quais as fêmeas são mais ricamente coloridas do que os machos, Wallace descobriu que tam-

bém havia inversão sexual quanto ao papel do cuidado parental. Em tais casos, os machos estavam se expondo mais aos predadores do que as fêmeas e necessitavam de mais proteção. Finalmente, nos raros casos em que a incubação dos ovos não exige cuidado parental, não há dimorfismo sexual de coloração. Assim, o ultra-darwinista Wallace rejeita o papel da seleção sexual a favor de explicações que exigem simplesmente a ação da seleção natural.

Apesar de os argumentos acima serem bem convincentes para explicar os tons pastéis, os cinzas e os desbotados típicos das camuflagens, Darwin não ficou convencido de que a explicação de Wallace ajudava a explicar como surgiram e são mantidas por seleção natural as cores fortes e brilhantes típicas dos machos. Colorações aberrantes e diferenciadas, segundo Wallace, poderiam surgir para o reconhecimento de coespecíficos, de forma a evitar cruzamentos inférteis. No entanto, o dimorfismo sexual desafiava exatamente tal explicação. Além disso, Darwin fez notar que as cores brilhantes muitas vezes vinham acompanhadas de cortejos elaborados, cantos complexos e demonstrações de vigor evidentes, e que qualquer modelo evolutivo tinha de ser capaz de explicar todo este conjunto.

Alguns anos após o falecimento de Darwin, em 1882, Wallace propôs a sua teoria fisiológica da coloração conspícua. Segundo essa teoria, *as cores podem ser olhadas como o resultado necessário da constituição química altamente complexa dos fluidos e tecidos animais*. Como os órgãos têm constituições diferentes e estão freqüentemente mudando, a norma deveria ser um mundo orgânico essencialmente multicolorido. O sangue, a bile, os ossos e a gordura, por exemplo, têm cores brilhantes e características que não servem a causa alguma, já que esses tecidos estão escondidos dentro do corpo. A seleção natural apresentaria uma ação constante no sentido de coibir, quando necessário, a profusão natural de cores. Wallace argumenta ainda que a coloração está diretamente relacionada ao vigor. Assim sendo, segundo a teoria fisiológica da coloração, as cores aberrantes dos machos são subprodutos fortuitos das características estruturais e químicas de organismos vigorosos, enquanto as cores discretas das fêmeas refletem a atuação constante da seleção natural na eliminação de cores que podem ser deletérias à sobrevivência dos seus portadores.

O que mais surpreende na teoria proposta por Wallace é o seu caráter não-adaptacionista. Durante toda a sua vida Wallace procurou explicações darwinianas a todas as adaptações dos seres vivos. Parte da sua resistência à

aceitação da seleção sexual foi baseada inclusive na sua crença absoluta no poder da seleção natural como gerador da diversidade biológica. Nesse caso, apesar de lógica, esta explicação não-adaptacionista de Wallace sobre as cores de algumas estruturas soa como uma solução *ad hoc* necessária para manter íntegra a sua teoria geral da coloração frente às dificuldades enfrentadas pelas características sexuais secundárias.

Machos certamente competem, mas fêmeas podem escolher?

Os dois mecanismos propostos por Darwin para o funcionamento da seleção sexual, competição entre machos e escolha da fêmea, enfrentaram resistências bastante distintas para conseguirem se estabelecer no cenário científico do século XIX. A noção de que machos estão continuamente à procura de parceiras reprodutivas, e de que alguns machos apresentam uma performance reprodutiva extraordinária enquanto muitos acabam a vida sem deixar descendentes, era senso comum entre os naturalistas e entre o público leigo. Que conflitos amorosos muitas vezes se resolviam através de duelos, por vezes sangrentos, entre machos, também era uma idéia bastante divulgada na sociedade inglesa da época.

A competição entre machos por acesso a parceiras reprodutivas, segundo Darwin, teria sido responsável pela evolução de garras afiadas, chifres resistentes, força e coragem excessivas. Este corolário da teoria, apesar de perfeitamente lógico, recebeu suporte parcial. Como reconhecidamente as qualidades referentes aos machos também são importantes na captura de presas, no enfrentamento de competidores e no escape a predadores, tais características poderiam perfeitamente ter surgido por seleção natural e estar sendo úteis apenas no confronto sexual. Ou, na melhor das hipóteses, os dois tipos de seleção poderiam até ser complementares. De um jeito ou de outro, o conceito de competição entre machos não apresentava grande conflito com as idéias vigentes na ciência e na sociedade de Darwin e, sem grande resistência, incorporou-se ao paradigma vigente.

Em compensação, não foi recebida com grande entusiasmo pela sociedade conservadora da Inglaterra a idéia de que as fêmeas exercem papel primordial na escolha de seus parceiros reprodutores, e de que tal processo pode ser responsável pela evolução de características tão díspares como

os cantos melodiosos dos pássaros, as penas dos pavões, danças elaboradas e rituais exóticos de acasalamento.

Em termos teóricos, Wallace elaborou uma série de restrições ao funcionamento do mecanismo de escolha da fêmea. Em primeiro lugar, para a seleção sexual funcionar via escolha da fêmea, os organismos teriam de possuir um senso estético elaborado que dificilmente animais seriam capazes de apresentar. Além disso, mesmo que as fêmeas possuíssem essa capacidade estética, talvez não a estivessem usando na escolha dos parceiros, preferindo aqueles que apresentassem boas características associadas à luta pela sobrevivência. Por que escolher um pavão maravilhosamente ornamentado, ao invés de um macho ágil, se logo em seguida ele será comido pelos predadores? E o que é pior, se a ornamentação é hereditária, a carga negativa seria transmitida para os descendentes! Ademais, complementa Wallace, para que cantos e ornamentos complexos sejam produzidos por escolha da fêmea, as suas preferências estéticas teriam de ser exercidas de modo direcional e contínuo por muitas e muitas gerações. Se as preferências estéticas variam de indivíduo para indivíduo, ou entre áreas diferentes ou mudam com o tempo, qualquer estrutura construída por seleção sexual teria uma existência efêmera.

Ao contrário do sucesso que Darwin obteve em propagar o conceito de seleção natural entre seus contemporâneos, no final da vida teve que recuar em algumas de suas posições referentes ao elaborado e complexo conceito de seleção sexual, que por não ser preferido pela comunidade científica ou por ter sido seriamente afetado pelo confronto direto com Wallace, acabou caindo em descrédito até a segunda metade do século XX.

Fisher chega para resgatar Darwin

No início do século XX existiam basicamente duas hipóteses, de certa forma incompletas, para explicar em que bases as fêmeas escolhem seus parceiros reprodutivos. Segundo Helena Cronin¹⁶, a primeira pode ser denominada *hipótese do bom gosto*, que sintetiza o ponto de vista de Darwin em relação à escolha de parceiros baseada em critérios puramente estéticos. Essa hipótese, apesar de justificar adaptativamente como caracteres sexuais secundários podem evoluir, tinha dificuldades em explicar porque as fêmeas estavam escolhendo características no mínimo desinteressantes do ponto de vista da sobrevivência dos indivíduos. A segunda hipótese, denominada de hipótese do

¹⁶ CRONIN, Helena. *Op. cit.*

bom senso, foi oferecida pelo próprio Wallace durante períodos em que ele não estava empenhado em desqualificar completamente o mecanismo de escolha da fêmea. Segundo Wallace, as fêmeas poderiam estar escolhendo machos que possuíssem qualidades úteis do ponto de vista de sua sobrevivência, como vigor, saúde ou capacidade de obter recursos. Tal hipótese, por sua vez, consegue explicar bem o cuidado com que fêmeas aparentemente escolhem seus parceiros, mas falha na explicação de como caracteres sexuais secundários elaborados podem evoluir.

Em 1930, Ronald A. Fisher (1890-1962), um dos três evolucionistas responsáveis pela *nova síntese*, propôs um modelo teórico que viabilizava a hipótese do *bom gosto* tal qual defendida por Darwin. Segundo o modelo de Fisher¹⁷, o comportamento de escolha das fêmeas pode ser adaptativo porque aumenta a sua chance de ter filhos atraentes. Se, numa população, as fêmeas apresentam preferência estética por uma característica idiossincrática qualquer, fêmeas que seguem a moda têm uma boa chance de transmitir a característica para os seus filhos e ao mesmo tempo transmitir a sua preferência para as filhas. Como se pode perceber, o processo se auto-alimenta de um *feed-back* positivo. A preferência das fêmeas confere valor adaptativo superior ao caráter escolhido, enquanto que machos ornamentados conferem valor adaptativo superior ao comportamento de preferência.

Mas, como surgiu essa preferência estética na população? Segundo a teoria, preferências sutis podem surgir simplesmente por flutuações casuais, o que ajudaria a explicar porque caracteres sexuais secundários variam tanto entre organismos, ou conforme sugere Fisher, através de parâmetros utilitários. Se pássaros com cauda ligeiramente maiores do que a média da população voam melhor do que os demais indivíduos, a preferência por caudas maiores pode espalhar-se na população de fêmeas, a ponto de servir como critério de seleção sexual de modo a fomentar o desenvolvimento de caudas extravagantes. Modelos matemáticos recentes, baseados no modelo de Fisher, demonstram que mesmo em situações em que o caráter escolhido traz certos custos para os machos que o possuem, as aptidões destes machos podem ser mais altas do que as de machos não portadores do caráter referido. Assim sendo, o modelo de Fisher reafirma a crença de Darwin de que as escolhas estéticas das fêmeas podem ser importantes agentes na evolução de caracteres sexuais secundários.

¹⁷ FISHER, Ronald Aylmer. *The genetical theory of natural selection*. Oxford: Clarendon Press, 1930. 272 p.

O modelo de Fisher enfrenta, no entanto, uma dificuldade teórica. Se prevê que pequenas preferências estéticas podem levar ao desenvolvimento de características sexuais secundárias, também prevê que existe um limite máximo para o desenvolvimento de tais características. Esse limite é dado pelo balanço entre o benefício em aptidão advindo da seleção sexual e o custo em aptidão advindo da seleção natural. Nesse ponto, as fêmeas passam a não obter vantagem nenhuma em escolher machos de caudas mais longas e o processo de seleção sexual tenderia a estagnar.

Apesar do importante avanço teórico que significou o modelo de Fisher, o seu impacto só se fez sentir após a primeira metade do século XX.

Hamilton chega para resgatar Wallace

Em 1982, William D. Hamilton e Marlene Zuck propuseram um modelo de seleção sexual, denominada teoria sosigônica, que veio a revitalizar a hipótese do *bom senso* apresentada por Wallace. Segundo Hamilton & Zuk¹⁸, todos os organismos complexos possuem parasitas debilitantes que comprometem a sua aptidão. Como a taxa de evolução dos parasitas é muitas vezes superior a dos hospedeiros, devido a sua baixa longevidade, a pressão de parasitismo representa uma pressão constante ameaçando a sobrevivência e reprodução dos organismos. Do ponto de vista dos hospedeiros, uma maneira de lidar com esta pressão seria possuir *bons genes* que codificam defesas efetivas contra os parasitas.

Segundo a teoria sosigônica, a pressão de parasitismo é o principal combustível estimulando o funcionamento do processo de seleção sexual. Os combates diretos ou ritualizados entre machos coespecíficos, assim como o tamanho e a força das armas utilizadas em tais conflitos, serviriam para ordenar os machos em termos de bons genes contra parasitas. Analogamente, as fêmeas estariam utilizando as características sexuais secundárias elaboradas dos machos para ordenar os machos em termos de bons genes contra parasitas debilitantes. Segundo essa visão, o tamanho, a intensidade de brilho e a perfeição das plumas dos pavões estariam sinalizando um maior vigor devido a ausência, ou menor prevalência, de parasitas debilitantes.¹⁹

Um dos aspectos interessantes da teoria sosigônica é que a designação de bons genes é essencialmente dependente do contexto coevolutivo. Imaginemos uma população de hospedeiros na qual o alelo *A*, presente em poucos

¹⁸ HAMILTON, William D. & ZUK, Marlene. Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science*, New York, v. 218, n. 4.570, p. 384-387, 1982.

¹⁹ Para mais detalhes sobre a teoria sosigônica ver FONSECA, Carlos Roberto. Sexo, plumas e parasitas. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 26, p. 26-33, 1999.

indivíduos, codifique uma toxina *A* altamente efetiva contra os parasitas presentes na localidade. Ao ajudar na sobrevivência e reprodução de seus portadores, o alelo *A* vai-se tornando aos poucos mais freqüente na população. No entanto, se um determinado alelo *X*, que codifica uma enzima que quebra a toxina *A*, aparece na população de parasitas, o mesmo também vai-se tornar mais e mais freqüente. Assim, o alelo *A* deixa de ser um bom gene e a sobrevivência dos hospedeiros poderia ficar ameaçada até o surgimento de um novo bom gene *a*, codificador de uma outra toxina eficiente contra a população de parasitas. A característica do modelo sosigônico faz com que, ao contrário do modelo de Fisher, o processo coevolutivo entre hospedeiros e parasitas e, conseqüentemente, a intensidade da seleção sexual nunca percam a sua força.

A seleção sexual hoje

O conceito de seleção sexual chegou à segunda metade do século XX bastante desacreditado, contudo, até o final do século, sua importância cresceu e hoje constitui um dos mais relevantes tópicos da ecologia evolutiva. Está fora dos objetivos deste trabalho detalhar todos os avanços empíricos e teóricos do campo, no entanto, um pequeno sumário do histórico da área pode ajudar o leitor a se aprofundar mais no assunto.

Um levantamento bibliográfico feito na ISI Web-of-Knowledge, com a expressão “sexual selection” no título ou no resumo, encontrou, no dia 24 de agosto de 2007, 7.853 artigos sobre o assunto (figura 1). O levantamento detectou apenas seis artigos para a década de 50 e oito para a década de 60, ou seja, menos de um artigo por ano sobre o tópico. É interessante notar, no entanto, que a abrangência da obra de Darwin se faz presente através da diversidade dos grupos animais estudados incluindo, por exemplo, drosófilas, libélulas, borboletas, peixes, ratos e o homem.

A década de 70 iniciou-se com uma tímida comemoração do centenário da obra *A origem do Homem* (1871-1971), no entanto, ao final dessa década foram publicados quatro trabalhos substanciais sobre seleção sexual. Emlen & Oring²⁰ discutiram o papel da seleção sexual na determinação dos sistemas de acasalamento. Cox & Leboeuf²¹, juntamente com Kirkpatrick²², ajudaram a reintroduzir o papel da escolha da fêmea na agenda de pesquisa. O trabalho de Charnov²³ e seu livro *The Theory of Sex Allocation*²⁴, estimularam enormemente a elaboração de modelos matemáticos

²⁰ EMLEN, Stephen T. & ORING, Lewis W. Ecology, sexual selection, and evolution of mating systems. *Science*, New York, v. 197, n. 4.300, p. 215-223, 1977.

²¹ COX, Cathleen R. & LEBOEUF, Burney J. Female incitation of male competition – mechanism in sexual selection. *American Naturalist*, Chicago, v. 111, n. 978, p. 317-335, 1977.

²² KIRKPATRICK, Mark. Sexual selection and the evolution of female choice. *Evolution*, Lawrence, v. 36, n. 1, p. 1-12, 1982.

²³ CHARNOV, Eric L. Simultaneous hermaphroditism and sexual selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Washington, v. 76, n. 5, p. 2.480-2.484, 1979.

²⁴ CHARNOV, Eric L. *The theory of sex allocation*. New Jersey: Princeton University Press, 1982. 355 p.

²⁵ WILLSON, Mary F. *Op. cit.*

complexos no tratamento de problemas relacionados à alocação sexual. Finalmente, o estudo de Willson²⁵ foi particularmente relevante para evidenciar a importância da seleção sexual na determinação de características reprodutivas das plantas superiores.

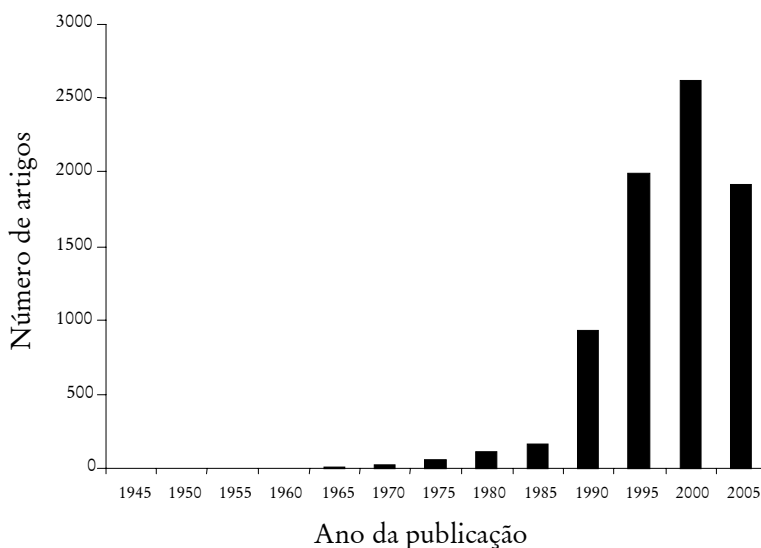


Figura 1: Número de artigos encontrados no ISI Web-of-Knowledge, com a expressão “sexual selection” no título ou no resumo do trabalho, de 1945 até 2007 (N = 7.853 artigos no total). Os anos de publicação encontram-se agrupados em intervalos de cinco anos (1945-1949 ... 2000-2004). O quinquênio que se inicia em 2005 apresentava 1913 registros até o dia 24 de agosto de 2007.

²⁶ HAMILTON, William D. & ZUK, Marlene. *Op. cit.*

No início da década de 80, publicou-se um dos mais influentes e controversos artigos já escritos sobre seleção sexual, o de Hamilton & Zuk²⁶, comentado na seção anterior. Com mais de mil citações, o modelo ali proposto estimulou fortemente o desenvolvimento da área.

²⁷ ANDERSON, M. *Sexual selection*. Princeton: Princeton University Press, 1994. 597 p.

A partir da década de 90 até este início do século XXI, o número de artigos sobre seleção sexual aumentou exponencialmente, atingindo mais de 7 mil registros na Web-of-Knowledge. O conceito de seleção sexual está difundido não somente para explicar a evolução de características sexuais secundárias em animais, como em plantas também. Além disso, os dois mecanismos comportamentais propostos por Darwin, a escolha da fêmea e a competição entre machos, são amplamente aceitos. Após quase um século de esquecimento, o reconhecimento de uma das mais controversas idéias de Darwin parece finalmente consolidado.²⁷

Carlos Roberto Fonseca é biólogo, doutor em Ecologia, professor e pesquisador da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul.
cfonseca@unisinos.br

A IDÉIA DE EVOLUÇÃO COMO PONTE ENTRE CIÊNCIA, HISTÓRIA E FILOSOFIA OS EXEMPLOS DE MACH E BOLTZMANN

Leonardo Rogério Miguel
Antonio Augusto Passos Videira

Ernst Mach e Ludwig Boltzmann incorporaram elementos da teoria da evolução das espécies de Charles Darwin na formação de suas reflexões filosóficas sobre os aspectos epistemológicos e metodológicos das ciências naturais. Com efeito, a teoria darwiniana foi central para a elaboração de suas perspectivas antimetafísicas e antidogmáticas. Ambos estavam convencidos de que não apenas as idéias, mas também as atitudes dos “filósofos puros”, ou metafísicos, em relação à natureza, à experiência humana e ao conhecimento eram dogmáticas, estéreis e contraproducentes. Nesse caso, a adoção da visão evolucionista poderia revelar-se apropriada para se reformular a filosofia, a fim de que sua relação com a ciência fosse útil e fecunda para ambas. Se a natureza crítica e interrogativa da filosofia parecia de grande importância para o avanço da ciência, os resultados da investigação da natureza poderiam ajudar no aprimoramento dos conceitos filosóficos.

Introdução

Entre o final do século XVIII e meados do século XIX, a idéia de evolução já estava no ar, sendo considerada nas reflexões e pesquisas de filósofos e naturalistas, mas apenas de forma especulativa e sem o amplo emprego do termo. Pode-se encontrar, por exemplo, uma concepção de evolução histórico-filosófica nas categorias historiográficas do pensador francês Auguste Comte (1798-1857), que apresentou a “marcha da civilização” em direção ao progresso através de transformações contínuas e graduais nos estados de organização intelectual e política (teológico, metafísico e científico) das sociedades. Na biologia, destacam-se as pesquisas do francês Pierre Lamarck (1744-1829) sobre a hipótese de que hábitos adquiridos ao longo da vida dos seres vivos são transmitidos hereditariamente, e sobre a relação entre mudanças ambientais e mudanças na estrutura orgânica dos animais. De modo geral, a idéia de evolução está ligada à de mudança contínua, gradual e ordenada, seguindo uma direção relativamente definida. No processo de mudança evolutiva, a “novidade” é capaz de coexistir com aquilo que é considerado “antigo”, assim como preserva determinadas características da tradição.

Observa-se, portanto, uma relação entre evolução e progresso. Nesse sentido, pode-se entender *evolução* enquanto uma concepção de mundo antagônica à de *revolução*. Embora este termo também expresse mudanças, há diferenças na forma como essas ocorrem. Conforme ficou evidente após os eventos marcantes do século XVIII, numa revolução, a ocorrência de mudanças é brusca, a ordem é transformada, às vezes, de forma traumática, e a direção do “movimento revolucionário” é incerta. Revoluções supõem e podem provocar rupturas radicais e descontinuidades entre o velho e o novo, o antigo e o moderno. Tais rupturas exigem a destruição do velho para que o novo possa surgir. Em outros termos, só há mudança, se o novo for o vencedor. Por definição, o conceito de revolução excluiria as chances de coexistência.

É bem conhecido que a Europa do século XIX experienciou os resultados de transformações revolucionárias nos domínios sociopolíticos após a Revolução Francesa, em 1789. Com a destruição do Antigo Regime, reconheceu-se que nenhum sistema de organização política estava fundado em bases inabaláveis e imóveis. O impacto provocado pela súbita e violenta substituição de um regime outrora considerado absoluto ultrapassou as fronteiras das relações e dos

discursos sociais e políticos, o que permitiu uma expansão do conceito de revolução por discursos teórico-práticos de vários domínios da cultura. A história da humanidade passou a ser analisada à luz daquela perspectiva, o mesmo ocorrendo com a história das teorias científicas. Daí em diante, duas idéias, em princípio, antagônicas passaram a coexistir.

A partir da segunda metade dos oitocentos, uma teoria considerada revolucionária, proveniente dos domínios da biologia, foi entendida como sendo capaz de fornecer bases científicas, isto é, empíricas, ao conceito de evolução. Em novembro de 1859, o naturalista inglês Charles Robert Darwin (1808-82) publicou *A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural*, obra que difundiu a sua teoria da evolução. A hipótese básica do livro diz que as espécies se originaram mediante seleção natural, ou da preservação das raças favorecidas na luta pela vida. Em linhas gerais, a teoria darwiniana apresentou três princípios básicos relacionados à ocorrência de mudanças nos seres vivos: o de variação fenotípica, morfológica e comportamental nos indivíduos de uma mesma espécie, o princípio da hereditariedade e o princípio da seleção natural. Esses princípios estão intimamente ligados a outros conceitos-chave da idéia de evolução: adaptação, complexidade, diversidade, produtividade, coexistência e competição. Tais conceitos foram importantes para a consolidação da teoria em domínios fora da biologia; pois, tal como ocorrera com o conceito de revolução após a queda do Antigo Regime na França, a partir de 1860, passou-se a falar de evolução em todo e qualquer domínio.

Uma vez mais, o modo como os homens enxergam o passado e contam suas histórias se transformou com a perspectiva evolutiva. A mesma situação vale para a história das teorias científicas. Por sua vez, as reflexões em filosofia da ciência também não ficaram de fora, conforme será visto mais adiante ao serem abordadas as idéias de Ernst Mach e Ludwig Boltzmann.

O maior impacto da teoria darwiniana foi causado por sua extensão ao ser humano. Ao estabelecer a hipótese da existência de uma continuidade entre o homem e os primatas, Darwin começa a derrubar uma das crenças mais importantes até então: a distinção ontológica entre o homem e os outros animais. Ele sugeriu que o humano é um animal como outro qualquer, sujeito às mesmas leis naturais, e não mais a criatura privilegiada por Deus. A controvérsia com teólogos e filósofos mais conservadores foi inevitável, e os debates se tornaram ainda mais acalorados com a interpretação naturalista da moral.¹ Mostrando-se cauteloso em re-

¹ COPLESTON, Frederick. *A History of Philosophy*. v. VIII. New York: Image Books, 1994. p. 102.

² Conforme REGNER, Anna Carolina. Uma nova racionalidade para a ciência? In: SANTOS, Boaventura de Sousa (Org.). *Conhecimento Prudente para uma Vida Decente: Um Discurso sobre as Ciências* revisitado. São Paulo: Cortez, 2003. p. 291-324.

lação às reflexões filosóficas sobre o tema, Darwin lançou mão de sua teoria e das evidências empíricas disponíveis, bem como de certa dose de retórica,² para afirmar que os padrões de comportamento e os valores morais não estão calcados em idéias ou regras absolutas (teológicas e filosóficas), mas no instinto animal de sobrevivência individual e social. As concepções de moralidade também seriam variáveis, seguindo menos preceitos exclusivamente determinados pela razão ou impostos por Deus, do que as exigências determinadas pelas condições ambientais ou pelas circunstâncias que podem colocar a coletividade em risco. Tendo em vista essas concepções, pode-se afirmar que o caráter revolucionário da teoria da evolução de Darwin encontra-se no abandono da noção de imutabilidade ou fixidez das espécies.

O pensamento evolucionista se tornou, no final do século XIX, um dos esteios teóricos e retóricos de perspectivas empiristas e positivistas – mas não apenas destas, como veremos no caso do Boltzmann –, pois acreditava-se terem sido os resultados das investigações de Darwin extraídos da própria natureza, e não de raciocínios e idealizações metafísicas. Ou seja, as transformações das idéias e do conhecimento passariam pelo crivo da natureza através da experiência, e não pelas formas como os homens a descrevem de modo especulativo. Portanto, a adoção da teoria da evolução por eminentes filósofos e cientistas naturais foi, em especial, motivada tanto pela convicção de que ela proporciona uma postura antidogmática – isto é, que as idéias se transformam, que a cognição e o conhecimento são adaptativos, que teorias díspares sobre os mesmo fenômenos, embora estejam em competição, podem coexistir até que as “condições externas” preservem a mais adequada –, quanto pela atitude empirista – antimetafísica – que deu origem à teoria. Mais do que o abandono da noção de fixidez das espécies, Darwin inspirou entre filósofos e cientistas a rejeição da fixidez das idéias teológicas e filosóficas não fundamentadas pela “natureza das coisas”.

Na segunda metade do século XIX, a maior parte dos pensadores que contribuíram para a popularização da idéia de evolução e para a elaboração de idéias filosóficas baseadas ou ligadas àquela eram cientistas, e não filósofos profissionais. Conforme veremos, dois dos mais importantes físicos daquele tempo, Ernst Mach e Ludwig Boltzmann, foram especialmente influenciados pela concepção evolucionista de mundo e, nesta, encontraram elementos para a elaboração de suas reflexões epistemológicas e metodológicas sobre a física.

Mach: “economia da ciência”, transformação e adaptação do conhecimento

Ernst Mach nasceu no dia 18 de fevereiro de 1838 na cidade de Turas, na Moravia, região que, na época, fazia parte da Áustria e, hoje, pertence à República Tcheca. Sua vida universitária começa em 1855 na Universidade de Viena, onde estudou matemática, física e filosofia. Doutorou-se em física pela mesma universidade em 1860. Quatro anos depois, tornou-se professor de matemática da Universidade de Graz e, em 1866, também foi professor de física; em 1867, ocupou a cátedra de física experimental na Universidade de Praga. Mach deixou esse cargo em 1895, após ser escolhido para a cátedra de história e teoria das ciências indutivas (ou Filosofia da Natureza) da Universidade de Viena. Em 1897, sofre um derrame que o obriga a se aposentar precocemente. De 1901 a 1913, foi membro do parlamento austríaco. Após deixar sua carreira pública, mas sem interromper sua produção intelectual, mudou-se para Vatterstetten, uma cidade da Baviera próxima a Munique, e lá faleceu em 19 de fevereiro de 1916, aos 74 anos.

Mach interessou-se por vários campos de investigação científica e contribuiu para muitos deles, a saber: mecânica, química, acústica, ótica, teoria da eletricidade, hidrodinâmica, termodinâmica, fisiologia da percepção sensorial e psicologia da percepção (investigações psicológicas sobre o espaço e o tempo, sobre a audição e a visão). Boa parte do seu trabalho fora motivada por suas preocupações em relação a problemas filosóficos e lógicos, suscitados pela investigação científica, especialmente acerca da natureza do conhecimento humano e da forma de se obter e se transmitir conhecimento legítimo: o científico. Através de seus escritos sobre epistemologia e psicologia – *Contribuições à Análise das Sensações* (1886), *Preleções Científicas Populares* (1894), *Conhecimento e Erro* (1905), *Espaço e Geometria* (1906) –, contribuiu de maneira profícua para a sedimentação da filosofia da ciência como área de investigação autônoma no final do século XIX. Além disso, realizou trabalhos em história da ciência – *A Ciência da Mecânica* (1883), *Princípios da Teoria do Calor* (1866), *Espaço e Geometria* (1906) –, a fim de apresentar a evolução da ciência à luz de suas conclusões filosóficas.

Embora nunca tenha se considerado um filósofo, a filosofia da ciência de Mach e, em especial, sua atitude anti-metafísica foram muito influentes no final do século XIX e na primeira metade do século XX. Entre aqueles que se inspi-

raram em suas idéias estão William K. Clifford (1849-1876), Karl Pearson (1857-1936), Albert Einstein (1879-1955) e os positivista-empiristas lógicos fundadores do Círculo de Viena, anteriormente conhecido como Sociedade Ernst Mach.

O filósofo austríaco foi um dos primeiros a tomar a evolução como hipótese interpretativa para questões cognitivas e epistemológicas. Em um pronunciamento na Universidade de Praga, em 1883,³ explicitou o nexos entre suas idéias e as de Darwin mediante o tema “o crescimento do conhecimento natural à luz da teoria da evolução”. Mach defendia que as concepções darwinianas de hereditariedade, adaptação e seleção poderiam ser aplicadas na análise sobre o desenvolvimento do conhecimento humano, em especial, ao científico, uma vez que, segundo a sua tese central, “o conhecimento também é um produto da natureza orgânica”⁴. O objetivo do pronunciamento de Mach era fazer a audiência, em sua maioria jovens alunos da universidade, notar que as idéias de qualquer ramo de saber evoluem e se transformam, já que são oriundas da atividade cognitiva humana. Assim sendo, pode-se dizer que ele possuía uma interpretação biológica do conhecimento.

Um outro ponto a ser destacado é a sua advertência a respeito da aplicabilidade de idéias e conceitos da biologia por um físico ou qualquer cientista de outro domínio. Segundo confessa, não fora sua intenção invadir o território da biologia e aplicar seus conceitos e teorias levemente, mas, sim, enfatizar que as abrangentes idéias da teoria da evolução de Darwin encontravam-se, ainda que de maneira remota, “firmemente enraizadas em todos os ramos do pensamento humano [...] Em todo lugar, na história, na filosofia e mesmo nas ciências físicas, ouvimos as palavras-chave: hereditariedade, adaptação e seleção”⁵. Essa afirmação indica uma outra convicção de Mach, compartilhada por muitos cientistas, a saber: a unidade da ciência. Para ele, a unidade da ciência estava garantida pela *unidade da experiência*, pois o ponto de partida de toda ciência é a experiência, que é comum a todos os investigadores. As diferenças entre as ciências estão nos modos de direcionar a investigação em relação aos fenômenos estudados, mas não nos fenômenos mesmos. Assim sendo, não havia problema em se aplicar conceitos considerados propriedades de um domínio de saber em particular se tais conceitos designam experiências comuns a vários outros domínios.

Tanto a unidade da experiência quanto a perspectiva biológica – ou evolucionista – do conhecimento estavam ligadas à filosofia empirista, a qual, em termos gerais, defen-

³ MACH, Ernst. On transformation and adaptation in scientific thought. In: *Popular Scientific Lectures*. Tradução de Thomas J. McCormack. Chicago: The Open Court Publishing Company, 1943. p. 214-235.

⁴ MACH, E. On transformation and adaptation... *Op. cit.*, 1943. p. 217. Em outra ocasião, Mach afirma: *Os pensamentos precisam de seu tempo para irromper, crescer e desenvolver, como todo produto natural; pois o homem, com seus pensamentos, também é uma parte da natureza*. Conforme MACH, E. The velocity of light. In: *Popular Scientific Lectures*. *Op. cit.*, 1943. p. 63.

⁵ MACH, Ernst. On transformation and adaptation... *Op. cit.*, 1943.

dia que tudo começa com a experiência. A concepção filosófica de Mach é geralmente classificada de “empirismo radical”, qualificação justificada por sua adesão às perspectivas filosóficas conhecidas como *sensacionismo* e *fenomenismo*. Tal adesão foi pensada pelo próprio Mach como necessária para se contrapor à filosofia kantiana.

O princípio básico do sensacionismo diz que todo e qualquer conhecimento sobre o mundo consiste nas sensações e nos padrões de ocorrência destas. Nas palavras do físico austríaco, a “natureza se compõe dos elementos que nos proporcionam os sentidos”⁶. Conceitos são derivados de sensações, e aquilo que geralmente é chamado de “fato” ou de “objeto”, também se resume às sensações variadas e variáveis – cores, sons, sabores, temperatura, posição, movimento etc – obtidas pelos órgãos da percepção, organizadas e projetadas pela mente como fenômenos. As “idéias”, muito valorizadas pelos filósofos, também são frutos desse processo, e não entidades inatas que estruturariam e regulariam a experiência e o pensamento.

O fenomenismo, por sua vez, apresenta-se como o ponto de vista que afirma serem os fenômenos a última instância daquilo que se pode chamar de “realidade”. Assim sendo, observando-se os limites da experiência humana, não há qualquer valor ou vantagem, tampouco faz sentido questionar ou tentar “atingir” o “substrato”, ou o “objeto real” (do qual as sensações seriam as propriedades) “por trás” dos fenômenos. Ao falar de “coisas”, por exemplo, uma árvore ou um átomo, não se está fazendo referência às substâncias ou aos objetos reais que comportariam os nomes “árvore” e “átomo”, mas a “símbolos mentais” que reúnem numa configuração mais simples um “complexo de sensações de relativa estabilidade” como “verde”, “horizontal”, “áspero” etc, e idealizações sobre “os menores e mais fundamentais componentes da ‘matéria’”⁷. Em outros termos, a “coisa-em-si” kantiana, segundo Mach, não existe. A própria afirmação da inexistência da “coisa-em-si” também não faz sentido, porque tanto a afirmação quanto a negação de sua existência pressupõem a capacidade dos sentidos humanos de ultrapassar os fenômenos para “ver” se há ou não alguma coisa para além deles. Igualmente absurda é a tendência, comum na filosofia, de se lançar mão de “leis”, “categorias” ou “idéias” do pensamento enquanto estruturas *a priori* fixas de organização e regulação das experiências. Mesmo a “Razão” era considerada um constructo mental desprovido de estatuto ontológico substantivo passível de ser a causa dos pensamentos ou objeto de investi-

⁶ MACH, Ernst. *Desarrollo Histórico-Crítico de la Mecánica*. Tradução da versão inglesa por Jose Babini. Buenos Aires: Espasa Calpe Argentina, 1949. p. 401.

⁷ MACH, Ernst. *Desarrollo Histórico-Crítico de la Mecánica*. *Op. cit.*

gação. Evidentemente, a mesma objeção vale para as concepções kantianas de “formas puras da sensibilidade” e “sujeito transcendental”. Na perspectiva de Mach, todas essas suposições metafísicas estão fora do controle da experiência; portanto, seriam supérfluas e mesmo perigosas para a ciência. Assim, cabe às teorias científicas, em particular as da física, o papel de descrever aquilo que é percebido pelos órgãos sensoriais humanos e organizar o que foi “coletado” em um todo coerente e *econômico*.

O sensacionismo e o fenomenismo estão ligados à noção de “economia do pensamento” (ou da ciência), igualmente relacionada à “evolução das idéias”. Segundo Mach, a ciência possui uma *função econômica* derivada do conhecimento *instintivo*. Tal função é uma herança da primitiva necessidade dos homens de se relacionarem com as condições materiais do mundo e solucionar os desafios que a natureza impõe à sua sobrevivência. As experiências humanas passadas precisavam ser transmitidas para que as novas gerações fossem capazes de lidar habilmente e de resolver de forma mais simples os problemas de seus ancestrais. Nesse sentido, a função econômica da ciência consiste em “substituir ou poupar a experiência mediante imagens e representações mentais dos fatos, imagens que são mais fáceis de manejar do que a experiência mesma e que, sob muitos aspectos, a podem substituir”⁸. Há, decerto, um aspecto pragmático nessa função, já que a “representação mental que nós formamos dos fatos nunca é total, senão apenas na medida em que nos é importante...”⁹. O instinto para o conhecimento é o fator de produção dessas imagens e representações mentais.

Superadas as preocupações imediatas acerca da sobrevivência, a ciência proporciona ao homem habilidades para prever fatos e agir mediante a determinação de leis da natureza. Previsões e leis são frutos de descrições: “A comunicação do conhecimento científico sempre envolve a descrição, que é uma reprodução mimética dos fatos no pensamento, o objeto que substitui e poupa a dificuldade da nova experiência”¹⁰. As leis científicas, por sua vez, são fórmulas gerais, descrições mais concisas, breves e precisas possíveis, cuja função econômica é, além de auxiliar na previsão, facilitar a transmissão (ou instrução) do conhecimento. Portanto, a ciência, enquanto construção mental, constitui um corpo de proposições formuladas de maneira a economizar a experiência, a memória e o aprendizado. Seguindo o sensacionismo e o fenomenismo, as entidades, leis e teorias científicas, sendo tão-somente constructos

⁸ MACH, Ernst. *Desarrollo Histórico-Crítico de la Mecánica*. Op. cit., p. 399.

⁹ MACH, Ernst. *Desarrollo Histórico-Crítico de la Mecánica*. Op. cit., p. 400.

¹⁰ MACH, E. On the Economical Nature of Physical Inquiry. In: *Popular Scientific Lectures*. Chicago: The Open Court Publishing Company, 1943. p. 192-3.

mentais desenvolvidos para aquele fim, deveriam deixar de lado o ideal de atingir o nível das “coisas” ou das “causas reais”, atendo-se apenas à descrição dos fenômenos naturais.

Tendo em vista a variabilidade dos fenômenos, das condições em que o conhecimento é buscado (para sobreviver, ou para refletir sobre a própria existência, ou descobrir leis da natureza) e das circunstâncias ambientais em que ocorrem, a linguagem, idéias e conceitos podem mudar a fim de se adaptarem a uma nova situação. É nesse sentido que Mach afirma que “é através da mudança de circunstâncias que o filósofo natural [o historiador, o filósofo, o jurista, o matemático, o artista etc] aprende”¹¹ e que “as transformações das idéias [...] aparecem como uma parte da evolução geral da vida, como uma parte de sua adaptação à esfera de ação constantemente em ampliação”¹². Contudo, levando em consideração aquilo que nós dissemos sobre a coexistência entre o velho e o antigo, Mach afirma que as novas e mais bem-sucedidas idéias nascem de noções já existentes e com elas convivem. A apropriação de Darwin não pára por aí; de forma retórica, Mach emprega a concepção biológica de seleção natural como uma analogia à competição entre idéias:

*Devagar, gradual e laboriosamente, um pensamento é transformado em um outro diferente, assim como em todas as espécies animais semelhantes gradualmente se transformam em novas espécies. Muitas idéias surgem simultaneamente. [...] Umhas poucas permanecem para disseminar rapidamente em todos os campos do conhecimento para serem novamente desenvolvidas, para serem novamente cindidas, para iniciar a luta, uma vez mais, desde o começo. [...] Encontramos idéias derrotadas ainda vivendo nas mentes de muitos homens. Quem olhar cuidadosamente para sua própria alma irá reconhecer que os pensamentos batalham de maneira tão obstinada pela existência quanto os animais. [...] Qual investigador não sabe que a batalha mais difícil na transformação de suas idéias é travada com ele mesmo?*¹³

Mach não desejava que o mundo fosse mediado por idéias metafísicas. Observa-se, então, que uma de suas estratégias era impedir que perspectivas metafísicas, ou essencialistas, permeassem a investigação científica, não apenas por seu caráter ilusório, mas também pela fixação dogmática de conceitos *a priori* a respeito da natureza. Esta, segundo Mach, não apresenta nada de invariável, de modo que nenhuma lei ou teoria está plenamente de acordo com os fatos, isto é, verdadeira ou falsa, apesar dos órgãos do sentido e da cognição estabelecerem algumas regularidades

¹¹ MACH, Ernst. On the Ecnomical Nature... *Op. cit.*, 1943. p. 230.

¹² MACH, Ernst. On the Ecnomical Nature... *Op. cit.*, 1943. p. 233.

¹³ MACH, The velocity of light. *Op. cit.*, 1943. p. 63.

úteis para a ação humana. Assim sendo, por também ser uma parte da natureza, a cognição e os sentidos humanos, suas experiências, atividades, idéias, leis e teorias estão igualmente sujeitas a competições, transformações e adaptações. Essas idéias demonstravam a *plasticidade*¹⁴ que a mente e a experiência humanas compartilham com a natureza.

¹⁴ MACH, Ernst. On transformation and adaptation... *Op. cit.*, 1943. p. 215. Em nota, Mach esclarece que a noção de plasticidade (da natureza orgânica) “representa a capacidade de adaptação, bem como o poder da hereditariedade”.

Boltzmann: pluralismo teórico, leis do pensamento e a “salvação da filosofia”

Ludwig Eduard Boltzmann nasceu em 20 de fevereiro de 1844 na cidade de Viena, Áustria. Em 1863, entrou para a Universidade de Viena a fim de estudar Ciências Naturais. No ano de 1866, obteve seu doutoramento em física com uma dissertação sobre a teoria cinética dos gases. No ano seguinte, inicia a sua movimentada carreira científica como docente daquela mesma universidade. A formação de Boltzmann pode ser considerada completa. No Instituto de Física, ele não apenas fora apresentado à física teórica, ocupando-se com questões sobre os princípios fundamentais da física, como também fora instruído na física experimental, aprendendo a realizar e interpretar experimentos. As habilidades adquiridas nesse período parecem ter sido cruciais para o sucesso de sua carreira científica.

Por duas vezes, Boltzmann lecionou na Universidade de Graz: a primeira, entre 1869 e 1873, como catedrático de matemática; a segunda, entre 1876 e 1890, ocupando a cátedra de física experimental. No intervalo entre esses dois períodos, foi professor de matemática na Universidade de Viena. Durante sua segunda passagem por Graz, tornou-se membro da Imperial Academia Austríaca de Ciências (1885) e reitor daquela universidade (1887). Em 1890, a convite dos responsáveis pela faculdade de filosofia da Universidade de Munique, assume a cátedra de física teórica.

Em 1894, Boltzmann volta à Universidade de Viena para ocupar o cargo de professor e diretor do Instituto de Física Teórica. Contudo, em 1900, parte para a Universidade de Leipzig. Retornando a Viena, em 1902, retoma sua antiga cátedra, sob o compromisso, junto ao governo austríaco, de ficar definitivamente na Universidade de Viena. A seu pedido, acumula a cátedra de física teórica juntamente com a de filosofia da natureza, posição que ficara vazia desde a aposentadoria de Mach.

Boltzmann tinha um sério problema de visão e sofria de distúrbios psicológicos e físicos, os quais começaram a se manifestar em Graz. Ele acreditava que, em Viena, pode-

ria estabilizar a sua saúde, o que não ocorreu. A irritabilidade e os ataques de depressão profunda, alternados com momentos de súbita e intensa euforia, deixavam-no cada vez mais desgostoso com a sua condição. Suicidou-se no dia 5 de setembro de 1906, em Duino, na Itália.

Ao adotar o darwinismo, Boltzmann não teve como intenção primordial elaborar uma filosofia sistemática da física, nem da ciência. Ou seja, não há propriamente uma “filosofia boltzmaniana”; porém, suas contribuições foram importantes para as reflexões científico-epistemológicas do início do século passado. A perspectiva darwinista encontra-se explícita no desenvolvimento das principais contribuições de Boltzmann: o princípio do *pluralismo teórico* e sua crítica às *leis a priori do pensamento*. No final de sua vida, pôs-se a buscar o estabelecimento de uma relação coerente e fecunda entre filosofia e ciência: como, afinal, fazer com que uma pudesse ser útil ao trabalho da outra?

Os temas que, em grande parte, podem ser classificados como filosóficos não foram incluídos em seus artigos e livros, mas apresentados em ocasiões diversas como palestras para seus pares, elogios fúnebres a colegas falecidos e conferências inaugurais de algumas cátedras que ocupou.¹⁵ Embora pareça descaso pelo papel da reflexão filosófica, a preocupação de Boltzmann era a de não se comportar como os, assim chamados, “metafísicos”, “filósofos puros” ou “profissionais”. Para o físico teórico, Kant, Hegel e Schopenhauer eram os exemplos do tipo de filósofo e de sistemas que provocavam sua aversão pela filosofia. Outra razão para realizar intervenções filosóficas no tipo de ocasiões escolhidas era a audiência diversificada. Os temas abordados deveriam ser de apreciação e compreensão pública, fazendo valer a atitude antidogmática e pluralista. Entretanto, ele nunca se preocupou em lançar mão da elegância e do rigor (geralmente atribuídos à filosofia) ao expor suas reflexões filosóficas.

Boltzmann participava então do processo de revisão dos fundamentos e dos conceitos da física, em particular dos modelos e teorias baseados na mecânica clássica, os quais não se adequavam como chaves interpretativas da então nova teoria eletromagnética. Também o atomismo fora colocado em xeque: as bases da física estavam abaladas. Enquanto partidário do mecanicismo e do atomismo, Boltzmann precisou elaborar e defender seus próprios pontos de vista diante das críticas que suas teorias científicas favoritas estavam recebendo. Suas concepções epistemológicas nasceram para dar conta desses problemas, bem como para promover uma transformação nos modos de se fazer filosofia.

¹⁵ VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, Darwin e as Leis do Pensamento. *Revista Portuguesa de Filosofia*, 61, p. 228, 2005.

As questões sobre os objetivos de uma teoria física requeriam crítica e inquirição de cunho filosófico, e sem penetrar nesse âmbito seria difícil desenvolver alguma resposta. O problema é que, conforme dito acima, a filosofia não era bem vista pelos cientistas, embora, segundo Boltzmann, muitos tenham sido seduzidos por ela.¹⁶ No entanto, os principais fatores de aversão eram o dogmatismo metafísico e a atitude hostil e destrutiva dos filósofos em relação aos sistemas de seus predecessores e contemporâneos. Para Boltzmann, naquele momento de crise, em que as bases da física estavam abaladas, essas características eram as últimas coisas de que a ciência precisava. Apesar da desconfiança em relação ao modo como a filosofia estava sendo praticada, ele acreditava que o pensamento filosófico poderia contribuir para as atividades científicas, ou melhor, à luz de Darwin, ele observou que o filosofar possuía caráter instintivo, algo que parecia “inevitavelmente inato”¹⁷ e mesmo inescapável. Uma vez que filosofar era preciso, como Boltzmann escapou ao dogmatismo e fechou as portas da ciência para este? E, principalmente, como aplicar concepções de cunho filosófico para justificar a manutenção do mecanicismo e do atomismo na física?

Em seu primeiro pronunciamento ao assumir a cátedra de Filosofia da Natureza, ele afirma:

*O próprio Mach expôs de forma engenhosa que nenhuma teoria é absolutamente verdadeira, como também nenhuma é absolutamente falsa, mas que toda teoria deve ser aperfeiçoada gradualmente, como os organismos, segundo a teoria de Darwin.*¹⁸

Na seqüência, Boltzmann explicita a sua maior proximidade às idéias de Darwin do que às de Mach, pela posição deste em relação ao atomismo – Mach negava a existência dos átomos, pois estes não eram observáveis e poderiam, por isso, ser excluídos do domínio da física logo que fosse encontrada uma descrição mais empírica, se isso fosse possível, sobre “componentes os últimos da natureza”. O que incomodava Boltzmann era não apenas a questão (filosófica) da existência das coisas, como também a intolerância epistêmico-metodológica em relação a determinadas teorias. Para ele, ambas as posições poderiam levar ao dogmatismo, o qual se tornaria um obstáculo para o progresso da ciência. O princípio do pluralismo teórico – um mesmo fenômeno natural pode ser diferentemente explicado por teorias científicas distintas e mesmo contraditórias entre si – e a crítica às leis *a priori* do pensamento – oposição à idéia de uma

¹⁶ BOLTZMANN, L. *Escritos Populares*. Tradução, seleção e organização de Antonio A. P. Videira. São Leopoldo: Unisinos, 2004. p. 159.

¹⁷ BOLTZMANN, L. *Op. cit.*

¹⁸ BOLTZMANN, L. *Op. cit.* p. 157.

adaptação inalterável das representações mentais e a convicção de que essas imagens são frutos do processo biológico evolutivo – integram a sua resposta a tais problemas (os mesmos formulados acima). Inclui-se também o darwinismo, que, segundo o físico vienense, foi fundamental para a formulação de suas idéias.

Pelo princípio epistemológico de Boltzmann, o pluralismo teórico, nenhuma teoria (o mesmo vale para qualquer método científico), ao procurar alcançar a aceitação hegemônica da comunidade científica, deveria excluir as demais teorias. Tal exclusão é inerentemente dogmática e poderia levar ao empobrecimento do empreendimento científico. Em outros termos, a exclusão sumária de teorias eliminaria a possibilidade de a ciência progredir. Baseado na noção darwiniana de competição e coexistência entre as espécies, o pluralismo teórico defende ser necessário que haja uma competição, semelhante àquela existente nos mundos animal e vegetal, entre as diferentes teorias; e que o progresso científico se realiza graças à coexistência de várias teorias que garantem aos cientistas a possibilidade de construir representações, talvez mais adequadas que as antigas.¹⁹ Tendo em vista a ameaça de o atomismo ser eliminado, Boltzmann lança mão do pluralismo para sustentar que o reconhecimento dos limites científicos de uma teoria não implica imediata e necessariamente sua exclusão do domínio da ciência. Em outros termos, uma teoria que já deu bons resultados não deveria ser abandonada.²⁰

Diferente de Mach, Boltzmann acreditava que o intelecto humano não é tão passivo em relação às sensações e à organização imposta pela constituição natural da cognição humana, de modo que as teorias seriam apenas descrições econômicas das sensações. Ele, ao contrário, considerava que as teorias e os conceitos eram representações da realidade e que a razão humana seria a fonte de um dos “lugares” de origem dessas representações. Além disso, alguma forma de “leis do pensamento” era aceita por Boltzmann. O problema em relação às leis do pensamento tem a ver com o papel constitutivo destas nos sistemas filosóficos e, em especial, o seu caráter *a priori*. Segundo Boltzmann, os já mencionados filósofos puros confiam excessivamente na infalibilidade e na correção daquelas leis, as quais consideram anteriores a qualquer experiência. A esse respeito, ele afirma que “não pode ser nossa tarefa submeter ao juiz supremo de nossas leis mentais aquilo que é dado, senão antes de adaptar nossos pensamentos, conceitos e representações àquilo que é dado”²¹. O ponto de vista do apriorismo

¹⁹ VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, física teórica e representação. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 28, n. 3, p. 275, 2006.

²⁰ VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, física teórica e representação. *Op. cit.* p. 273.

²¹ BOLTZMANN, L. *Op. cit.* p. 173.

redundou em contradições insuperáveis e afirmações não fundamentadas (Boltzmann enfatiza as antinomias de Kant), além de não proporcionar à filosofia qualquer crédito pela realização de descobertas úteis e verdadeiras sobre a natureza.²²

²² VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, Darwin... *Op. cit.*, p. 233.

Segundo Boltzmann, era preciso enfraquecer o apriorismo das leis do pensamento. À luz do darwinismo, ele afirma: “[As leis do pensamento] se formaram tendo em vista a satisfação das necessidades da manutenção da vida e do uso prático”²³. As leis do pensamento nasceram mediante a associação de idéias internas, que são projeções dos objetos exteriores, adaptadas, cada vez mais, à associação real existente entre os objetos. Ao longo da existência humana, as regras de associação que levaram a contradições com a experiência foram rejeitadas, enquanto as que foram validadas – contribuíram para a manutenção da vida – permaneceram.²⁴ Aqui se vêem as idéias de adaptação e hereditariedade em jogo. O problema dos filósofos é que, uma vez fixadas as leis do pensamento, eles começaram a indagar por que é que funcionavam, exibindo, assim, a tendência inata do ser humano de ir além dos objetivos.

²³ BOLTZMANN, L. *Op. cit.*, p. 171.

²⁴ VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, Darwin... *Op. cit.*, p. 235.

Boltzmann considera que certas idéias ou leis do pensamento são constitutivas da forma de o homem compreender tanto o mundo quanto a vida e valorá-los; pois, para que a espécie humana possa construir o mundo, é necessário que ela possua “aprioristicamente” certas “suposições”. Entretanto, aquilo que poderia ser chamado de *a priori* boltzmaniano tem caráter histórico-natural, sua força provém da transmissão biológica de geração em geração, e não há como escapar ao confronto com a experiência. Ademais, essa constituição *a priori* da compreensão não pode ser tomada como absolutamente correta e infalível; pois, entre outros fatores, a educação e a instrução podem modificar as leis do pensamento.²⁵

²⁵ VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, Darwin... *Op. cit.*, p. 237.

O fundamental, segundo Boltzmann, é que “nós não temos o direito de querer derivar a natureza a partir dos nossos conceitos, mas, sim, de adequar os últimos à primeira”²⁶. Portanto, as afirmações, interrogações, críticas e o rigor filosófico teriam valor para a ciência caso não estivessem em contradição com a experiência comum, aquela que é compartilhada pelos homens nas práticas cotidianas. A filosofia tem a linguagem como instrumento básico através do qual elabora seus conceitos fundamentais, que, por sua vez, devem servir como instruções sobre o modo de intervenção conveniente no mundo. Segundo Boltzmann, a linguagem e a criação de conceitos filosóficos deveriam ser controladas pela análise lógica, procedimento análogo ao da

²⁶ BOLTZMANN, L. *Op. cit.*, p. 173.

experiência nas ciências naturais. Ao enfatizar a necessidade de confrontar, o quanto antes, as representações herdadas com os fatos e submeter o discurso à análise lógica, Boltzmann estava estabelecendo critérios intersubjetivos tanto para a filosofia, quanto para a ciência. Isto era importante porque deteria aquele que era o seu grande temor: o solipsismo. Para o físico teórico, era inaceitável que o conjunto de sensações de uma pessoa pudesse ser tomado como sendo a totalidade do mundo (decerto, há aqui uma crítica ao sensacionismo de Mach).²⁷

²⁷ VIDEIRA, Antonio A. P. Boltzmann, Darwin... *Op. cit.*, p. 242.

Conclusão

Pode-se criticar a teoria da evolução de Darwin por sua extrema supervalorização e flexibilidade, no sentido de ser usada para explicar todo e qualquer fenômeno, seja qual for a esfera de saber em que este ocorre. A crítica é pertinente, pois, como é comum se afirmar, uma teoria que explica tudo, na verdade, não explica nada, porquanto é impossível que abarque todos os aspectos do mundo em suas proposições. Todavia, embora Mach e Boltzmann tenham defendido concepções epistemológicas e metodológicas distintas, a idéia darwiniana surgiu como um recurso filosófico-científico comum e primordial. Conforme visto neste artigo, com a teoria darwiniana, eles puderam desenvolver as primeiras idéias naturalistas sobre a aquisição de conhecimento e a organização mental, além de encontrarem meios, que consideravam empíricos, para confrontar aquilo que julgavam ser exemplos de pensamento dogmático. Para Mach e Boltzmann, a principal conseqüência da teoria de Darwin foi, sem dúvida, a de ter situado o ser humano e todas as suas realizações dentro da natureza, não havendo qualquer coisa que estivesse fora da influência desta, nem mesmo a filosofia, nem mesmo a “Razão”.

²⁸ BOLTZMANN, L. *Op. cit.*, p. 28.

Os autores agradecem à FAPERJ pelo apoio dado a L. R. Miguel através de uma bolsa de doutorado e ao programa PRO-CIÊNCIA pela bolsa de pesquisas.

Leonardo Rogério Miguel é graduado, mestre e doutorando em Filosofia na Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

miguel.leonardo@gmail.com

Antonio Augusto Passos Videira é graduado em Filosofia, doutor em Epistemologia e História da Ciência e professor no Departamento de Filosofia da UERJ.

guto@cbpf.br

Para ilustrar o quanto Darwin foi importante não apenas para físicos profissionais como Mach e Boltzmann, mas também para a própria imagem que ambos faziam de seu tempo, este artigo se encerra com a citação de um elogio de Boltzmann à teoria da evolução:

*Caso vocês indaguem por minha convicção mais íntima se a nossa época ficará conhecida como o século de aço ou o século da eletricidade ou do vapor, contestar-lhes-ei, sem pestanejar, que ela será chamada de o século da concepção mecanicista da natureza: o século de Darwin.*²⁸

Com exceção da qualificação de “mecanicista” para a teoria de Darwin, Mach concordaria com as palavras de Boltzmann.

ANIMAIS SOCIAIS, COGNIÇÃO COOPERATIVA, EVOLUÇÃO E CULTURA O QUE NÓS TEMOS A VER COM ISSO?

Maria Cátira Bortolini

*Why should our nastiness be the
baggage of an apish past and our
kindness uniquely human? Why should
we not seek continuity with other animals
for our "noble" traits as well?*

Stephen Jay Gould

“Fazemos o homem à nossa imagem e segundo a nossa semelhança” (Gênesis, 1,26). Esta conhecida passagem bíblica dá contornos objetivos a uma bem sucedida tentativa de nos distanciar dos demais seres vivos. Outras religiões, além daquelas com berço no Oriente Médio, também sempre buscaram aproximar o homem de divindades, distanciando-o dessa maneira do reino animal. A idéia subjacente é de que houve uma ruptura brusca na trajetória da vida sobre a Terra quando surge o homem, algo bem compatível com a idealização de uma sábia intervenção externa. Mas é oportuno lembrar que, também fora da esfera místico-religiosa, as tentativas de identificar particularidades únicas no ser humano são inúmeras e muito antigas. Platão, por exemplo, definiu o homem como o único animal que não tinha penas, e que andava sobre dois pés. O grande filósofo grego percebeu que falhara em seu propósito no momento em que seu contemporâneo Diógenes, o cínico, deitou uma galinha e declarou com alarde para que todos o ouvissem: “Aqui está o homem de Platão!”

Busca pela exclusividade

Recentemente, Frans B. M. de Waal, um dos mais destacados primatologistas da atualidade, lembrou que a busca da unicidade tem sido um das batalhas mais árduas que a humanidade tem travado ao longo dos séculos.¹ O mesmo autor cunhou, inclusive, o termo *anthropodenial* para a rejeição *a priori* que alguns desenvolvem: a idéia de que podemos compartilhar com outros animais características vistas como exclusivas. Assim sendo, o vocábulo conotaria uma deliberada cegueira para não perceber características tidas como humanas em animais e características tidas como de animais em humanos.²

Em épocas recentes, as justificativas formuladas para nos distanciar dos demais seres vivos tornaram-se, evidentemente, mais sofisticadas do que aquelas que tiveram como protagonistas figuras eminentes da Grécia clássica. Afinal de contas, no século XX, definitivamente, as idéias de Darwin e a robustez da evolução biológica já estavam consolidadas, e vieram acompanhadas de conseqüências e desdobramentos inevitáveis, como o de que há um parentesco próximo entre os humanos e os grandes macacos. Dessa forma, surgiram novas e bem articuladas propostas voltadas a nos diferenciar dos demais primatas, como se o reconhecimento das identidades originadas a partir da longa trajetória evolutiva em comum por si só fosse suficiente para anular qualquer particularidade que tenha surgido nos últimos 6 milhões de anos, tempo aproximado de separação entre os humanos e as duas espécies de chimpanzés (*Pan paniscus* e *Pan troglodytes*), nossos parentes mais próximos.³ Haveria de existir algo muito especial que fosse reconhecido como um indicador inquestionável de ruptura da trajetória em comum entre o homem e os outros primatas. Alguma característica única que, definitivamente, pudesse nos remeter à tão almejada exclusividade.

A partir da segunda metade do século XX, o interesse por inovar e transmitir os novos conhecimentos para outros membros do grupo começou a figurar de forma destacada naquele cenário. Artefatos fabricados com diferentes tecnologias passaram a demarcar, inclusive, estágios importantes da evolução humana. Fabricar ferramentas era algo tão especial que motivou publicações como a do livro intitulado *Man the Tool-Maker*⁴. Na mesma época, entre os anos de 1959-1960, descobertas de fósseis na Garganta de Olduvai, na Tanzânia, levaram à descrição da primeira espécie do

¹ WAAL, F. B. A century of getting to know the chimpanzee. *Nature*, 437:56-59, 2005.

NUZZO, R. Profile of Frans B. M. de Waal. *Proc Natl Acad Sci., USA*, 102:11137-11139, 2005.

² WAAL, F. B. *Primates and philosophers. How morality evolved*. New Jersey: Princeton University Press, 2006. 204 p.

³ VARKI, A. & ALTHEIDE, T. K. Comparing the human and chimpanzee genomes: searching for needles a haystack. *Genome Res.*, 15: 1746-1758, 2005.

⁴ OAKLEY, K. P. *Man the tool-maker*. Chicago: Chicago Natural History Museum Press, 1957. 148 p.

⁵ JOHANSON, B. & EDGAR, B. *From Lucy to language*. New York: Simon and Schuster Editions, 1996.

⁶ GOODALL, J. *In the shadow of man*. New York: Houghton Mifflin Company, 1971.

⁷ VOGEL, G. Chimps in the wild show stirrings of culture. *Science*, 284:2070-2073, 1999.

MERCADER, J.; PANGER, M. & BOESCH, C. Excavation of a chimpanzee stone tool site in the african rainforest. *Science*, 296:1380, 2002.

WAAL, F. B. A century of getting to know the chimpanzee. *Op. cit.*

MATSUZAWA, T. Primate viewing. Chimpanzee behavior shows remarkable regional variation. *Nature*, 434: 21-22, 2005.

PENNISI, E. Social animals prove their smarts. *Science*, 312:1734-1738, 2006.

WHITEN, A.; HORNER, V. & WALL, F. B. Conformity to cultural norms of tool use in chimpanzees. *Nature*, 437:737-740, 2005.

WHITEN, A.; SPITERI, A.; HORNER, V.; BONNIE, K. E.; LAMBETH, S. P.; SCHAPIRO, S. J. & WALL, F. B. Transmission of multiple traditions within and between chimpanzee groups. *Curr Biol.*, 2007. (in press).

⁸ SCHAIK, C. P.; ANCRENAZ, M.; BORGES, G.; GALDIKAS, B.; KNOTT, C. D.; SINGLETON, I.; SUZUKI, A.; UTAMI, S. S. & MERRILL, M. Orangutan cultures and the evolution of material culture. *Science*, 299: 102-105, 2003.

⁹ HOFSTEDTE, G. *Cultures and organization: software of the mind*. 2nd edition. New York: McGraw Hill, 2005.

nosso gênero, batizada de *Homo habilis*, não por acaso. Acreditaram seus descobridores (casal Leakey e sua equipe) que se tratava de um homínido particularmente hábil em manufaturar ferramentas.⁵ O fato de que somente uma espécie da família *Hominidae* tenha habitado o planeta nos últimos milhares de anos, facilitou, e muito, que a alcunha “o fabricante de ferramentas” fosse associada naturalmente ao gênero *Homo* e, conseqüentemente, à nossa espécie. Éramos os únicos a desenvolver cultura, de modo que a exclusividade havia sido restaurada.

No âmbito das ciências humanas e sociais, inclusive, o papel da cultura ganhou tal peso que permitiu a propagação de idéias reducionistas extremas, abrindo espaço para a completa negação de uma natureza humana em detrimento de uma condição humana.

Fim da ilusão

O tranqüilo sossego, no entanto, não durou muito. Em 1971 chegou ao conhecimento de todos as descobertas relatadas no livro *In the Shadow of Man*, escrito pela primatóloga britânica Jane Goodall, que, de forma pioneira, acompanhou chimpanzés selvagens no Parque Nacional de Gombe (Tanzânia) por cerca de dez anos.⁶ Na obra, que se seguiu a várias publicações na revista *National Geographic*, há descrições detalhadas de como os chimpanzés fabricavam e utilizavam ferramentas em seu ambiente natural e como esta informação era transmitida para outros membros do grupo, garantindo, assim, que o conhecimento não fosse perdido ao longo das gerações. Inúmeros trabalhos posteriores, envolvendo também experimentação controlada, corroboraram a idéia de que cada comunidade de chimpanzé tinha costumes sociais diferentes, mesmo aqueles que habitavam ambientes ecologicamente similares.⁷ Recentemente foi demonstrado que o mesmo ocorria com os orangotangos (*Pongo pygmaeus*) e que tais diferenças não poderiam ser justificadas por variações genéticas intra-específicas.⁸

Cultura pode ser definida de inúmeras formas,⁹ mas, em todas há alguns elementos básicos, tais como inovação e transmissão de conhecimento, seja no sentido horizontal (entre membros não aparentados), quanto no vertical (genitores-prole), exatamente como tem sido descrito entre primatas não-humanos, particularmente entre aqueles que vivem em grupos sociais.

Entretanto, o binômio inovação-difusão é encontrado em muitas espécies de vertebrados. Dessa forma, o termo

“cultura” deveria ser reservado para espécies nas quais habilidades cognitivas sofisticadas são observadas, como é o caso dos humanos e dos grandes macacos.¹⁰ Alguns pesquisadores estão convencidos de que os chimpanzés, por exemplo, são capazes de pensar sobre o que estão fazendo e entender o que os outros estão pensando, uma combinação cognitiva que seria a base do que é conhecido como a *Teoria da Mente*.¹¹

Recentemente, uma área do conhecimento batizada de *Cultural Primatology* emerge com a proposta de ampliar os conhecimentos sobre as diferenças culturais nas distintas comunidades de chimpanzés e de outros macacos.¹² Este conjunto de estudos e outros de diferentes áreas do conhecimento, incluindo alguns surpreendentes, os quais sugerem que o surgimento da moralidade não foi simultâneo ao surgimento da nossa espécie,¹³ tornaram tão evidentes as similaridades entre nós e os chimpanzés que alguns pesquisadores propuseram, inclusive, que as duas espécies atuais de chimpanzés passassem a fazer parte do nosso gênero: *Homo sapiens sapiens*, *Homo paniscus* e *Homo troglodytes*.¹⁴ Voltamos a estar acompanhados.

Animais gregários, primatas sociais, sociedade

O *Homo sapiens sapiens* descende de uma longa linhagem de animais na qual a vida em grupo não é uma opção, mas sim uma estratégia de sobrevivência. Assim, qualquer especialista classificaria facilmente nossa espécie como sendo “obrigatoriamente gregária”, conforme diz Waal, ressaltando ainda que uma das maiores penalidades que se pode infligir a uma pessoa é o confinamento solitário.¹⁵ Além disso, numerosos estudos mostram que a saúde, tanto física como emocional, é sempre melhor quando a pessoa interage de maneira saudável com outras pessoas, sejam familiares, amigos e/ou membros da comunidade, o que demonstra a natureza social de nossa espécie.¹⁶

Como visto anteriormente, foi entre os chimpanzés que se coletou o maior número de evidências sobre a existência de cultura não vinculada à ação humana. Considerando o que sabemos sobre os chimpanzés, incluindo seu nível de parentesco conosco,¹⁷ é fácil inferir que eles também são obrigatoriamente gregários, sujeitos às mesmas benesses de uma vida em comunidade, bem como às mesmas mazelas quando solitários. Vale lembrar que os orangotangos são conhecidos como os menos sociais dos grandes macacos. Diferentes dos chimpanzés, são normalmente solitários. As

- ¹⁰ SCHAIK, C. P. et. al. *Op. cit.*
WHITEN, A. et. al. Conformity to cultural norms of... *Op. cit.*
PENNISI, E. *Op. cit.*
WHITEN, A. et. al. Transmission of multiple traditions within and between... *Op. cit.*
COHEN, J. Animal behavior. The world through a chimp's eyes. *Science*, 316: 44-45, 2007.
- ¹¹ PENNISI, E. *Op. cit.*
- ¹² MATSUZAWA, T. Primate viewing. Chimpanzee behavior shows remarkable regional variation. *Nature*, 434: 21-22, 2005.
- ¹³ GREENE, J. & HAIDT, J. How (and where) does moral judgment work? *Trends Cogn Sci.*, 6:517-523, 2002.
WAAL, F. B. *Primates and philosophers. Op. cit.*
- ¹⁴ WILDMAN, D. E.; UDDIN, M.; LIU, G.; GROSSMAN, L. I.; & GOODMAN, M. Implications of natural selection in shaping 99.4% nonsynonymous DNA identity between humans and chimpanzees: enlarging genus *Homo*. *Proc Natl Acad Sci., USA*, 100:7181-7188, 2003.
- ¹⁵ WAAL, F. B. *Primates and philosophers. Op. cit.*
- ¹⁶ WAAL, F. B. *Primates and philosophers. Op. cit.*
- ¹⁷ WILDMAN, D. E. et. al. *Op. cit.*

- ¹⁸ VOGEL, G. *Op. cit.*
SCHAIK, C. P. *et. al. Op. cit.*
- ¹⁹ NOWAK, M. A. & SIGMUND, K. Evolution of indirect reciprocity. *Nature*, 437:1291-1298, 2005.
TRAULSEN, A. & NOWAK, M. A. Evolution of cooperation by multilevel selection. *Proc Natl Acad Sci., USA*, 103:10952-10995, 2006.
NOWAK, M. A. Five rules for the evolution of cooperation. *Science*, 314:1560-1563, 2006.
LEHMANN, L.; KELLER, L.; WEST, S. & ROZE, D. Group selection and kin selection: two concepts but one process. *Proc Natl Acad Sci., USA*, 104: 6736-6739, 2007.
- ²⁰ ZUBERBÜHLER, K. & BYRNE, R. W. Social cognition. *Curr Biol.*, 16:786-790, 2006.
BROSINAN, S. F. & DE WAAL, F. B. Monkeys reject unequal pay. *Nature*, 425: 297-299, 2003.
MELIS, A. P.; HARE, B. & TOMASELLO, M. Chimpanzees recruit the best collaborators. *Science*, 311: 1248-1249, 2006.
FLACK, J. C. & KRAKAUER, D. C. Encoding power in communication networks. *Am. Nat.*, 168:87-102, 2006.
- ²¹ MATSUZAWA, T. Comparative cognitive development. *Develop Sci.*, 10:97-103, 2007.
- ²² ZUBERBÜHLER, K. & BYRNE, R. W. Social cognition. *Curr Biol.*, 16:786-790, 2006.
MELIS, A. P.; HARE, B. & TOMASELLO, M. Chimpanzees recruit the best collaborators. *Science*, 311: 1248-1249, 2006.
OHTSUKI, H.; HAVERT, C.; LIEBERMAN, E. & NOWAK, M. A. A simple rule for the evolution of cooperation on graphs and social networks. *Nature*, 441: 502-505, 2006.
MUOTRI, A. R. & GAGE, F. H. Generation of neuronal variability and complexity. *Nature*, 441:1087-1093, 2006.
- ²³ PENNISI, E. *Op. cit.*

companhias mais comuns são das mães com seus filhotes pequenos (normalmente um). Curiosamente, no entanto, comportamentos que puderam ser associados à cultura foram descritos em orangotangos, que, devido a alterações no habitat, passaram a viver em bandos.¹⁸

Mas por que o fato de viver em grupo teria favorecido o surgimento de cultura, seja entre nós, seja entre orangotangos ou chimpanzés? A resposta poderia ser óbvia se considerarmos que não adianta existir inteligência capaz de gerar conhecimento inovador se não há transmissão da informação sobre a nova tecnologia para outros indivíduos ao longo das gerações. E para isso ocorrer, evidentemente, deve haver grupos sociais estruturados, que interagem de forma cooperativa.

Evolução biológica: a causa

É possível identificar pelo menos cinco mecanismos para a evolução da cooperação: seleção de parentesco, reciprocidade direta, reciprocidade indireta, rede de reciprocidade e seleção de grupo.¹⁹ Todos esses, em seus vários níveis de organização, vêm sendo exaustivamente estudados e discutidos há pelos menos quarenta anos em disciplinas ligadas à evolução biológica. Porém, não é objetivo deste breve texto discorrer sobre o assunto. A idéia é somente ressaltar o papel da cognição cooperativa e da rede social na história da evolução biológica, particularmente entre primatas.²⁰ Além disso, são os estudos comparativos que têm permitido identificar as características cognitivas comuns a todos os primatas e aquelas exclusivas de cada espécie, gênero ou família.²¹ Por exemplo, a raiz das habilidades cognitivas presentes na nossa espécie e que também é vista nos grandes macacos pode estar justamente na vida social, já que organismos que cooperam nesse contexto teriam maior valor adaptativo.²² É importante destacar que o campo do estudo da cognição animal teve um extraordinário desenvolvimento nos últimos anos, particularmente devido à idéia de que a vida compartilhada em grupos sociais teria favorecido a evolução da inteligência.²³ Tais estudos têm demonstrado que há uma relação evolutiva dinâmica envolvendo grupos sociais (?), inteligência (?) e cultura, a qual é particularmente marcante entre os primatas. Isso, evidentemente, não quer dizer que todos os animais sociais irão desenvolver cultura, mas pode explicar porque somente entre animais sociais cultura pode ser encontrada.

Definitivamente acompanhados

Tem sido demonstrado que os grandes macacos podem sofrer de várias desordens psiquiátricas, incluindo depressão.²⁴ Patologias desse tipo foram descritas poucas vezes na natureza,²⁵ mas é comum em animais de cativeiro que sofrem maus tratos e confinamento. O ideal seria que eles não fossem encontrados em circos, laboratórios, zoológicos e casas particulares. Mas o fato é que hoje existem ainda milhares de chimpanzés e outros grandes macacos cativos que sofrem de desordens homólogas às psicopatologias humanas.²⁶ Considerando que muitas dessas enfermidades são tratáveis, Brüne *et al.* sustentam que animais vítimas de abusos deveriam ser recolhidos a refúgios e submetidos a tratamentos de apoio, envolvendo, inclusive, psico-fármacos.

O reconhecimento de que um macaco pode sofrer de uma doença emocional exatamente como qualquer um de nós resulta, talvez, na mais íntima cumplicidade já descrita entre homens e nossos parentes mais próximos. Isso vai muito além de compartilhar habilidades em fabricar ferramentas e demonstra que, definitivamente, não estamos sozinhos. Essa constatação seria assim tão ruim? Para muitos sim, pois resultaria em nosso distanciamento em relação a Deus, já que ficaríamos longe de sua imagem e semelhança. Além disso, o conhecimento profundo sobre nossa natureza e o quanto ela tem em comum com outros animais poderia representar um perigo a nossa dignidade e autonomia. Parece que a exclusão do contexto biológico seria a única forma de mantermos nossa humanidade. No entanto, para outros, o reconhecimento de que um animal possa ser merecedor de tratamento para aliviar seu sofrimento emocional, exatamente como qualquer um de nós, pode constituir um exemplo comovente e, quem sabe, seja o que ainda justifica sermos designados pelo termo *humanidade*.

²⁴ BRÜNE, M.; BRÜNE-COHRN, U. & MCGREW, W. C. Psychiatric treatment for great apes? *Science*, 306:2039, 2004.

²⁵ GOODALL, J. *The chimpanzee of Gombe: patterns of behavior*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University, 1986.

²⁶ BRÜNE, M. *et al.* *Op. cit.*

Maria Cátira Bortolini é graduada em Ciências Biológicas, doutora em Genética e Biologia Molecular e professora do Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

maria.bortolini@ufrgs.br

PARADIGMAS PRÉ-EVOLUCIONISTAS, ESPÉCIES ANCESTRAIS E O ENSINO DE ZOOLOGIA E BOTÂNICA

Dalton de Souza Amorim

As grandes mudanças com relação à compreensão da diversidade biológica no âmbito de uma visão evolutiva, proposta no século XIX, por diversos motivos não chegaram ao ensino de Zoologia e Botânica mesmo no início do século XXI. Em sua prática, o ensino dessas matérias não consegue superar a visão aristotélica. Daí decorre uma didática fundamentada na memorização de nomes de grupos e de características, sem integração interna, sem conexão com o conhecimento de outras áreas e sem apelo ao saber pessoal dos alunos – em suma, pouco atrativo para discentes e docentes. Como romper com esse paradigma? A simples apresentação dos filós (ou outros grupos) “na seqüência em que eles aparecem na filogenia” não é suficiente para abandonar a visão essencialista. São necessários desenhos diagramáticos das espécies ancestrais nos vários níveis, bem como a recuperação das características compartilhadas *entre* filós para que haja integração da informação sobre os vários grupos. Por outro lado, é possível trabalhar com o grande repertório de conhecimento que os alunos já dispõem sobre diversidade, morfologia e fisiologia animal para reconstituir as relações entre os grupos e as características que compartilham nos vários níveis da filogenia.

- 1 KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Chicago University Press, 2nd Ed., 1970.
- 2 KUHN, T. S. On learning physics. *Science & Education* 9(1-2):11-19, 1990.
- 3 DUTRA, L. H. A. Kuhn e a filosofia da educação. <http://www.cfb.ufsc.br/~wfil/kuhnport.htm>, 1999.
- 4 PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. *Investigações em ensino de ciências*, 4(3), 1996.
POMBO, O. Unidade das ciências e configuração disciplinar dos saberes. Contributos para uma filosofia do ensino. *Revista de Educação*, VIII(1):170-174, 1999.
ARRUDA, S. M.; SILVA, M. R. & LABURÚ, C. E. Laboratório didático de física a partir de uma perspectiva kuhniana. *Investigações em ensino de ciências*, 6(1), 2001.
- 5 DUSCHL, R. A. *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press, 1990.
DUSCHL, R. A., & GITOMER, D. H. Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858, 1991.
DUSCHL, R. A. & HAMILTON, R. J. (eds.). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: State University of New York Press, 1992.
COLBERN, W. W. Science education as an exercise in foreign affairs. *Science & Education*, 4(3):287-302, 1995.
- 6 ALTERS, B. J. & NELSON, C. E. Perspective: teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10): 1891-1901, 2002.
- 7 KUHN, T. S. *The structure of scientific revolutions*. Op. cit.

O modelo de dinâmica da ciência, baseado em paradigmas e períodos de acúmulo de dados, proposto por Thomas Kuhn¹, tornou-se ele mesmo um paradigma. Contudo, a dinâmica no ensino da ciência, com a substituição dos velhos por novos paradigmas no conteúdo das várias áreas, ainda é um objeto de investigação relativamente pouco explorado.

O próprio Kuhn² discutiu a relação entre o ensino e a formação de novas gerações de pesquisadores³, mas muitos dos esforços nessa área concentram-se na transposição do modelo de ciência para o ensino⁴. As dificuldades da indução pelo professor de novos paradigmas para os alunos envolvem, além dos aspectos de conteúdo, elementos sociológicos e de psicologia cognitiva.⁵ Em recente análise do ensino particularmente na área de Evolução, Alters & Nelson⁶ chegam a conclusões importantes sobre a influência de paradigmas pré-estabelecidos no aprendizado de novos conteúdos. No entanto, quase nenhum desses estudos aborda diretamente a análise do processo de substituição de paradigmas – ou seja, de evolução dos conteúdos – no ensino de cada área da ciência.

No âmbito de uma comunidade de pesquisadores, é comum que haja convívio entre paradigmas conflitantes, em especial em períodos revolucionários de uma área de investigação.⁷ A demora na substituição de paradigmas na comunidade científica de modo geral não é muito grande. Atualmente, o *turn-over* de paradigmas nos núcleos de produção de ciência costuma ser ágil, ainda que a extensão desse período varie entre áreas e tenha se acelerado nas últimas décadas. Entretanto, à medida que nos afastamos do núcleo da comunidade produtora do conhecimento, em direção ao que às vezes se chama de comunidade reprodutora do conhecimento – o ensino, em seus vários níveis –, paradigmas antigos têm prevalência cada vez maior.

No caso do ensino de Zoologia e Botânica, no entanto, o problema é particularmente atípico. Em uma época em que, na comunidade científica, não se questiona o conceito de evolução, a compreensão de alguns aspectos mais profundos da teoria evolutiva e de suas implicações ainda é consideravelmente limitada. Isso não parece diferente do que acontece com a teoria da relatividade, no que se refere a conceitos que guardam enorme distância em relação ao senso comum. Porém, se no caso da teoria da relatividade a ruptura do paradigma newtoniano ocorreu há menos de um século, no caso da evolução o referencial teórico anterior é formado por uma mistura de aspectos do essencialis-

mo aristotélico, do idealismo platônico e do criacionismo do *Genesis*, cuja idade supera 23 séculos. Mesmo deixando de lado a questão do paradigma criacionista, boa parte do ensino de Zoologia e Botânica (inclusive em nível universitário) ainda se apóia largamente em uma visão essencialista-idealista. Apesar do endosso do paradigma evolucionista, a maior parte dos pesquisadores e professores ainda observa uma conceituação e uma *praxis* essencialista ao lidar, respectivamente, com a natureza da diversidade biológica e com a organização da informação sobre o tema. A consequência é que, constando Evolução do conteúdo programático de Biologia no ensino básico, convivem formalmente dois paradigmas antagônicos: um deles, evolutivo quanto ao processo de *origem da diversidade*; o outro, essencialista-idealista quanto à *natureza das espécies e da organização da informação biológica*. As filosofias essencialista e idealista não são ensinadas ou claramente apoiadas, de modo que o ensino tradicional de Zoologia e de Botânica reduz-se a um processo de memorização de características, sem que se componha uma unidade clara do ponto de vista biológico ou filosófico. O resultado é pífio em termos de aprendizado e de motivação de professores e alunos.

Não é propósito deste artigo rever historicamente o desenvolvimento da Zoologia e da Botânica, ou mesmo a história do ensino dessas áreas. A tarefa é extensa e já está sendo realizada.⁸ O objetivo aqui é considerar o conflito paradigmático no ensino tradicional de Zoologia e Botânica e apresentar uma alternativa metodológica, sob uma abordagem estritamente evolutiva. De alguma forma, tal discussão serve como estudo de caso das dificuldades do processo de substituição de um paradigma no ensino de ciências.

⁸ Ver, por exemplo, PAPAVERO, N.; LLORENTEBOUSQUETS, J.; ESPINOSA ORGANISTA, D. & MASCARENHAS, R. *História da Biologia Comparada*. Desde o Gênesis até o fim do Império Romano do Ocidente. Ribeirão Preto: Holos, 2000.

Zoologia e Botânica: morfologia ou ordem?

É comum em alguns círculos atuais da ciência e do ensino de ciências uma visão relativamente antipática da Zoologia e da Botânica. São tidas como áreas “ultrapassadas” em sua abordagem mais morfológica, face a vertentes que incorporam tecnologia nova, particularmente a molecular. Essa é uma compreensão pobre da área, reflexo de uma concepção deficiente de seus objetivos e de seu escopo. Ainda que a morfologia pudesse ser considerada esgotada – definitivamente não está –, nesse contexto ela é um detalhe, apenas uma ferramenta, não a meta.

Zoologia e Botânica são parte do que se chama de Sistemática, que inclui ainda o conhecimento de bactérias,

fungos, vírus e organismos unicelulares com núcleo. O objetivo da Sistemática é, a partir da investigação dos grupos, *organizar* a informação sobre a diversidade. É curioso que, no momento em que o planeta vive sua crise mais grave de conservação da biodiversidade, a geração de conhecimento sobre a diversidade em si atinge seu nível de menor prestígio.

A diversidade biológica já descrita pela ciência fica pouco abaixo de dois milhões de espécies. Estimativas da diversidade real variam entre cinco e 50 milhões de espécies atuais. Esse volume de informação não pode ser apresentado e trabalhado – cientificamente ou de forma leiga – como listas de nomes de espécies ordenados alfabeticamente. Algumas contas podem mostrar a complexidade envolvida. Na construção de uma hierarquia de espécies, organizada em grupos menores, há três maneiras diferentes de agrupar três espécies duas a duas; há 15 maneiras diferentes de agrupar quatro espécies, número que sobe a 105 quando as espécies são cinco. Para 22 espécies, há mais de 13 setilhões de possibilidades de agrupá-las (ou $1,3 \times 10^{25}$). O número de possibilidades de combinar todas as quase dois milhões de espécies conhecidas é virtualmente incalculável.⁹

O significado desses números é que deixar aos usuários do sistema de classificação o papel de reordenar as centenas de milhares de espécies listadas apenas alfabeticamente seria lançá-los em um labirinto infinito. Ordenar o conhecimento da diversidade biológica é uma das tarefas mais elementares da Biologia e crucial para todo tipo de uso que se quiser fazer da informação biológica.

O sistema tradicional de classificação proposto por Lineu¹⁰, ainda que às vezes tido como uma ferramenta primária, corresponde a uma das mais extraordinárias obras de engenharia do conhecimento já desenvolvidas pelo homem. Lineu construiu um sistema aplicável a toda a diversidade. A proposição de um sistema hierárquico elimina quatrilhões e quatrilhões de relações possíveis entre as espécies, formando grupos que teriam pouca ou nenhuma utilidade para o usuário. Um grupo que incluía as palmeiras e o samambaiçu, por exemplo, apesar de alguma semelhança superficial, corresponderia a apenas uma das trilhões de associações indevidas entre espécies de plantas, imediatamente evitada pelo sistema. Note-se que o trabalho da Sistemática nos últimos dois séculos e meio é tão importante que boa parte dos agrupamentos foi incorporada ao conhecimento comum, passando aos léxicos e glossários de cada língua.

⁹ AMORIM, D. S. *Fundamentos de Sistemática Filogenética*. Ribeirão Preto: Holos, 2002. 158 p.

¹⁰ LINNAEUS, C. *Systema naturae per regna tria naturae*. Stockholm: Holmiae, 1758. v. 1, 824 p.

Talvez exatamente por se tornar parte da linguagem, no entanto, o sistema deixa de ser visto como produto de uma área da ciência e fica pouco destacado o enorme impacto que a Sistemática tem na pesquisa e no cotidiano humano.

O uso do sistema de classificação no meio científico é imenso e demanda enorme precisão. Na verdade, a classificação biológica corresponde a um sistema geral de referência para todas as áreas, implicando economia, eficiência e precisão na construção de hipóteses sobre qualquer aspecto biológico. No teste de novos fármacos, por exemplo, é indispensável uma compreensão exata da relação entre os vários grupos de vertebrados, e do nível de surgimento de características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas para que a aplicabilidade dos testes para o homem possa ser devidamente inferida.¹¹

Zoologia e Botânica, portanto, são apenas nomes para duas delimitações do imenso ordenamento proposto para a diversidade biológica conhecida. O uso da morfologia não deve ser visto com estranheza: apenas é a fonte mais barata de informação, a de uso mais antigo e a que dispõe de mais dados acumulados, permitindo comparabilidade ampla entre todas as espécies já descritas. A Sistemática, portanto, não se apóia sobre a morfologia em particular, mas sobre uma base de dados – morfológicos, moleculares, fisiológicos, histoquímicos, comportamentais etc. – que cresce apenas gradualmente.

Paradigmas idealistas e essencialistas na Zoologia e na Botânica

Essencialismo e idealismo são assuntos da filosofia. Contudo, é necessário considerar aqui, ainda que brevemente, sua relação com a Zoologia e a Botânica. O idealismo platônico é relevante, nesse contexto, na medida em que estabelece um modelo para a natureza das espécies e para as relações entre elas. No modelo de Platão, a cada espécie existente corresponderia um tipo ideal dessa espécie. Todos os indivíduos de uma mesma espécie seriam cópias imperfeitas desse mesmo *tipo ideal*, que existiria em um mundo ideal ou das idéias. Por causa da natureza atemporal e perfeita desse mundo, os tipos seriam perfeitos e imutáveis. Portanto, se o tipo jamais se modifica, as imperfeições nas inúmeras cópias do tipo ideal ao longo das gerações corresponderiam apenas a “variações sobre o mesmo tema”: nunca haveria qualquer direção nas mudanças ou modificação do que fosse a natureza da espécie. Igualmente

¹¹ AMORIM, Dalton S. & AMORIM, Dalmo S. Phylogenetic approaches on immunological and parasitary studies: some comments on potential research programs. *Bras. J. Medic. Biol. Res.*, 25:967-971, 1992.

relevante, como os indivíduos das várias espécies são cópias de entidades distintas – os vários tipos ideais –, *não há qualquer conexão histórica ou material entre as espécies.*

Aristóteles opõe-se sob diversos pontos de vista a essa concepção de mundo e à maneira de Platão fazer filosofia, mas não nega o conceito de inalterabilidade das espécies e a ausência de conectividade entre elas. Além de seu domínio filosófico e de outras áreas de ciências empíricas, Aristóteles era detentor de um imenso conhecimento zoológico e botânico, e foi capaz de avançar conceitos extremamente elaborados em Biologia, como os de homologia e analogia, semelhanças compartilhadas, hierarquia de grupos etc. As semelhanças entre as espécies, para Aristóteles, teriam sua origem em essências compartilhadas. As essências seriam atemporais, implicando que tanto essas quanto as espécies que as portam seriam fixas. As diferenças entre indivíduos da mesma espécie seriam devidas a “acidentes da matéria” – portanto alheias ao interesse da ciência, que busca universais e não particulares. As diferenças entre espécies, por sua vez, seriam resultado de diferentes combinações entre essências, além da presença de essências próprias de cada espécie. Na visão de Aristóteles, ainda que as espécies não tivessem nenhum tipo de relação material ou histórica, o *compartilhamento de essências* permitia, pelo método da diérese platônica, a criação de grupos taxonômicos representados em um sistema lógico – uma classificação. As classes ou agrupamentos são definidos, nesse contexto, por listas de características – essências – compartilhadas. Eis as bases do ensino atual de Zoologia e Botânica.

Modelos evolutivos

A questão da evolução das espécies confronta-se antes com a visão fixista do idealismo platônico que com a visão criacionista. Há modelos *criacionistas evolucionistas* viáveis, como a própria proposta de Lamarck¹². De fato, no período entre o final do século XVIII e o início do século XIX, o aspecto do idealismo platônico que confere estabilidade às espécies – o fixismo – parece ter sido o conceito a superar. No ensino, o contexto filosófico compreendendo a discussão da origem da teoria evolutiva é relegado a segundo plano, o que dificulta a compreensão dos modelos propostos e de seus significados. Parece claro que a exclusão da filosofia como matéria na formação básica – em uma época fortemente positivista e de redução de custos na educação – é responsável por inúmeras das deficiências no aprendizado de ciências e na formação de conceitos.

¹² LAMARCK, Jean-Baptiste de. *Zoological Philosophy*. New York: Hafner, 1809. (Transl. H. Elliot, 1963).

Ainda que com um modelo hoje considerado frágil, Lamarck tem o grande mérito de ter questionado o conceito fixista das espécies. A visão evolutiva de Lamarck, no entanto, não ataca a explicação criacionista para a origem das espécies. Questionar o fixismo, mesmo com uma base criacionista, certamente correspondia a questionar o conceito de tipos ideais e, por extensão, o conceito de ideal ou de perfeição. É necessário compreender, portanto, que a ruptura do paradigma fixista das espécies posiciona-se além dos limites de uma discussão biológica, no domínio da filosofia. Isso ajuda a dimensionar a dificuldade de superar os conceitos pré-evolutivos no âmbito do ensino, tanto por parte de alunos quanto de professores.

Darwin e Wallace propuseram um modelo explicativo extremamente poderoso para o processo de modificação das espécies. O modelo darwinista põe em cheque o fixismo clássico com apoio em dois conceitos dificilmente questionáveis: a existência de variabilidade herdável subjacente às espécies (mecanismo pouco compreendido à época, mas demonstrado por Darwin) e a sobrevivência diferencial dos indivíduos de populações. Uma vez que as populações não crescem geometricamente, as mortes a cada geração resultam em um mecanismo natural de seleção das características dos sobreviventes. A associação entre esses dois conceitos resulta no fato de que as espécies se alteram *direcionalmente* ao longo do tempo.

O aspecto da seleção da variabilidade pré-existente é o mais conhecido e discutido do paradigma darwinista. No entanto, o modelo contém um elemento adicional largamente subestimado em estudos de história da Biologia. Fosse apenas pela abordagem selecionista, o modelo de Darwin se reduziria a mais uma visão criacionista-evolucionista. Mais que isso, no entanto, a proposta de Wallace e Darwin adiciona o conceito de que as espécies têm *conexão histórica*, material: a origem das espécies atuais é explicada por um processo de divisão de espécies pré-existentes, as *espécies ancestrais*, gerando novas entidades. Isso inviabiliza o segundo aspecto da visão idealista-essencialista, a ausência de conexão direta entre as espécies. Essa é uma tese efetivamente revolucionária, sem a qual a teoria evolutiva de Darwin não teria sequer um traço de seu impacto científico e social. Ainda assim, sua importância no contexto da teoria evolutiva passa despercebido em sentido histórico, cognitivo, epistemológico e metodológico.

Uma das implicações mais relevantes desse aspecto do modelo darwinista é que se tornou possível representar

a *história da diversidade*, conectando as espécies atuais em diferentes níveis numa grande unidade. Os diagramas que representam essa história são chamados de *filogenia*. Uma filogenia é constituída por nada mais que espécies ancestrais, em diferentes níveis até chegar às espécies atuais. A hierarquia de parentesco entre as espécies é a explicação para a hierarquia de semelhanças entre elas.

De fato, é surpreendente que a maioria dos historiadores do evolucionismo tenha dado ênfase tão grande ao *processo* que explica a mudança e conferido menor importância à contribuição mais original do darwinismo: a *percepção da existência de uma filogenia*. Essa ênfase limitada talvez se justifique pelo fato de que a filogenia define-se como um dos conceitos evolutivos mais abstratos. A mudança nas características das espécies é algo relativamente palpável, que se pode observar e medir. Mas a conexão entre as espécies pertence ao tempo passado e jamais pode ser observada diretamente. Espécies ancestrais não são um “processo” que possa ser repetido experimentalmente, mas indivíduos históricos, entidades transtemporais. Certamente, um modelo em que as espécies se fragmentam é universal, mas as espécies ancestrais dos grupos existentes são “fatos” e não podem ser observadas diretamente.

Considerando que o conceito de filogenia ocupa uma posição central no modelo de Darwin e de Wallace, seria mais razoável que tivesse sido chamado de filogenético-evolutivo, para diferir da visão lamarckista, apenas evolutiva. A idéia de que os humanos pudessem ter um ancestral símio causou mais resistência no entorno social do darwinismo emergente que o conceito de que as espécies se modificam. O conceito de filogenia – ou seja, a idéia de parentesco entre as espécies, inclusive a humana – parece ter sido uma fonte de controvérsias mais grave na metade do século XIX do que os aspectos puramente não-fixistas do modelo.

As dificuldades na compreensão das implicações do conceito de uma filogenia podem ser observadas em outros aspectos da história do evolucionismo. De um lado, Darwin propôs a *existência* de uma filogenia que interliga todas as espécies. A filogenia, portanto, é algo que se descobre. No entanto, ele não propôs um *método* que permitisse descobrir ou recuperar essa filogenia. Haeckel¹³, com apoio em seu enorme conhecimento de Zoologia e Botânica, começou muito cedo a propor “árvores filogenéticas” para os vários grupos de animais e plantas. Contudo, tampouco Haeckel tratou de um método de inferência filogenética. Esse método

¹³ HAECKEL, E. *Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen*. Berlin: Reimer, 1886.

- ¹⁴ HENNIG, W. *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*. Deutsche Zentral Verlag, 1950.
HENNIG, W. *Phylogenetic Systematics*. *Ann. Rev. Entomol.*, 10:97-116, 1965.
HENNIG, W. *Phylogenetic systematics*. Urbana: University of Illinois Press, 1966.
AMORIM, D. S. *Fundamentos de Sistemática Filogenética*. *Op. cit.*
- ¹⁵ HENNIG, W. *Phylogenetic systematics*. *Op. cit.* p. 20.
- ¹⁶ HENNIG, W. *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*. *Op. cit.*

precisou esperar quase cem anos para ser lançado, com os trabalhos do entomólogo alemão Willi Hennig.¹⁴

Além da ausência de um método de reconstrução filogenética, Darwin, Wallace e boa parte dos evolucionistas e neodarwinistas que os seguiram não viram a necessidade de rever o sistema classificatório proposto por Lineu. Darwin percebeu a relação entre a hierarquia filogenética e a hierarquia sistemática¹⁵, mas não avançou além disso para propor um novo sistema de classificação, o que veio apenas com Willi Hennig¹⁶.

Assim, a despeito da revolução a que o surgimento do conceito de uma filogenia corresponde, a compreensão limitada de suas implicações provavelmente minou as possibilidades de estender rapidamente a outras áreas as mudanças que ele gera. A ausência de um método filogenético (e, por conseqüência, a ausência de uma filogenia reconstruída de forma rigorosa), bem como a ausência de uma conexão entre a filogenia reconstruída e a classificação proposta fabricaram o convívio pacífico desses dois paradigmas antagônicos: o modelo filogenético-evolutivo de Darwin e de Wallace e o sistema idealista-essencialista das classificações tradicionais. O resultado colhe-se inclusive no ensino.

Fim do conflito? Alternativas

A compreensão deficiente do conceito de filogenia tem implicações tanto na pesquisa quanto no ensino. Quando um agrupamento que não corresponde a uma unidade histórica – tecnicamente, um grupo que não seja monofilético – é equivocadamente tomado como tal, muitas das inferências feitas com base nesse tipo de “grupo” são equivocadas. Não apenas as conclusões a que se chega são errôneas, mas também se perde o poder preditivo que a filogenia como ferramenta gera.¹⁷

Alguns docentes de diferentes níveis de ensino, incluindo universitário, dizem que ministram Zoologia “na seqüência evolutiva”, o que é insuficiente. Nas aulas, às vezes se afirma que as relações de proximidade entre os filós animais se devem à evolução, mas mesmo quando isso ocorre não se explicita o conceito de filogenia ou se consideram suas implicações. De fato, o ensino de Zoologia e Botânica continua constituído apenas pela apresentação de grupos taxonômicos e pelos conjuntos de características de cada grupo. Memorizar “na seqüência evolutiva” não corresponde a uma visão darwinista. Ainda que sob roupagem evolucionista, a *praxis* subjacente é exclusivamente essencialista.

- ¹⁷ AMORIM, Dalton S. & AMORIM, Dalmo S. *Op. cit.*

As mesmas dificuldades do período inicial do paradigma evolucionista na pesquisa existem no ensino: falta de percepção da importância dos conceitos de ancestralidade e de filogenia, ausência de um método filogenético, ausência de filogenias reconstruídas de modo preciso e falta de percepção das relações entre filogenia e classificação. Com essas condições de entorno, é perfeitamente natural que o ensino de Zoologia (e o mesmo se aplica à Botânica) se reduza à memorização de características pouco claras de agrupamentos taxonômicos com nomes em latim.

Não se deve levantar queixa contra os professores que ensinam Zoologia e Botânica sob essa abordagem tradicional. De um lado, os paradigmas essencialistas permeiam a formação que receberam, de conceitos, de conteúdo e de método de ensino. De outro, alguns professores têm tal habilidade didática que são capazes de tornar interessante para os alunos mesmo uma matéria em que convivem dois paradigmas incompatíveis.

É possível, no entanto, escapar desse conflito. O desenvolvimento da Sistemática Filogenética¹⁸ e de um conjunto de ferramentas conceituais geraram as bases para transpor a visão filogenética para o Ensino Básico. Esse modelo foi desenvolvido e colocado em prática em diferentes circunstâncias nos últimos anos, revelando capacidade de gerar motivação e compreensão de conceitos.¹⁹ Essa opinião a respeito do método foi emitida tanto por alunos quanto por professores que o têm aplicado no Ensino Fundamental e no Ensino Médio.

No Anexo deste artigo, encontra-se a descrição do desenvolvimento de uma aula estruturada para alunos de 6ª Série, a ser ministrada no início do semestre em que está programada Zoologia. A aula também pode ser dada em séries mais adiantadas, como na 2ª Série do Ensino Médio ou na Universidade, fazendo-se as devidas adaptações de objetivos, extensão e conteúdo. Ministradas no ensino universitário desde 1987, aulas com esse perfil começaram a ser aplicadas para a 6ª Série e para o Ensino Médio, conforme o programa mantido pelo Laboratório de Ensino de Ciências da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (Universidade de São Paulo) a partir de 1997.²⁰

Recomenda-se que o Anexo seja lido antes de seguir adiante. Alguns elementos conceituais que sustentam essa estrutura e algumas implicações importantes em termos de aprendizado são apresentados a seguir. O *modus faciendi*

¹⁸ HENNIG, W. *Phylogenetic systematics*. *Op. cit.*

¹⁹ AMORIM, D. S.; SISTO, A. S.; LOPES, D. R. N.; BRAGA, J. A. & ALMEIDA, V. L. F. O. Diversidade biológica e evolução: Uma nova concepção para o ensino. p. 9-17. In: BARBIERI, M. (org.). *Aulas de Ciências*. Projeto LEC-PEC de Ensino de Ciências. Ribeirão Preto: Holos, 1999.

AMORIM, D. S.; D. L. MONTAGNINI; CORREA, R. J.; NOLL, M. S. M. C. & NOLL, F. B. Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino de zoologia e botânica no 2º grau. p. 38-45. In: BARBIERI, M. (org.). *A construção do conhecimento do professor*. Uma experiência de integração de professores do ensino fundamental e médio da Rede Pública à universidade. Ribeirão Preto: Holos, 2002.

²⁰ BARBIERI, M. (org.). *Aulas de Ciências*. *Op. cit.*

dessa aula pode ser considerado como um ovo de Colombo, mas é necessária atenção para a quantidade de pressupostos e elementos subjacentes que condicionam sua estrutura e seus resultados. Se não houver grande cuidado na formação complementar de professores e no estabelecimento de novos programas, corre-se o risco de teorização desnecessária e domínio incompleto de conceitos e práticas, de modo que sua aplicação em escala mais ampla resultará apenas em mudança do conteúdo a ser memorizado sem compreensão, e não em mudança direcionada a uma formação de qualidade.

Simplicidade

A aula é intencionalmente simples em relação à adição de conhecimento técnico novo e à dependência de tecnologia. Isso permite sua implementação em situações escolares mesmo precárias. De fato, a dinâmica da aula baseia-se principalmente na indução da compreensão a partir do questionamento dos próprios alunos e numa visão estrutural dos organismos.

É necessário deixar claro que, na abordagem aqui proposta, *essas aulas não pretendem transmitir especificamente conteúdos de evolução, de filogenia, de método filogenético, de sinapomorfias ou de grupos monofiléticos*; devem basicamente consolidar a noção de *ordem subjacente à diversidade* para que, em outro momento, esses conceitos possam aparecer naturalmente. Tal ordem está e sempre esteve sob nosso nariz e pode ser visualizada inclusive com o universo de conhecimento dominado por crianças e adolescentes. A descoberta da ordem é um processo empírico (na aula, induzido), o que repete a história da ciência, em que a percepção de que existe *ordem taxonômica* na natureza biológica (além da ordem energética ou ecológica) precedeu a *explicação* evolutiva e o conceito de filogenia. A compreensão da existência dessa ordem tem várias decorrências no ensino, criando para os alunos as condições cognitivas necessárias para perceber e compreender (1) a conectividade entre os planos de organização dos grupos, que mais à frente pode levar aos conceitos de (2) evolução, (3) ancestralidade, (4) filogenia, (5) características derivadas compartilhadas (sinapomorfias), (6) homologia e (7) grupos com origem única (monofiléticos).

Ao menos na 6ª Série, não é necessário colocar esses conceitos em pauta, a não ser que os alunos perguntem. Isso significa que o modelo explicativo deveria surgir como resposta a uma pergunta levantada – pelo aluno na aula ou,

mais adiante, pelo próprio professor aos alunos: “Como é possível que os grupos sejam tão parecidos em sua estrutura, apesar das diferenças externas?”.

Praticamente todo o conhecimento de Biologia (e não apenas de Zoologia e Botânica) ministrado no restante dos Ensinos Fundamental e Médio colaboram para reforçar a percepção de ordem biológica e para responder a essa pergunta sobre causalidade. O fato de, nesse primeiro momento, não serem apresentados em aula elementos teóricos adicionais – hipóteses, conceitos, modelos, explicações – permite uma sinalização mais clara sobre a ordem existente.

Construção da aula com os alunos

Desse ponto de vista, a aula é construída a partir do conhecimento dos alunos. É preciso considerar as críticas ao construtivismo²¹, evitando que a discussão em sala se reduza à capacidade de associação contida no senso comum. Os principais conceitos evolutivos a serem formados são exatamente os que faltam no senso comum. Feito esse óbice, vale observar que os alunos, mesmo em áreas altamente urbanizadas, detêm uma quantidade relevante de conhecimento descritivo de Zoologia. Ainda que ignorado ou visto pelos professores na estrutura tradicional de ensino como se não fosse técnico ou legítimo, esse conhecimento é mais que suficiente para entabular uma discussão extensa sobre ordem dos grupos de animais.

Ancestralidade

O conceito de ancestralidade, como afirmado acima, é a decorrência natural mais importante subjacente à aula. É uma decorrência, não uma premissa que os alunos devem ter para que possam compreender o assunto. Apesar de não ser colocado explicitamente aos alunos, o *professor* deve ter o conceito de ancestralidade em mente quando desenvolve o plano de aula, uma vez que a representação dos ancestrais aparece repetidamente. Eles são desenhados em cada nível do diagrama – que corresponde à própria filogenia – e são modificados para gerar outros ancestrais.

Em termos de mudança de paradigma, como foi comentado acima, é a inserção do conceito de ancestralidade que supera o essencialismo e o idealismo, embutidos na abordagem tradicional. Assim, se o desenho que corresponde aos ancestrais não estiver presente, os demais elementos de simplificação gráfica, homologia e ordenamento contidos

²¹ SUCTHING, W. *Constructivism deconstructed. Science and Education*, 1(3):223, 1992.

MATTHEWS, M. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York and London: Routledge, 1994.

na aula não terão o efeito pretendido, mantendo-se a ótica essencialista. A apresentação de grupo após grupo sem indicar a condição do ancestral conserva a noção de que os filós são entidades estanques e as características compartilhadas não são homólogas em sentido estritamente evolutivo.

Uma das fontes da força cognitiva da imagem do ancestral advém de sua própria natureza evolutiva: ele não detém nenhuma das características próprias de seus descendentes; ou seja, ele é livre das “idiossincrasias” dos descendentes (ou, tecnicamente, das autapomorfias). Além disso, os ancestrais em cada nível acumulam todas as características surgidas antes de sua origem. Assim, o ancestral tem o poder de síntese, de conexão entre o passado e o futuro em cada grupo. Ele é o elemento central de agregação dos grupos – ou seja, dos organismos e de suas características. Como ocorre com o próprio modelo filogenético-evolutivo de Darwin e de Wallace, é a ancestralidade que confere o sentido de unidade à diversidade.

Homologia

É necessário dizer para uma criança que a cabeça de uma ema é homóloga à cabeça de um tiranossauro, de uma anta, de um peixe ou de um inseto? Evidentemente que não. Ainda que a base teórica subjacente ao conceito de homologia seja muito profunda, ele nasce empiricamente: homologia é a explicação mais simples ou parcimoniosa para uma enorme quantidade de observações empíricas. O conceito de homologia surgiu antes da teoria evolutiva, tendo estado presente em Aristóteles, Lancaster e Owen. Dentro do paradigma evolutivo, ele reaparece em Darwin e Haeckel com um sentido evolutivo para as semelhanças compartilhadas. No caso da homologia, também vale a recomendação de dar aos alunos a explicação apenas depois da pergunta. As cores iguais para os vários grupos chamam a atenção dos alunos subliminarmente para as relações de homologia. Levantar a difícil discussão conceitual de homologia na 6ª Série não parece útil ou desejável.

Sinapomorfias ou características derivadas compartilhadas

Mesmo em ambientes acadêmicos na Biologia, o conceito de sinapomorfia ainda é ignorado ou pouco compreendido. Os alunos, no entanto, respondem naturalmente à pergunta “O que é que os cnidários têm, que os

coanoflagelados e poríferos não têm, e que o restante dos animais também têm?”. Ainda que tecnicamente esse não seja exatamente o método de inferência, as respostas a perguntas como essa são as sinapomorfias de um grupo. Novamente, compreender a pergunta e saber respondê-la a partir do próprio conhecimento dos grupos é mais importante do que decorar listas de características ou a própria definição de sinapomorfia. Questionados, os alunos fornecem “sinapomorfias” para virtualmente todos os níveis, da base ao alto do diagrama, sem maiores dificuldades. Certamente, é necessário um guia das características mais importantes para ajudar o professor a conduzir essa discussão. Há características que valem a pena não esquecer e outras que são completamente dispensáveis, dependendo do nível de ensino.

Representações diagramáticas

Quanto mais artísticos e elaborados forem os desenhos no quadro, maior parece ser a quantidade de alunos que, talvez por não dispor de habilidade técnica para o desenho, deixam de copiá-los em seus cadernos e envolver-se na aula. A simplicidade do desenho aproxima o aluno do conteúdo da aula. Além disso, a representação diagramática retira da discussão tudo o que não é do interesse específico da aula. Incluir fotografias dos animais de cada filo (sempre de espécies atuais) é útil ou indispensável em outro momento, mas no contexto dessa aula faz com que se perca a visão estrutural – o *bauplan* – dos grupos.

De modo geral, as características de qualquer espécie atual acumularam-se durante dezenas ou centenas de milhões de anos, entre a origem do ancestral de um filo e a origem dessa espécie particular (com inúmeras ancestrais intermediárias). Isso significa que uma espécie atual tem um grande número de características que não existiam na ancestral. Assim, a representação diagramática – ao invés de uma reprodução fiel – na construção de um modelo de cada filo evita a confusão que resulta da inclusão de características que não existiam na espécie ancestral.

Finalmente, o excesso de informação faz com que se perca o foco. Em aulas sobre cada filo em particular, é possível acrescentar outras características a seu plano-básico dos filios, como coloração externa, textura, tamanho absoluto, forma de locomoção e detalhes de *habitat*, alimentação, sistema respiratório, sistema reprodutor etc. Portanto, na aula proposta, nada do que não está sendo

discutido é incluído nos desenhos diagramáticos. Mantém-se, à medida que vão surgindo, apenas forma geral, tubo digestivo, sistema nervoso, sistema circulatório e talvez pouco mais.

Conhecimento prévio

A maior parte de todo o conteúdo dado em uma aula como essa sobre os animais ou suas características é do domínio de alunos da 6ª Série. De modo geral, os grupos acrescentados são apenas coanoflagelados, poliquetos e lírios-do-mar (sem ênfase para a memorização dos nomes). Quase todas as características compartilhadas pelos filos também estão presentes na espécie humana. Isso é extremamente importante, pois faz com que o conteúdo das aulas de Zoologia seja auto-referenciado (uma diferença em relação à Botânica). De modo geral, os alunos de cidades pequenas ou que moram mais próximos de áreas rurais têm muito mais domínio do assunto que os alunos em condições estritamente urbanas. Isso permite, adicionalmente aos ganhos acadêmicos da aula, um processo de valorização dos alunos por atributos pouco usuais, que não são os de classe social, oportunidade de acesso à informação, intelectualização etc. Na experiência acumulada até agora com a prática dessa aula esse fato provoca uma mudança na dinâmica de atribuição de valor entre os alunos por excelência no domínio de conteúdos. Isso está de acordo com preceitos e práticas amplamente utilizados na pedagogia de Paulo Freire²², em que se parte do conhecimento disponível pelos alunos para a construção de novos conceitos. De fato, dificilmente conceitos abstratos e novas formas de ver o mundo, a que os novos paradigmas correspondem, conseguem-se implantar se não é feita uma ponte com os referenciais disponíveis no universo cognitivo disponível.

²² FREIRE, P. *Educação como prática da liberdade*. 19ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1989. 150 p. (1ª ed. 1967).

Latim

É comum a confusão entre domínio de conhecimento em Zoologia e Botânica com conhecimento de nomes. Zoologia não é conhecimento de nomes em Latim ou de nomes técnicos de morfologia. Zoologia é o conhecimento descritivo dos animais – que os alunos têm em alguma extensão – e das deduções de ordem ecológica, funcional e evolutiva que possam ser feitas a partir desse conhecimento.

A maior parte do conhecimento estrutural dos grupos de animais nessa aula já é de domínio dos alunos na 6ª Série.

Alguns poucos nomes novos precisam ser usados, como “coanócitos” ou “protonefrídeos”. Os nomes latinos dos filos, como Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes etc., podem ser colocados, mediante a observação de que eles não são o objetivo da aula ou a parte mais importante e que a memorização vem aos poucos. No início, os coletivos esponjas, medusas, anêmonas e planárias são suficientes. Isso soluciona a ansiedade que a presença de novos nomes pode causar.

Há uma questão adicional aqui. O recurso a uma abordagem técnica e hermética é referido na teoria da educação como recurso a um *mecanismo de poder* por parte de professores.²³ A isso está associado o conceito do que é ser um bom professor. Deter conhecimento – ao invés de deter os meios de despertar a compreensão – é visto com alguma frequência como indicador de qualidade do professor. No caso de Zoologia e Botânica, é possível que algum hermetismo por parte da maioria dos professores seja devido à simples confusão entre o que é conhecimento zoológico de fato e o que é apenas nomenclatura técnica. A experiência com esse modelo de aula mostra uma grande motivação dos alunos pela simples descoberta de que eles não são tão ignorantes assim, que a Zoologia não é tão difícil, que o objetivo não é ficar decorando nomes e que eles podem chegar às principais conclusões a partir de seu conhecimento – respondendo às perguntas apropriadas. Com esse clima, o aprendizado de nomes dos grupos e de suas estruturas ocorre como pano de fundo.

Filogenia dos animais

A ordem particular utilizada na aula constante no Anexo – isto é, a filogenia particular utilizada – não é casual. Apóia-se em vários anos de estudo de filogenia dos grandes grupos animais²⁴ e representa uma, dentre várias hipóteses conflitantes na literatura. Na opinião desses autores, essa é a filogenia mais provável e mais econômica para a evolução dos animais, se considerada uma grande quantidade de informação frequentemente descartada nos estudos tradicionais. Isso significa que, apesar de não colocadas em discussão, determinadas decisões por trás da cena modelam os resultados.

Essa filogenia diferencia-se da maior parte das alternativas por posicionar os deuterostômios entre os poliquetos tubícolas, e os artrópodes, entre os poliquetos errantes. No entanto, a simplificação devido à retirada da maior parte dos

²³ FOUCAULT, M. *Vigiar e Punir*. Petrópolis: Vozes, 1995.

FURLANI, L. M. T. *Autoridade do professor: meta, mito ou nada disso?* 3. ed. São Paulo: Cortez & Autores Associados, 1991.

²⁴ CHRISTOFFERSEN, M. L. & ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E. A phylogenetic framework of the Enterocoela (Metameria: Coelomata). *Rev. Nordestina Biol.*, 9(2): 173-208, 1994.

CHRISTOFFERSEN, M. L.; AMORIM, D. S. & MARQUES, A. C. Further evidence for the monophyly of the Ecdysozoa: support from morphology. *16th Meeting of the Willi Hennig Society*. Washington, 1997.

CHRISTOFFERSEN, M. L.; AMORIM, D. S.; ALMEIDA, W. O.; SILVA, G. S. & GARRAFFONI, A. R. S. What if “Polychaeta”, “Annelida” and “Articulata” are not monophyletic? Articulating the Metameria, p. 31. *VJth International Polychaete Conference*. Curitiba, 1998.

ALMEIDA, W. O. & CHRISTOFFERSEN, M. L. *Análise cladística dos grupos basais de Metameria*. Uma nova proposta para o posicionamento dos Arthropoda e grupos afins entre os poliquetos errantes. Série Teses, Dissertações e Monografias – 1, 2ª Edição. Ribeirão Preto: Holos, 2002.

ALMEIDA, W. O.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; AMORIM, D. S.; GARRAFFONI, A. R. & SILVA, G. S. Polychaeta, Annelida, and Articulata are not monophyletic: articulating the Metameria (Metazoa: Coelomata). *Revta. Bras. Zool.*, 20(1):23-57, 2003.

filos faz com que o impacto da topologia particular usada seja relativamente baixo. A compreensão nesse momento restringe-se aos conceitos de ordem, de homologia e de conectividade entre os diversos planos corporais e não da filogenia particular apresentada entre os grupos. Ainda assim, essa mesma estrutura de aula pode ser dada a partir de qualquer filogenia, sendo apenas necessário fazer surgir independentemente algumas características. No caso de manutenção da monofilia dos Protostomia, como é proposto pela maior parte dos livros atuais, o tubo digestivo completo, o peristaltismo, os protonefrídeos, os metanefrídeos, os pacotes celomáticos, o sistema circulatório, o coração, o pedúnculo, a metamerização, as larvas com formato trocoforóides, entre outras características, precisariam surgir duas ou mais vezes na evolução dos animais.

Fragmentação do conhecimento

A fragmentação no ensino é alvo fácil de críticas na teoria do ensino.²⁵ Contudo, não é fácil encontrar alternativas que permitam conexões múltiplas entre as matérias. Romper a fragmentação em uma área de ensino demanda novos paradigmas de ensino na área. Isso implica mudanças de cultura escolar, de cultura do professor e de estruturação didática e cognitiva dos conteúdos; mudanças mais amplas, para evitar essa fragmentação da educação, escapam a uma disciplina específica. A própria fragmentação burocrática das disciplinas dificulta a comunicação entre professores e a integração de conteúdos.

Na Biologia, parte dessa mudança está no uso de filogenias para correlacionar grupos diferentes, características diferentes, tempo e processos evolutivos. Mas a disponibilidade dos conceitos é insuficiente, no sentido de que eles estão na literatura há décadas sem que tenha sido possível romper o ensino fragmentário. São necessários modos de articulá-los, linguagem adequada e estratégias de formação de conceitos por parte dos alunos, ainda por ser desenvolvidos. A proposta feita aqui pretende servir como elemento integrador, se os demais conteúdos puderem ser referenciados nessa aula.

Noções de saúde humana

A apresentação de conteúdos de biologia humana é indispensável na formação escolar básica. Em várias séries, no entanto, os conceitos de saúde costumam preceder uma compreensão mais ampla dos problemas biológicos envolvi-

²⁵ LÜCK, H. *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos*. Petrópolis: Vozes, 1994.
BALL, D. L. Bridging practices: Intertwining content and pedagogy in teaching and learning to teach. *Journal of Teacher Education*, 51(3): 241-247, 2000.

dos. Pelo menos para as séries mais adiantadas, é possível utilizar esse conceito de ordenamento dos grupos (ou a própria filogenia) na apresentação de outros grupos, como bactérias, vírus e organismos eucariotos unicelulares. Isso integraria a compreensão dos grupos, seus ciclos de vida e suas características biológicas.

Muito da parte aplicada do conhecimento biológico está ligado a doenças humanas. A compreensão da natureza das bactérias e dos vírus faz com que seja fácil compreender a biologia das doenças parasitárias e infecciosas e das ações de prevenção. Animais e plantas também adoecem por viroses e infecções bacterianas! A eficiência de ações públicas de saúde está diretamente relacionada à compreensão da biologia dos agentes patogênicos, dos organismos afetados e, quando é o caso, dos agentes transmissores. É bem sabido que há uma enorme confusão entre o mosquito transmissor da dengue e a virose que ele transmite. Para que campanhas educativas tenham sentido cognitivo, é necessário algum conhecimento biológico subjacente. O mesmo se aplica a grupos de animais parasitas, como em Platyhelminthes, Nematoda ou Arthropoda. A origem da vida, as modificações de bactérias autotróficas em vários tipos de bactérias heterotróficas e a origem dos vírus, dos organismos eucariotos e da condição multicelular em plantas e animais podem ajudar a compreender a origem e a natureza das muitas doenças infecciosas humanas.

De outra parte, temas que portam grande tabu, como a sexualidade, permitem uma abordagem indireta. A compreensão de que a união entre gametas em qualquer grupo de animais (e outros eucariotos, como as plantas) resulta em reprodução permite apresentar a questão da reprodução humana apenas como um caso particular, sob uma ótica completamente diferente. O ponto de abordagem será a indicação das diferenças nas condições em que gametas são liberados no homem e na mulher, nas condições em que a união dos gametas pode ocorrer e no quanto o ato de transmissão de gametas pode transferir também organismos patogênicos. Doenças sexualmente transmissíveis (DSTs) não são apenas problemas humanos. Da mesma forma, outros assuntos, como alimentação adequada, o funcionamento de órgãos e as mitocôndrias como bactérias intracelulares simbióticas, podem ser abordados sob uma perspectiva comparativa, a partir das relações de proximidade da espécie humana com outros organismos.

Novos desenvolvimentos

A aula apresentada no Anexo inclui apenas a exposição inicial da ordenação dos grupos de animais, indicando características compartilhadas em vários níveis. Um programa que usa esse sistema, no entanto, não se esgota aqui. Como foi comentado acima, o mesmo sistema pode ser aplicado a plantas e aos demais grupos de organismos – bactérias, fungos, vírus, protozoários etc. Além disso, mesmo ao longo do semestre em que se ministra Zoologia na 6ª Série do Ensino Fundamental ou na 2ª Série do Ensino Médio, outras aulas podem remeter a essa. Aulas práticas extremamente simples, por exemplo, podem ter implicações importantes. Não é necessário microscópio ou lupa para comparar os segmentos do abdômen de um besouro, dos segmentos do corpo de um camarão e de uma minhoca chamando a atenção para características compartilhadas. Conexões dessa aula com os demais conteúdos de genética, ecologia, fisiologia, saúde etc. podem ser feitas. Esse é um universo a ser explorado e depende da criação de material específico.

Formação de professores

Não é possível esperar que professores dos vários níveis do ensino passem a uma prática diferente, se concordarem com o que está colocado aqui, apenas pela leitura deste texto. O material disponível na literatura em português²⁶ fornece alguma informação, mas também não é suficiente. Ainda que as aulas sejam simplificadas, os professores precisam dominar conceitos e informações que não estão na formação usual dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas. Como foi dito, Zoologia “na seqüência evolutiva” não basta. Infelizmente, o material didático ou paradidático atualmente disponível não contém os elementos que permitem ir além do essencialismo.

Em 1994 e 1997, foram realizados projetos de interface entre pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) e professores da Rede Pública de Ensino, num projeto do Laboratório de Ensino de Ciências, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP de Ribeirão Preto. Em ambos os projetos foi dado a professores de 6ª Série do Ensino Fundamental e de 2ª Série do Ensino Médio embasamento teórico dessa área. Especialmente em 1997, foi possível encontrar um protocolo para um curso de formação complementar que habilitasse o professor a assumir essas aulas nas escolas. É necessário compreender o aspecto

²⁶ AMORIM, D. S. *et. al.*. Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino... *Op. cit.*
AMORIM, D. S. *et. al.*. Diversidade biológica e evolução: uma nova concepção para o ensino... *Op. cit.*
AMORIM, D. S. *Fundamentos de Sistemática Filogenética. Op. cit.*

filogenético da evolução biológica, os conceitos e fundamentos do método filogenético, em alguma extensão as reconstruções filogenéticas entre os grupos de animais, além da discussão dos aspectos pedagógicos envolvidos. Várias palestras e cursos em congresso foram dados até agora com a abordagem proposta, mas ainda será necessário um grande esforço para modificar o paradigma predominante no ensino dessa área.

Conclusões

A hipótese pedagógica envolvida neste projeto é que o ordenamento da diversidade biológica, presente na estrutura de aula proposta aqui, permitiria romper o paradigma idealista-essencialista vigente no ensino tradicional de Zoologia e de Botânica, conferindo as bases para o desenvolvimento de uma visão filogenética e evolutiva sólida. Além disso, supõe-se que tal abordagem seria capaz de mudar a motivação de alunos e professores da matéria.

Ainda que sem a realização de pré-testes e pós-testes, há indicação muito clara de resultados positivos. Aulas como essa foram dadas em escolas públicas e privadas, em cidades pequenas e médias, em bairros de classes sociais diferentes, em classes de 6ª Série do Ensino Fundamental, 2ª Série do Ensino Médio, cursos preparatórios gratuitos para o vestibular e, durante muitos anos, em disciplinas de Zoologia de cursos de Ciências Biológicas. A realização de pós-testes no Ensino Básico ainda é necessária para confirmar a transposição dos conceitos da situação em sala de aula para o domínio efetivo dos alunos (e, portanto, aplicáveis em outros contextos). No ensino superior, está bastante claro que não é necessário conhecimento prévio aprofundado de Zoologia para compreender a linha de argumentação embutida na aula e que há uma grande mudança de motivação e envolvimento dos alunos.

Ainda que se tenha feito referências a determinados conceitos de teorias da educação, não é intenção deste texto avançar em uma análise mais extensa dos elementos pedagógicos conforme o modelo de aula apresentado. É evidente que elementos do construtivismo, que o raciocínio científico aplicado ao ensino de ciências, políticas de inclusão etc. fundamentam boa parte da estrutura pedagógica subjacente, mas essa é uma questão técnica que deve ser deixada a especialistas. De qualquer maneira, ao menos para os limites do conteúdo apresentado, esse modelo didático tem mostrado resultados muito promissores para uma mudança de paradigma.

Agradeço à Prof^a. Marisa Ramos Barbieri que durante anos foi uma fonte de reflexão sobre o ensino de Ciência. À Adolfo Calor e Charles Morphy dos Santos que leram e discutiram comigo a estrutura e o desenvolvimento do texto.

Dalton de Souza Amorim é graduado em Ciências Biológicas, doutor em Zoologia e professor do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

dsamorim@usp.br

Anexo

Minuta de aula dada em 6^{as} Séries do Ensino Fundamental de Escolas públicas e particulares de Ribeirão Preto e Barrinha, São Paulo. Aulas para 2^{as} Séries do Ensino Médio seguem a mesma estrutura, mas podem ser mais detalhadas no número de grupos e nas características incluídas.

A aula tem duas fases distintas. A primeira delas corresponde a um levantamento do conhecimento de Zoologia dos alunos em termos de espécies conhecidas. A segunda corresponde à apresentação dos grupos, em uma ordem determinada, chamando a atenção para o que une os grupos e fazendo esquemas do que seria o plano-básico dos filós e dos ancestrais em cada nível.

Fase 1

O conhecimento das espécies

Pergunta aos alunos: “Vocês conhecem muito de Zoologia?”.

A resposta normalmente é que não. A réplica é que eles realmente conhecem muito de Zoologia, não sabem disso e que lhes será mostrado ao longo da aula o quanto sabem.

Pergunta: “Que espécies de animais vocês conhecem?”.

Costuma demorar um pouco para que os alunos entendam exatamente o que está sendo perguntado, mas aos poucos começam a levantar nomes como gato, cachorro, papagaio, cavalo, leão etc. Os nomes são escritos no quadro. Quando se dão contam de que são capazes de responder à pergunta e que suas respos-

tas se aproveitam no contexto da aula, começa uma *enorme* participação, às vezes demandando um trabalho mais de contenção que necessidade de estímulo à participação. Com frequência, quinze a vinte minutos são suficientes para levantar de cinquenta a cem nomes de espécies. Nas cidades longe das praias, é necessário pedir pelos grupos marinhos. E uma condução para os animais de água doce ou para ambientes especiais acaba por contemplar espécies de uma série de filós que às vezes são deixados de lado. Isso enche um quadro-negro e permite a demonstração da afirmação inicial: que eles conhecem bastante Zoologia. Dependendo de como for feita a programação do semestre, isso pode tomar toda uma aula.

Fase 2

O conhecimento de como são as espécies

Pergunta: “As espécies são muito diferentes entre si?”

A resposta quase sempre é que sim. A provocação é dizer que será mostrado que as espécies são muito semelhantes entre si. Começa, então, um processo de exposição de representantes dos vários grupos de animais em uma ordem que corresponde a uma filogenia aceita. Ao primeiro grupo correspondem os coanoflagelados, representados por uma espécie esférica (há espécies ramificadas). Depois, vêm os poríferos, cnidários, platielminthes, moluscos, anelídeos, artrópodes (trilobitos, aracnídeos, camarões, miriápodes e insetos), crinóideos, peixes, anfíbios, répteis, mamíferos, tiranossauro e aves.

A seqüência apresentada não é casual. De fato, ela precisa refletir estritamente a ordem da filogenia aceita dos animais. Além disso, são usados apenas desenhos muito diagramáticos de cada espécie. Eles incluem apenas parte das características em discussão, mas especialmente *forma geral do corpo* (nos vertebrados, ossatura), *tubo* ou *cavidade digestiva* e, dependendo do andamento da aula, *sistema nervoso* e *circulatório*. Cores diferentes são usadas para os vários sistemas, cores iguais para sistemas homólogos. São acrescentados, em alguns poucos casos, grupos que os alunos não conhecem. Para cada grupo, são dadas características suficientes para uma visão estrutural. Não é objetivo da aula uma compreensão detalhada da morfologia interna nem tampouco uma compreensão de toda a diversidade de formas dos grupos. Isso poderá ser tratado em outras aulas específicas ao longo do semestre.

Nas figuras 1 a 3, são mostrados diagramas dos vários grupos e como são sucessivamente acrescentados. Na base

estão os coanoflagelados. Durante a aula, é necessário acrescentar que: (1) eles têm apenas um tipo de célula, os coanócitos; (2) eles têm uma forma esférica, como uma bola de futebol; (3) cada célula provoca uma pequena corrente d'água com o batimento do flagelo; (4) cada célula é capaz de capturar partículas ou microorganismos, digeridos dentro da célula; (5) eles são de vida livre. Ainda que, em alguns dos casos, os alunos não tenham o conceito de célula consolidado, isso não impede o andamento da aula.

O comentário que se segue diz respeito à disponibilidade desse tipo de alimento no fundo dos oceanos e à formação de uma cavidade na parte inferior do corpo, conferindo ao animal o formato de uma bola murcha. As células da parede da cavidade digestiva continuam sendo os coanócitos, mas a parede externa passa a ser de células achatadas com os cílios. A inversão da forma do corpo e o aparecimento de aberturas na parede, permitindo o fluxo de água, cria a condição básica de uma esponja.

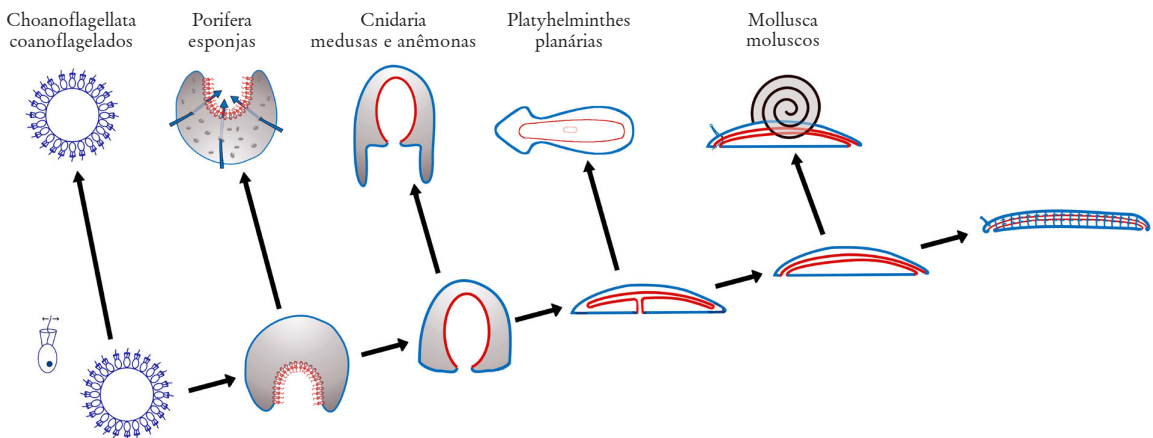


Figura 1: Esquema final das relações entre os grupos basais de animais, indicando o plano-básico dos vários filões e o plano-básico dos grupos que reúnem os filões em vários níveis da filogenia dos animais. Na aula, esse quadro é construído com a adição um a um dos grupos, a partir da base de Metameria (o ancestral indicado no alto à direita da filogenia, o quadro continua nas figuras 2 e 3).

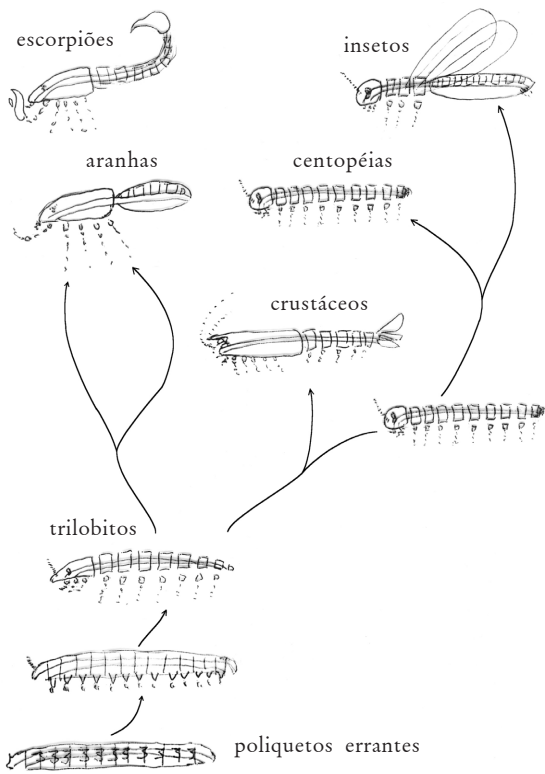


Figura 2: Esquema final das relações entre os grupos principais de artrópodos, partindo de um ancestral semelhante a um poliqueto errante generalizado. Na aula, o quadro é construído com a adição um a um dos grupos.

Antes de dar cada passo, é sempre interessante perguntar qual é o grupo mais simples, dentre animais que ainda permanecem na lista das espécies levantadas. Nem sempre “simples” é compreendido em termos de estrutura (às vezes, as repostas são de animais “comuns”). Tudo isso traz um enorme debate na sala. Com alguma condução, os alunos respondem que a forma mais simples a seguir são as medusas.

De fato, o aspecto básico da forma modificada na figura 4 é semelhante ao de uma medusa rudimentar. Um novo desenho em que desapareçam os coanócitos e apareçam tentáculos transforma a condição ante-

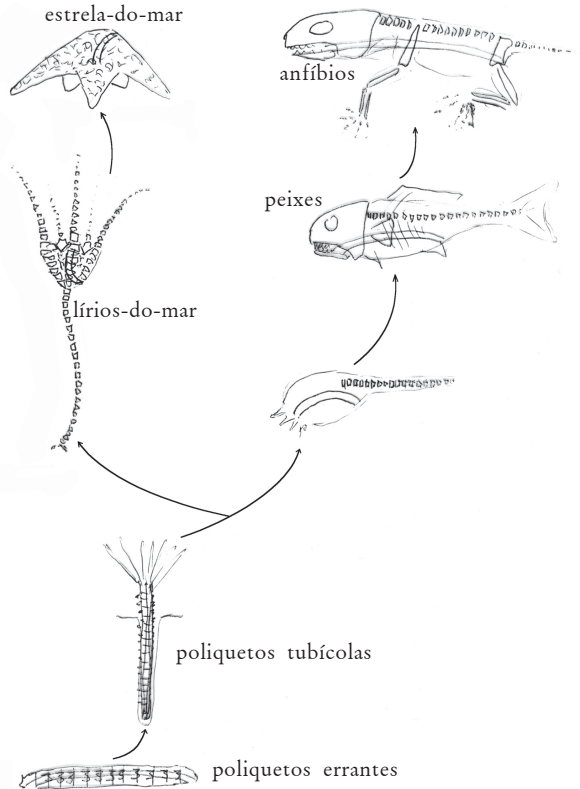


Figura 3: Esquema final das relações entre vertebrados e equinodermos, partindo de um ancestral semelhante a um poliqueto errante generalizado. Na aula, o quadro é construído com a adição um a um dos grupos.

rior em uma medusa simplificada (figura 5). Aqui, chega-se a uma situação em que os alunos já têm maior domínio de conteúdos e é possível extrair as informações desejadas. Por exemplo, pergunta-se o que as medusas comem. Que elas comam peixes não é uma resposta incomum. No entanto, pode-se mostrar que, na alimentação das medusas, os peixes não são “colocados dentro das células da parede da cavidade digestiva”, pedindo-se então aos alunos que resolvam o problema. Um pouco de discussão leva à conclusão de que as medusas soltam “ácido” ou “enzimas”. “Como nós!” é a exclamação a ser repetida em reação à

maior parte das conclusões apresentadas pelos alunos a partir de agora. Começa o aprendizado da Zoologia por um processo autoreferenciado.

À pergunta sobre locomoção das medusas, costuma-se obter a resposta de que elas fazem um jato d'água. Em resposta à pergunta sobre *como* elas fazem esse jato, costuma haver um debate, às vezes intenso,

até que se conclua que é por causa do uso de músculos (o que não é uma conclusão imediata). “Como nós!”, segue o bordão. O que permite que um conjunto de músculos se contraia ao mesmo tempo ou relaxe conjuntamente? A conclusão é a existência de um *sistema nervoso*, como o nosso. Dependendo do caso, pode-se discutir a questão da presença de gônadas.

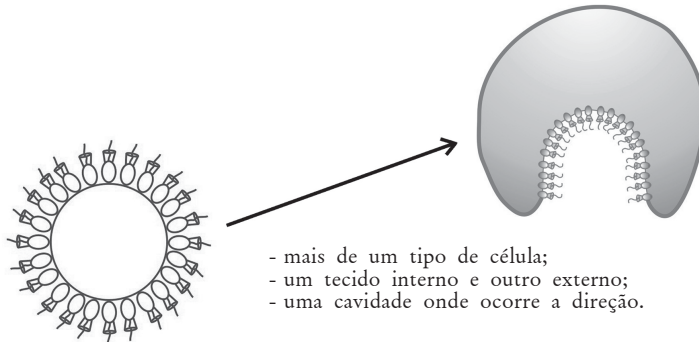


Figura 4: Algumas das características derivadas (sinapomorfias) mais relevantes para discussão na 6ª Série na base dos metazoários.

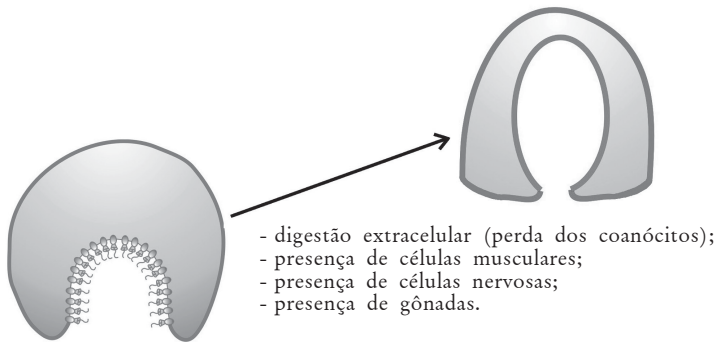


Figura 5: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos metazoários para a base dos eumetazoários.

Antes de passar ao próximo grupo, pergunta-se: “O que as esponjas têm, que os demais animais também têm, mas que os coanoflagelados não têm?”. A resposta inclui ao menos dois tipos de células e uma cavidade onde ocorre a digestão. Essas informações podem ser colocadas em um traço que seguirá conectando todos os grupos, ao nível dos metazoários. A

pergunta seguinte é “O que as medusas têm, que os demais animais também têm, mas que os coanoflagelados e as esponjas não têm?”. Os alunos levam alguns minutos para entender a lógica da pergunta e como respondê-la, mas a partir da segunda pergunta como essa passam a ser muito rápidos na busca e obtenção de respostas. Nesse caso: perda dos coanócitos; di-

gestão fora das células, na cavidade digestiva; células musculares (mais precisamente, células epitélio-musculares); células nervosas e gônadas. A partir de uma

medusa, é possível produzir uma anêmona simplesmente invertendo o corpo. As características mais gerais de cada nível estão colocadas nas figuras 4 a 11.

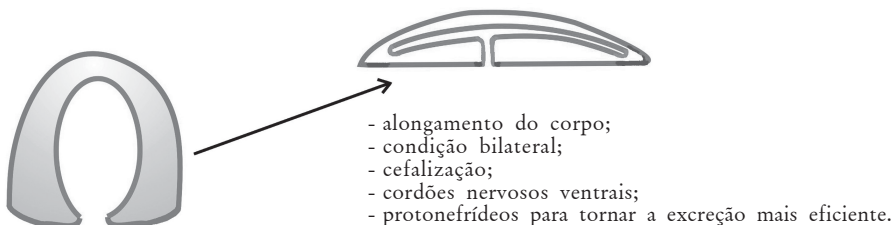


Figura 6: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos eumetazoários para a base dos animais bilaterais.

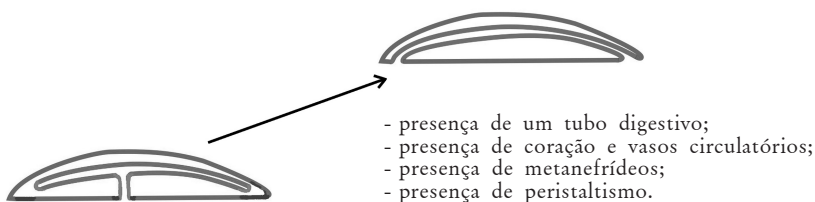


Figura 7: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos animais bilaterais para a base dos celomados.

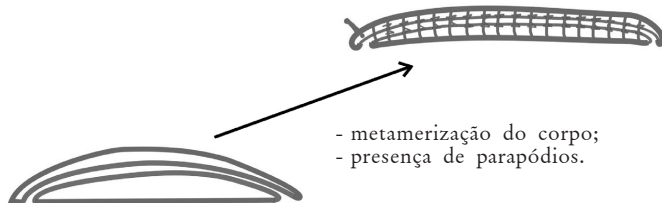


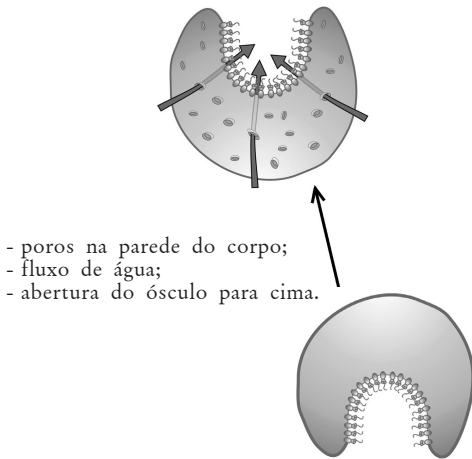
Figura 8: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos celomados para a base dos animais metaméricos.

Para passar para o nível dos animais bilaterais, é possível utilizar um artifício gráfico, associado a uma imagem verbal: que a forma do corpo de uma planária corresponde genericamente ao “esticamento” do corpo de uma medusa. O corpo da planária reproduz com bastante fidelidade o plano de construção com uma cavidade digestiva (e não um tubo), dentro do contexto de um animal alongado, bilateral.

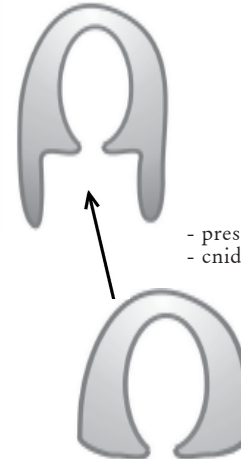
A partir da condição genérica de uma planária, origina-se o ancestral dos celomados, com a adição de um sistema circulatorio. Desse ancestral, derivam-se, por um lado, os moluscos, com a adição de uma concha, e dos animais metamerizados, com adição de segmentação. Do ancestral segmentado, surgem dois grandes ramos: de um deles derivam todos os artrópodes e do outro, os animais deuterostômios. Do ances-

tral segmentado, deriva diretamente um ancestral de artrópodes, semelhante a um trilobito. A formação de tagmas forma os ancestrais dos aracnídeos, dos malacóstracos, dos miriápodes e dos hexápodes. Por outro lado, do mesmo ancestral segmenta-

do, deriva-se primeiro um poliqueto tubícola, de onde parte um ancestral que resulta em um crinóideo e um ancestral de todos os vertebrados. O número de ramos diferentes de artrópodes ou de vertebrados que são derivados depende da extensão da aula.



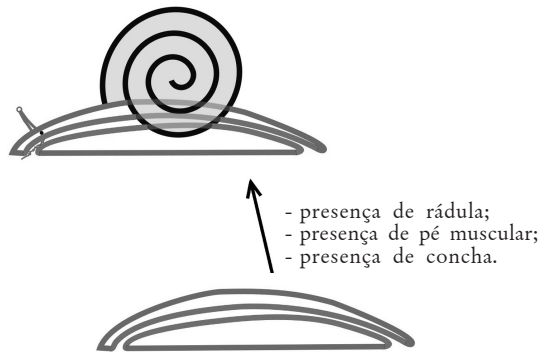
- poros na parede do corpo;
- fluxo de água;
- abertura do ósculo para cima.



- presença de tentáculos;
- cnidocistos.

Figura 9: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos metazoários para a base dos Porifera.

Figura 10: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos eumetazoários para a base dos Cnidaria.



- presença de rádula;
- presença de pé muscular;
- presença de concha.

Figura 11: Algumas das características derivadas mais relevantes na passagem da base dos celomados para a base dos Mollusca.

Ao final, coloca-se novamente a discussão: *os animais são tão diferentes assim entre si?* Essa pergunta agora é respondida pelos alunos com muito mais cautela do que da primeira vez. Nesse momento, é possível trabalhar o conceito de *unidade na diversidade*. A diversidade existe e não

precisa ser negada. Mesmo assim, apesar das diferenças, os vários grupos de animais apresentam grande semelhanças entre si, não apenas na forma geral, mas especialmente na constituição básica, com os mesmos órgãos arranjados de diferentes formas.

A EVOLUÇÃO DOS ALGORITMOS MENTAIS

*Renato Zamora Flores
João Paulo Schwarz Schüler*

*Se permitirmos às máquinas
tomarem suas próprias decisões,
não poderemos fazer nenhuma conjectura
sobre quais seriam os resultados,
uma vez que é impossível adivinhar como
tais máquinas poderiam se comportar.*

Bill Joy, criador da linguagem Java

Ainda que o cérebro utilize métodos e arquitetura diferentes de um computador, os procedimentos para o processamento das informações sobre o mundo se baseiam em regras gerais das ciências da computação. Do mesmo modo que a evolução darwiniana ocorre por meio de um conjunto de algoritmos, a organização da mente humana, também. A idéia central é que, assim como não há separação entre a evolução animal e a evolução humana, não há fronteira explícita entre a evolução humana e a evolução dos computadores.

O cérebro não é um computador e nem se parece com um em sua microarquitetura. O cérebro humano é a estrutura mais complexa conhecida. Tem 30 bilhões de neurônios, 1/3 deles localizado no córtex. Como cada um possui cerca de 10.000 sinapses, é possível estimar-se que o número de sinapses seja da ordem de 10^{15} . Gerald Edelman¹, um dos mais relevantes neurocientistas contemporâneos, calculou que o número de combinações possíveis ultrapassa, em muitos milhares, a quantidade de partículas subatômicas do universo. Por isso, nenhum cérebro é igual a outro, ainda que todos sejam dependentes, para um funcionamento adequado, de uma mesma organização física.

Os circuitos do cérebro não se parecem com quaisquer outros conhecidos. São mais semelhantes às interações de uma floresta tropical do que a equipamentos construídos pelo homem.² Entretanto, isto não significa que as regras que regem o processamento de informações no cérebro sejam impossíveis de serem emuladas em sistemas artificiais.

Desde meados do século passado já se sabia que nem toda capacidade de informação do genoma seria capaz de armazenar instruções para a organização do cérebro. Logo, deveria existir um processo, ou um conjunto deles, que levasse a resultados funcionais semelhantes em todos os indivíduos, ainda que dotados de conteúdos e informações diferentes. Mesmo considerando-se a grande diversidade dos cérebros humanos, eles são todos muito parecidos entre si, quando comparados a cérebros de uma outra espécie.

O objetivo do presente texto é o de examinar alguns modelos de algoritmos que podem contribuir para entendermos o processamento da informação na mente e sua evolução. Uma das hipóteses de trabalho é que todas as funções mentais podem ser algoritmizadas, ou seja, mais cedo ou mais tarde serão realizadas por computadores.

Na primeira parte, examina-se a teoria da seleção natural como um algoritmo. A segunda parte mostra que a evolução da inteligência é uma evolução computacional. A terceira parte apresenta o modelo de organização do cérebro, conhecido como darwinismo neural ou neuronal, que propõe como o algoritmo darwiniano pode ser aplicado às relações entre neurônios ou, mais exatamente, entre conjuntos de neurônio, competindo durante a ontogenia do cérebro. Por fim, a quarta parte examina as técnicas heurísticas que o cérebro usa para lidar com os dilemas do ambiente.

¹ EDELMAN, G. M. Building a picture of the brain. *Daedalus - J. Academy of Arts and Science*, 127: 68-89, 1998.

² EDELMAN, G. M. *Biologia da consciência - as raízes do pensamento*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

Darwinismo como algoritmo

A percepção de que o processo da seleção natural pode ser definido como uma classe de algoritmos foi disseminada pelo filósofo Daniel Dennett há uma década.³ Segundo ele, as idéias de Darwin poderiam ser vistas, hoje, como tentativas de descrever formalmente um processo de produção da diversidade biológica, a partir de uma origem única. Entretanto, em sua época, não havia uma terminologia adequada para descrever tal processo.

Matematicamente, um algoritmo é um procedimento finito, escrito em linguagem simbólica, composto de passos discretos, não ambíguos, cuja execução não requer “insight”, intuição, inteligência ou perspicácia, e que, mais cedo ou mais tarde, chega a um resultado. Um algoritmo sempre produz um resultado, dentro de sua área de abrangência, como receitas culinárias e cálculos matemáticos: seguindo-se estritamente as regras, não há como dar errado.

Programas de computador e algoritmos não são a mesma coisa. Somente os programas que sempre encontram um resultado, dentro dos limites de sua competência, podem ser chamados de algoritmos.

Além disso, a definição de algoritmo é recursiva no seguinte aspecto: um algoritmo é feito de passos que também constituem, cada um deles, um algoritmo. Este é um aspecto interessante de sua definição matemática, pois apresenta um equivalente neurológico, no cérebro. Como veremos adiante, é o fenômeno da reentrada.

De um modo mais amplo, podemos descrevê-lo como um processo ou como uma seqüência de etapas ordenadas que visam atingir um objetivo pré-definido.⁴ Este processo apresenta algumas características, que podem ser vistas no quadro 1.

Na vida diária, o conceito não parece muito relevante, mas seu papel na estrutura do pensamento é revolucionário. Apresentando-se como um instrumento abstrato de coordenação dos planos para o futuro, ocupa o espaço que se abre entre o desejo e a satisfação.⁵

Se um processo pode ser algoritmizado, não requer mais qualquer habilidade exclusivamente humana para ocorrer. Se for um processo mental, por exemplo, pode ser compartilhado com máquinas e, eventualmente, animais. Vários comportamentos animais podem ser algoritmizados. Um símile eletrônico de uma abelha pode executar a dança de modo a induzir abelhas a procurarem alimento em um local determinado.⁶ O fato de existirem dezenas de modelos

³ DENNETT, D. C. *A perigosa idéia de Darwin*. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

⁴ BERLINSKI, D. *The advent of the algorithm*. Orlando: Harcourt, 2000.

⁵ BERLINSKI, D. *Op. cit.*

⁶ MICHELSEN, A. *Danse techno chez les abeilles*. *Recherche*, 310:52-56, 1998.

robóticos para comportamentos animais – nadar com diferentes tipos de movimento, voar como insetos ou morcegos, regular o funcionamento do corpo e aprender habilidades novas, por exemplo – é um consistente indício de que, pelo menos, algumas funções exercidas pelo cérebro são algoritmos.⁷

⁷ WEBB, B. Can robots make good models of biological behavior? *BBS*, 24(6):1033-78, 2001.

⁸ DENNETT, D. C. *A perigosa idéia de Darwin*. *Op. cit.*

Quadro 1: Características de um algoritmo (segundo Dennett⁸)

Neutralidade de substrato	Significa que o processo funciona com a mesma eficiência em qualquer substrato. Esta eficiência deve-se às regras lógicas e não à eficiência dos materiais. Por exemplo, o darwinismo é válido para genes, espécies, grupos, linfócitos ou memes.
Irrracionalidade subjacente	As etapas do processo não necessitam de nenhuma cognição, pois são uma seqüência de passos bem simples. Qualquer algoritmo, em princípio, pode ser executado por um robô. A resolução de uma equação é um exemplo. Uma vez descoberta a fórmula, qualquer calculadora pode resolvê-la.
Resultados garantidos	Como não necessita de inteligência, desde que seguidos os passos que compõem o algoritmo, não há como dar errado, similar à culinária.

A estrutura do algoritmo darwiniano foi dissecada por Calvin⁹. Inicialmente, há um padrão (introns, genes, conjuntos de genes, conjuntos de neurônios ou memes). Este padrão é copiado – caso não pudesse ser copiado, não seria um padrão, sem dúvida –, entretanto, nele ocorrem variações durante o processo de cópia (erros, mutações ou recombinações). Usualmente essas variações são produzidas ao acaso.

Assim, formam-se populações de diferentes tipos, o padrão e suas variantes, que competem, uns com os outros, pela ocupação de um espaço de trabalho limitado. Entende-se por espaço de trabalho qualquer recurso do ambiente que seja limitado. “Limitado” significa que o espaço de trabalho força escolhas, ao contrário do que ocorre em um nicho aberto, onde qualquer variante encontra recursos suficientes para sobreviver. Note, então, que este algoritmo se aplica a populações e não a indivíduos.

O ambiente costuma ser complexo e múltiplo. Em decorrência disso, variantes alternativas têm graus de sucesso desiguais em porções diferentes desse ambiente. Constituem exemplos de tal fenômeno a especialização dos tentilhões nas ilhas de Galápagos, a variação na coloração da

⁹ CALVIN, W. H. The six essentials? Minimal requirements for the Darwinian bootstrapping of quality. *Journal of Memetics - Evolutionary Models of Information Transmission*, 11. [on-line] Disponível na Internet via WWW. URL: http://jomemit.cfp.m.org/1997/vol11/calvin_wh.html. Arquivo capturado em 25 de setembro de 2002.

pele dos seres humanos ou as múltiplas formas das crenças na vida após a morte: todas adaptativas à sua ecologia.

As variantes novas ocorrem preferencialmente em torno dos mais bem sucedidos padrões pré-existentes e não devem ser vistas como saltos aleatórios a partir de um início comum. São, geralmente, pequenas digressões ou desvios de uma solução eficiente. Embora a maioria seja menos eficiente, alguns desvios podem ser melhores e transformar-se na fonte preferencial de novas variações. E o ciclo recomeça.

Se no início do ciclo há uma determinada proporção de variantes e, no final, outra diferente, tem-se a evolução darwiniana – variação na freqüência de variantes com o passar do tempo ou variação na freqüência gênica em um intervalo de tempo, no linguajar genético. Em outras palavras, existindo variabilidade e diferencial reprodutivo, existirá evolução. Eis o algoritmo darwiniano em sua versão mais concisa.

Nos livros sobre inteligência artificial, a versão computacional do algoritmo darwiniano pode ser encontrada sob o rótulo de “algoritmo de gerar e testar”: gera-se uma solução para um problema, experimenta-se se ela é melhor do que a solução anterior e, caso seja, é o fim do processo, caso contrário, gera-se outra.¹⁰

A história evolutiva dos seres vivos explica porque alguns seres vivos tomaram o caminho da complexidade, desenvolvendo sistemas cada vez mais sofisticados para manipular a informação que colhiam do ambiente. Curiosamente, como vimos, tais sistemas podem, também, ser algoritmizados. Vamos examinar melhor a idéia.

Inteligência: algoritmos para quê?

O conhecimento atual em biologia molecular nos permite interpretar uma criatura viva como um sistema recombinante. A informação é transportada de um sistema (DNA) para outro (proteínas). Trata-se de uma simplificação, é claro. Organismos vivos existem em um mundo concreto e são objetos tridimensionais, enquanto que algoritmos e informações apresentam-se como entes abstratos e unidimensionais, cuja existência ocorre no universo dos símbolos. Apesar disso é correto afirmar que na essência da vida jaz um algoritmo.¹¹

Bactérias e outras formas de vida simples baseiam suas regras de comportamento em DNA. No momento da evolução em que o comportamento do ser vivo passa a se

¹⁰ RICH, E. *Inteligência artificial*. S. Paulo: McGraw-Hill, 1988.

¹¹ BERLINSKI, D. *Op. cit.*

modificar sem alteração do seu código genético ocorreu um tremendo salto evolutivo.

No início da vida na Terra, todo o conhecimento (informação usada para resolver problemas) dos seres primitivos estava armazenado no seu DNA. Com o aparecimento dos cérebros, a memória dos eventos ocorridos durante a existência de um organismo poderia ser usada como base de conhecimento para resolver novos problemas. No processo evolutivo, surgem seres vivos cada vez mais adaptáveis ao ambiente. Aqueles que possuem neurônios que se modificam ao longo do tempo são dotados de uma ferramenta que incrementa e adapta o seu conhecimento e seu comportamento de forma muito mais dinâmica.

No final do livro *A Origem das Espécies*¹², Darwin especulou:

Entrevejo, num futuro remoto, caminhos abertos a pesquisas muito mais importantes ainda... isto é, sobre a aquisição necessariamente progressiva de todas as faculdades e de todas as aptidões mentais, o que lançará uma nova luz sobre a origem do homem e sua história.

Desde então, o entendimento do que é inteligência evoluiu muito, absorvendo vários conceitos. Lamentavelmente, porém, decorridos um século e meio, ainda não há uma teoria formal sobre a origem da inteligência nos seres vivos. Morais¹³ avalia que o termo “inteligência” é um dos maiores equívocos da filosofia e da psicologia atuais, como exemplifica a plethora de testes psicológicos. Hoje o conceito parece significar entendimento, intelecto, conjunto de funções cognitivas, razão e capacidade de resolver problemas. Originalmente, porém, o termo latino *intelligentia*, registrado um século antes de Cristo, significava penetrar dentro das coisas, captar a sua intimidade, discernir ou entender a essência. Descrevia uma atividade passiva em relação ao meio. Aquele que possuía inteligência apenas captava, entendia e discernia, sem desempenhar um papel ativo. Modernamente, além da atividade passiva, o ser inteligente deve exibir um comportamento ativo, tentando resolver problemas com base em sua memória ou sendo criativo, a partir da análise dos eventos ocorridos durante a sua existência.

Definições tradicionais de inteligência costumam ser muito subjetivas, como o teste de Turing¹⁴. Ao definir biologicamente inteligência, Steels¹⁵ a apresenta com um processo não-linear que compartilha propriedades também encontradas em sistemas físicos, sendo possível formular algoritmos que expliquem fenômenos como a cooperação, a

¹² DARWIN, C. *A Origem das Espécies*. Rio de Janeiro: Tecnoprint, 1987.

¹³ MORAIS, M. *Logos - Enciclopédia Luso-Brasileira de Filosofia*. Lisboa/São Paulo: Editorial Verbo, 1990. p. 1447-1463.

¹⁴ Em 1950, Alan Turing propôs um teste no qual era necessário identificar, por meio de um diálogo (de modo indireto, pelo teclado, por exemplo), se o interlocutor é um humano ou é um computador. Se a identificação não fosse possível, o computador deveria ser considerado inteligente.

¹⁵ STEELS, L. Intelligence: dynamics and representations. In: STEELS, L. (ed.) *The Biology and Technology of Intelligent Autonomous Agents*. Berlin: Springer-Verlag, 1995. STEELS, L. The origins of intelligence. *Proceedings of the Carlo Erba Foundation Conference on Artificial Life*. Milano: Fondazione Carlo Erba, 1996.

coerência entre comportamentos ou a linguagem. O objetivo da inteligência é aumentar a capacidade de sobrevivência e manutenção de um sistema físico ou biológico.

Assim, Steels¹⁶ identificou quatro propriedades da inteligência que são válidas tanto para seres vivos como para sistemas não vivos: 1) manutenção própria (autocatálise no nível bioquímico, autopoiese em organismos, ou autocorreção em redes neurais artificiais); 2) adaptação dos comportamentos frente à variação ambiental; 3) preservação da informação mediada por algum tipo de memória; 4) complexidade incremental – que significa, em certas circunstâncias, a propriedade de poder aumentar as interações entre seus componentes, que é o que ocorre, por exemplo, com o raciocínio de uma criança, à medida em que progride na escolaridade. O darwinismo neural, descrito adiante, mostra como se dá o aumento de complexidade nos cérebros.

Um dos modelos mais adequados sobre a evolução dos processos computacionais relacionados à inteligência animal e humana foi desenvolvido por Dennett¹⁷. Segundo ele, quanto mais precisa for a informação e quanto maior for a região de onde uma criatura coleta informação, mais provável será o seu sucesso. No início da evolução das espécies, apareceu o olfato, que é uma forma de coletar informação do ambiente próximo. Posteriormente, desenvolveu-se a audição, permitindo a coleta de informação a distâncias maiores. A visão possibilitou a coleta de informação de alta qualidade a grandes distâncias. A percepção de eventos a grande distância no espaço contribuiu para a predição de eventos a grande distância no tempo. Por exemplo, avistando o seu predador a grande distância, a presa pôde prever o possível ataque a que estava sujeita.

Assim como ocorreu evolução da coleta de informação, também evoluiu a maneira pela qual os seres vivos processam essa informação. Para Dennett¹⁸, os sistemas de coleta de informação são compostos por um grande número de detectores. Cada detector percebe um determinado evento produzindo resposta do tipo SIM ou NÃO para a pergunta “percebo o evento agora?”. Células fotossensíveis da retina e os corpúsculos de Vater-Pacini e Ruffini, que percebem o calor na pele, são exemplos de detectores. Cada detector apresenta uma intencionalidade mínima: a de detectar um tipo muito específico de evento.

Seguindo o mesmo raciocínio, os neurônios que disparam, ou não, estão respondendo SIM ou NÃO a determinados estímulos, da mesma forma que os detectores respondem SIM ou NÃO. Sendo assim, as células que coletam

¹⁶ STEELS, L. *The origins of intelligence*. *Op. cit.*

¹⁷ DENNETT, D. C. *Kinds of minds*. New York: Basic Books, 1996.

¹⁸ DENNETT, D. C. *Kinds of minds*. *Op. cit.*
DENNETT, D. C. *A perigosa idéia de Darwin*. *Op. cit.*

informação do meio exterior da criatura são funcionalmente semelhantes às células destinadas ao processamento de informação encontradas no cérebro. Diferentes das anteriores, tais células são chamadas de agentes.

Com base nesses conceitos, Dennett classificou os seres vivos, conforme seus processos de manipulação da informação. Um resumo da classificação está no quadro 2, que mostra uma hierarquia de complexidade, na qual cada nova criatura apresenta, além das habilidades das anteriores, um conjunto novo de capacidades.

Quanto à estrutura da inteligência humana, o problema é ainda mais complexo. A divisão mais clara entre tipos de inteligência é a que diferencia uma inteligência geral – o conhecido “g de Spearman”¹⁹ – e inteligências múltiplas. O estudo das múltiplas formas da inteligência, nos seres humanos, ainda beira a pseudociência, devido à quase completa ausência de evidências empíricas que comprovem a adequação de teorias à realidade, a despeito do grande sucesso comercial de livros sobre como ampliar as capacidades intelectuais. Entretanto, é quase um consenso científico o de que a inteligência humana apresenta mais de um componente independente.²⁰

Sternberg²¹ propõe a existência de três componentes na inteligência humana, com regras de processamento diferenciadas: (1) inteligência analítica – responsável pela análise e entendimento dos objetos e suas relações, tradicionalmente medida pelos testes de QI, mas incluindo também habilidades como a metacognição (a capacidade de monitorar seus próprios pensamentos); (2) inteligência criativa – responsável pelas idéias, criações e capacidade de reagir a eventos desconhecidos; (3) inteligência prática – responsável pela resolução de problemas que são diariamente apresentados. Estudos populacionais em diferentes países mostraram que este modelo é um dos mais realistas quando comparado a outras propostas de múltiplas inteligências, inteligências emocionais ou com o modelo de uma única forma de inteligência, usualmente denominado de “g”.

De forma resumida, se a inteligência serve para análise e resolução de problemas, aqueles indivíduos que possuem os três tipos de inteligência mencionados deveriam apresentar sucesso na vida real, caracterizado pelo crescimento do seu valor adaptativo. Surpreendentemente, não há, em relação a populações humanas primitivas, nenhuma evidência direta de que inteligência tenha aumentado o número de filhos.

¹⁹ JENSEN, A. R. Spearman's g: links between psychometrics and biology. *ANYAS*, 702:102-129, 1993.

²⁰ STERNBERG, R. J. Successful intelligence: finding a balance. *Trends in Cognitive Science*, 3:436-442, 1999.

²¹ STERNBERG, R. J. Successful intelligence: finding a balance... *Op. cit.*

STERNBERG, R. J. Confirmatory factor analysis of the Sternberg triarchic abilities test in three international samples. *European Journal of Psychological Assessment*, 17(1):1-16, 2001.

²² DENNETT, D. C. *Kinds of minds*. *Op. cit.*

²³ EDELMAN, G. M. *Biologia da Consciência*. *Op. cit.*

²⁴ SCHULER, J. *Inteligência Artificial Popperiana*. Porto Alegre: PPG em Computação, UFRGS, Dissertação (Mestrado), 2002. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.schulers.com/jpss/estudos/mestrado.htm>. Arquivo capturado em 5 de janeiro de 2003.

²⁵ WHITEN, A.; GOODALL, J.; McGEW, W. C.; NISHIDA, T.; REYNOLDS, V.; SUGIYAMA, Y.; TUTIN, C. E. G.; WRANGHAM, R. W. & BOESCH, C. Cultures in chimpanzees. *Nature*, 399, 682-5, 1999.

Quadro 2: As criaturas de Dennett²²

<p>Criatura darwiniana</p>	<p>Nas etapas iniciais da evolução, as criaturas não têm memória do passado e nenhum tipo de aprendizado. Para essas criaturas, a única possibilidade de alteração do comportamento é a mutação genética durante a reprodução. Seu repertório comportamental está inteiramente definido no momento do nascimento.</p> <p>Em diversos aspectos, essas criaturas assemelham-se a um constructo da computação: os agentes reativos, que não possuem memória dos eventos do passado, não constroem representação do ambiente e agem de acordo com a sua percepção instantânea. A diferença marcante está no fato de que tais criaturas se reproduzem, modificam-se por mutação e são selecionadas pelo ambiente. É interessante observar que a reprodução é uma diferença que se aplica mais à estrutura orgânica da criatura do que a sua inteligência propriamente dita.</p>
<p>Criatura skinneriana</p>	<p>Posteriormente, apareceram criaturas com plasticidade fenotípica, cujo repertório comportamental não está totalmente definido ao nascimento e podem modificá-lo durante a sua vida. Testam, ao acaso, diversas ações; aquelas que resultarem em sucesso serão reforçadas. As criaturas devem avaliar as suas ações. As que desenvolverem melhores métodos de avaliação terão mais chances de sobrevivência. O reforço de algumas ações, sob determinadas condições, em detrimento de outras, é um tipo de aprendizado que, na bibliografia de inteligência artificial, denomina-se aprendizado por reforço.</p> <p>Uma criatura neste nível é recompensada ao fazer uma ação correta, ou punida, se fizer uma ação incorreta. Com o tempo, o aprendizado por reforço leva a criatura a exercer ações que propiciem recompensa. O perigo deste aprendizado é a realização de uma tentativa que provoque dano físico sério ou mesmo a morte. O sistema não possui nenhum método de predição, para ações não testadas, que possa evitar a morte do indivíduo. Assim, a criatura skinneriana pode fazer uma tentativa e acabar morrendo.</p>
<p>Criatura popperiana</p>	<p>Para evitar a morte da criatura em uma tentativa perigosa, um sistema de predição das conseqüências de ações evoluiu. As criaturas constroem, dentro de si, um modelo ou representação de mundo com base nas suas percepções ao longo de sua existência. É o que Edelman²³ denomina de consciência primária. Fazendo uso desse modelo de mundo, elas podem realizar simulações e avaliar as conseqüências antes de realizar as ações no mundo real. Ações testadas, no modelo, competem entre si. As ações vencedoras têm mais probabilidade de serem usadas no mundo real.</p> <p>Essas criaturas sentem medo (ou um equivalente neural) frente a certas situações apresentadas, tanto no modelo quanto na realidade. O medo faz com que muitas ações perigosas sejam descartadas antes de serem testadas empiricamente. Já é possível desenvolver versões, em inteligência artificial, para tais criaturas essencialmente biológicas.²⁴</p>
<p>Criatura gregoriana</p>	<p>Este tipo de criatura está no topo da pirâmide evolutiva da inteligência. Apresenta uma percepção de si mesma contínua no tempo (self, eu ou ego, conforme terminologias de diferentes áreas do conhecimento). Também apresenta diversas soluções às debilidades encontradas nas outras criaturas: capacidade para aprender por imitação social, capacidade para usar e construir ferramentas, capacidade para negociar e trabalhar em equipe, desenvolver linguagem complexa, entre outras características.</p> <p>Um traço marcante da criatura gregoriana é a cultura – meio de propagação de informação não genético, conhecimento passado para a geração seguinte por meio de aprendizado. Muitos animais usam ferramentas para resolver problemas, o que os coloca, junto com os seres humanos, nesta categoria. O exemplo mais usual, quer do uso de ferramentas, quer de variação cultural, é o dos chimpanzés.²⁵</p>

Assim, a evolução oferece uma rota que vai desde tipos de mentes simples até tipos de mentes mais complexas, apresentando características e capacidades que evoluíram ao longo do tempo. Também explica como o indivíduo se desenvolve, desde o nascimento até tornar-se um adulto eficiente.

Como o cérebro se organiza

Nos últimos 30 anos, estudos sobre a organização, desenvolvimento e funcionamento do cérebro levaram à elaboração de um modelo selecionista. Esse modelo é conhecido como *teoria da seleção de grupos neuronais* e abreviadamente chamado de darwinismo neural ou neuronal.²⁶

²⁶ EDELMAN, G. M. *Biologia da consciência... Op. cit.*
EDELMAN, G. M. *Building a picture of the brain... Op. cit.*
EDELMAN, G. M. & TONONI, G. *A Universe of consciousness*. New York: Basic Books, 2000.

O processo de seleção natural produziu, no corpo dos seres humanos, diversos sistemas que, durante o desenvolvimento do indivíduo, passam por um processo de seleção darwiniana. São conhecidos como *sistemas evolutivos somáticos*. O sistema imune e o sistema nervoso são exemplos deste fenômeno e repetem os mesmos princípios do algoritmo darwiniano na organização somática de um indivíduo. Trata-se de uma teoria bastante complexa, mas cujos três princípios básicos são fáceis de entender.

O primeiro deles é a ocorrência de uma seleção darwiniana no desenvolvimento do cérebro. A formação da anatomia inicial do cérebro é condicionada geneticamente. Há, porém, um processo de seleção somática. O genoma provê a estrutura geral, mas o ajustamento detalhado é feito pela eliminação de neurônios e sinapses. Após um período inicial de explosão no número de sinapses, há um período de eliminação de cerca de 40% das células. O fenômeno se passa como se o cérebro soubesse que experiências muito importantes aconteceriam nas primeiras semanas de vida. Prepara-se para elas com uma superprodução de neurônios e sinapses, das quais, seletivamente, apenas uma parte será mantida. O resultado deste processo seletivo chama-se *repertório primário*.

O segundo princípio básico, que também é uma seleção, porém, causada pelas experiências vividas, forma o *repertório secundário* e se sobrepõe, temporalmente, à seleção de desenvolvimento, especialmente durante a infância. Ocorre por meio do enfraquecimento ou fortalecimento seletivos de populações de sinapses, conforme a quantidade de estímulos recebidos ou, mais simplesmente, conforme o seu uso. Este processo é modulado pela atribuição de dife-

rentes valores aos estímulos recebidos, ou seja, os estímulos que chegam ao cérebro – externos ou internos – são tratados com importância diferente: a sensação causada pela destruição da pele de um animal recebe um valor bem maior do que uma simples pressão na mesma área. Da mesma forma, estímulos externos que identificam alimentos recebem um valor maior do que um equivalente não alimentar. Cada espécie tem o seu sistema de valores, que inclui informações do seu corpo e informações do ambiente, por meio dos sentidos. O sistema de valores identifica os sinais mais salientes. Morcegos, cobras e peixes elétricos são exemplos de animais que utilizam informações que seres humanos não percebem. Como os diferentes sistemas cerebrais são interconectados, o cérebro tem a capacidade de categorizar os estímulos, conforme a sua importância. Este é um dos aspectos ainda pouco entendidos do processo de organização cerebral. Entretanto, já se sabe como o indivíduo percebe tais valores: como sentimentos e emoções. Assim, fazem parte do conjunto de heurísticas e algoritmos que o cérebro usa no processamento de informações, como veremos adiante.

Tanto o repertório primário quanto o repertório secundário se organizam por meio de mapas.

O terceiro aspecto básico chama-se *cartografia reentrante* ou, abreviadamente, *reentrada*. Para entendê-lo, é preciso ter em conta que uma idéia, do ponto de vista cerebral, pode ser descrita como um conjunto de neurônios estimulados em conjunto. Este conjunto constitui um mapa. Os mapas anatômicos são fundamentais no funcionamento do cérebro, pois estabelecem a relação entre neurônios em contato com o meio externo (retina, pele, etc) e aqueles relacionados a aspectos internos (como memória, centros motores, centros sensitivos etc.). Um exemplo: o conceito “minhoca” é formado por conjuntos de neurônios com a imagem do animal, outros, com o som da palavra, outros, com as experiências arquivadas na memória, segundo as quais minhocas tiveram relevância. As ligações entre diferentes conjuntos de neurônios tornam-se cada vez mais profundas à medida que mais informações são incorporadas simultaneamente: ver, ouvir, tocar etc. Para se ter uma idéia da complexidade do cérebro, estima-se que uma imagem visual, no cérebro de macacos, é composta por mais de trinta componentes, segundo mapas detectados no córtex visual. Alguns detectam o sentido do movimento, outros, a cor, os contornos etc.²⁷

²⁷ EDELMAN, G. M. *Biologia da consciência...* Op. cit.

Uma definição formal das reentradas é a de correlações espaço-temporais de eventos, que selecionam, no sentido darwiniano, os vínculos entre determinados mapas. Imagine, agora, que alguém participe de uma refeição exótica, na qual sejam servidas minhocas e que, para horror dos convidados, a situação é tal que recusar seria uma grande gafe. A partir desta data, o sabor minhoca, ou o conjunto de neurônios que o representa, passará a ser estimulado sempre que a palavra vier à mente, ou quando ocorrer a visão do animal. Quanto mais o comensal pensar no assunto, mais os conjuntos de neurônios se tornam vinculados: visão de minhoca? aquele tal jantar? lembrança do gosto de minhocas.

Eventos distintos, em diferentes mapas, podem se correlacionar no espaço e no tempo, como o aroma e a imagem de um saboroso prato de comida. Isso ocorre por meio de um grande número de conexões recíprocas e paralelas entre diferentes mapas, neste caso, olfativos e visuais. Estes mapas se tornam ligados em circuitos capazes de respostas coerentes. Podem estar vinculadas a lembranças de sua mãe servindo o alimento que, por sua vez, pode estar ligado a outras lembranças da infância, num ciclo sem fim. Talvez, por isso, seja tão difícil, senão impossível, parar de pensar. Conforme Edelman²⁸, o cérebro está mais em contato consigo mesmo do que com qualquer outra coisa.

O darwinismo neural propõe que as unidades de seleção, no cérebro, não são os neurônios e sim, os mapas e as relações entre eles.

Pensamentos como algoritmos e heurísticas

O darwinismo neural fornece uma descrição física de como o cérebro se organiza. Também vimos exemplos de que alguns comportamentos e processos mentais são algoritmos. Na ausência de qualquer outra hipótese fisicamente sustentável sobre o processamento da informação do cérebro, é razoável a hipótese de que, talvez, todos os processos mentais possam ser algoritmizados.

Animais precisam tomar decisões rápidas e, muitas vezes, uma técnica que procure a melhor decisão, entre milhares, pode levar um tempo maior do que o disponível pelo animal. As técnicas utilizadas pelo cérebro, então, são heurísticas.

Heurísticas são técnicas que se aplicam sobre processos – quer mentais, quer computacionais – que sacrificam a precisão e a perfeição para se conseguir uma resposta medianamente boa, em um tempo aceitável. Evitam o problema da explosão combinatória, que pode ocorrer quando

²⁸ EDELMAN, G. M. *Biologia da consciência...* Op. cit.

um algoritmo tentar examinar todas as soluções possíveis. Em um jogo de xadrez, pode haver 10^{120} combinações possíveis. Um programa de computador, com o objetivo de jogar xadrez, não poderá tentar computar todas as opções em um tempo humanamente razoável.

O termo *heurística* descende da palavra grega *heuriskein*, que significa encontrar ou descobrir. Ao contrário do algoritmo, uma heurística não exige que uma solução seja encontrada sempre. Quando isso acontece, não existe garantia de que a solução encontrada seja a única ou seja ótima. Quando uma heurística não encontra uma solução, não há garantia de que a solução procurada não exista. Entretanto, na vida real, raramente necessitamos da solução ótima. Uma solução boa ou mesmo mediana já é aceitável. O custo, em tempo e energia, para procurar o melhor emprego ou o melhor cônjuge da região pode estar além de nossas possibilidades. Um bom cônjuge ou emprego é realisticamente acessível e já provê bastante satisfação.

Em termos de técnica para a procura das melhores soluções possíveis, a evolução funciona como uma heurística. A seleção natural não garante que determinada espécie evoluirá a ponto de garantir a existência de seus descendentes. Diferentemente, processos algorítmicos garantem uma solução para cada entrada de seu domínio, quando esta existe. Supondo que o problema de uma espécie seja evoluir e garantir a descendência, as leis que regem a seleção natural e o processo evolutivo planetário não oferecem garantia de solução para tal problema, ainda que, eventualmente, possam levar a uma solução. Sendo assim, a adaptação baseada na seleção natural é um processo heurístico. Vale observar ainda que espécies que sobrevivem à seleção natural não estão necessariamente em seu nível adaptativo ótimo.

O melhor exemplo de heurística é a procura de um parceiro mais definitivo, após haver tido alguns ou algumas namorado(a)s, na adolescência. Quando se encontra um(a), nada nos garante que seja a melhor escolha e, pior, não há nenhum procedimento infalível conhecido que garanta a obtenção de um(a) bom(a) parceiro(a). Aliás, este assunto é tão importante que há uma ampla literatura científica sobre o tema, como no estudo de Todd²⁹, mostrando que a técnica da procura do melhor parceiro sexual é um meio termo entre a heurística de comprar frutas e legumes no supermercado e a heurística de escolher a melhor universidade para se estudar.

Ao contrário da escolha de alimentos, para a qual se vai a várias lojas para verificar a melhor relação custo-bene-

²⁹ TODD, P. M. Searching for the next best mate. In: CONTE, R.; HEGSELMANN, R. & TERNA, P. (eds.). *Simulating Social Phenomena*. Berlin: Springer-Verlag, 1997.

fício, a procura de um parceiro envolve gastos consideráveis. Diferente também da escolha de uma universidade, na qual os méritos de cada uma são conhecidos e o problema é saber em qual delas se consegue entrar, a procura de um parceiro não nos permite fazer uma hierarquia de qualidade *a priori*: é preciso namorar para poder classificar corretamente. Além disso, há o risco de que, ao se abandonar um parceiro, todas as próximas escolhas sejam piores.

Voltando-se ao processamento mental, é preciso levar em conta que o cérebro é limitado e o mundo muito complexo. Nessas condições, a seleção natural favorecerá o desenvolvimento de heurísticas simples e rápidas nas inferências feitas sobre o ambiente e nas tomadas de decisões. A mais simples e bastante utilizada é a heurística de reconhecimento, que faz uso da vasta capacidade de reconhecimento para obter inferências sobre aspectos desconhecidos da realidade.³⁰ Um exemplo: qual deve ser a melhor universidade, a Universidade de São Paulo (USP) ou a Universidade de Bossoroca? Se sua resposta foi a USP, você usou a heurística de reconhecimento, cuja estrutura é bem simples: na ausência de informação específica, busque um outro critério, neste caso, a quantidade de vezes que se ouviu falar de cada uma das duas universidades. Como nunca se ouviu falar da Universidade de Bossoroca, pequena cidade do interior do Rio Grande do Sul, e como a USP é bastante conhecida, toma-se uma variável pela outra. O interessante desta heurística é que resulta em maior sucesso quando o desconhecimento é grande. Se a pergunta se referisse à Universidade Federal do Rio de Janeiro versus a da Bahia, a dificuldade seria bem maior.

Há vários exemplos da utilização da heurística de reconhecimento por animais: o uso do cheiro como reconhecimento de parentesco, ou a escolha de alimentos mais parecidos com os que o animal já experimentou, quando exposto a um conjunto de opções desconhecidas. Essa estratégia também pode ser vista, com facilidade, em restaurantes exóticos com sistema de *self-service*.

As potencialidades dessa heurística são ainda mais amplas. Gigerenzer e colaboradores³¹ compararam leigos e especialistas, norte-americanos e alemães, utilizando diversas estratégias para a escolha de ações em bolsas de valores. De cinco estratégias testadas, a heurística de reconhecimento foi a que produziu maior retorno, quer no mercado de origem dos indivíduos testados, quer em mercado estrangeiro. Como se apóia na ignorância, leigos acabaram por se sair tão bem quanto especialistas em mercados de capitais.

³⁰ GIGERENZER, G.; TODD, P. M. & ABC Research Group. *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford Academic Press, 1999.

³¹ GIGERENZER, G.; TODD, P. M. & ABC Research Group. *Op. cit.*

Uma outra heurística mental bastante empregada é a heurística minimalista, descrita no quadro 3. Existe com diversas variações, especialmente na etapa 1, na qual podem ser colocadas outras regras de procura. A heurística proposta por Todd³² para a escolha de parceiros é uma variante da heurística minimalista, que sugere, particularmente, que se examine quantos parceiros são possíveis durante um certo período. Após este período, escolha o primeiro que for melhor que a amostra examinada. A questão é: qual a proporção de indivíduos que se deve examinar (namorar) antes da escolha definitiva? Um exame de 8% da amostra (conjunto de indivíduos disponíveis para namorar) lhe garante um parceiro entre os 25% melhores da população, em 90% das vezes!

³² TODD, P. M. *Op. cit.*

Quadro 3: Etapas da heurística minimalista (segundo Gigerenzer e colaboradores³³)

³³ GIGERENZER, G.; TODD, P. M. & ABC Research Group. *Op. cit.*

Etapa 0	Se aplicável, use a heurística de reconhecimento, ou seja, se apenas um objeto é reconhecível, faça a predição de que ele é o que tem maior valor, conforme o critério escolhido. Se nenhum for reconhecível, escolha qualquer um, aleatoriamente. Se todos forem reconhecíveis, passe para a etapa seguinte.
Etapa 1	Busca ao acaso: escolha uma característica, ao acaso, e examine os valores desta característica nos objetos a serem avaliados.
Etapa 2	Regra de parada: se um dos objetos tem, para esta característica, um valor igual a "1" e os demais têm valor "0" ou desconhecido, interrompa a busca e vá para a etapa seguinte. Caso isso não ocorra, volte à etapa 1 e escolha outra característica. Se não existirem outras características, faça uma escolha aleatória.
Etapa 3	Regra de decisão: faça a predição de que o objeto com maior valor nesta característica é a melhor escolha nesse critério.

³⁴ MCGUIRE W. J. Creative hypothesis generating in psychology: some useful heuristics *Annu. Rev. Psychol.*, 48:1-30, 1997.

³⁵ Jogos de soma zero são aqueles em que sempre há um perdedor e um vencedor, como o xadrez. Naqueles de soma não zero pode haver mais de um vencedor, alguns ou todos podem ganhar alguma coisa, como os pontos obtidos em uma corrida de automóveis.

³⁶ RIDLEY, M. *As origens da virtude*. Rio de Janeiro: Record, 2000.

As pesquisas sobre heurísticas e algoritmos mentais têm-se mostrado bastante fecundas. McGuire³⁴ descreve cerca de 50 heurísticas envolvendo processos criativos na ciência. O estudo das regras mentais para uma importante decisão que tomamos todos os dias – cooperar ou competir? – tem merecido competições entre programas de computador desde a década de 1970. A vida em sociedade é tratada como um jogo de soma não zero³⁵ e o problema é desenvolver o melhor método para decidir quando cooperar ou competir com os indivíduos a nossa volta³⁶.

A que conclusões chegamos, então?

Conclusões

Parece haver indícios suficientes para uma hipótese científica indutiva. Se muitos processos cerebrais (ou mentais) podem ser descritos com heurísticas ou algoritmos, pergunta-se: não seria possível uma generalização, a de que todos os processos mentais são processos dessas categorias e podem emergir – pelo menos em teoria, atualmente – em um computador? Processos mentais, assim como algoritmos e heurísticas, não dependem do material no qual ocorrem, podendo aparecer em substratos biológicos ou artificiais.

Os processamentos mentais mais simples, como o reconhecimento de uma face, ainda apresentam aspectos desconhecidos, mas a estrutura da inteligência, cujo conhecimento paulatinamente se delineia, parece seguir este modelo proposto. Como tais processos apareceram por meio da seleção natural, poder-se-ia concluir que a computação e a inteligência artificiais são símiles de processos naturais. Afinal, não seria uma impossibilidade o cérebro humano produzir algum artefato estranho a sua maneira de funcionar? Dito de outra maneira: o cérebro humano talvez não consiga imaginar uma maneira de processar informação que seja dissimilar à sua própria maneira de estruturar perguntas e respostas sobre o mundo. Deve-se observar que as regras básicas do darwinismo, quer aplicadas a espécies, aos neurônios no cérebro, quer aplicadas aos sistemas artificiais, são as mesmas.

Assim como não há uma separação entre a evolução animal e a evolução humana, não há uma fronteira explícita entre a evolução humana e a evolução dos computadores. Um caminho evolutivo rumo à complexidade, iniciado há milhões de anos atrás, pode estar obtendo um novo alento com a adição de tecnologias de inteligência artificial.

Renato Zamora Flores é graduado em Medicina, doutor em Genética e Biologia Molecular e professor do Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. rzflores@ufrgs.br

João Paulo Schwarz Schüler é graduado e mestre em Ciências da Computação e responsável pelo desenvolvimento de *softwares* na empresa Prodttare, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. jp@schulers.com

ÉTICA E EVOLUÇÃO

Karla Chediak

Acredita-se que a origem da espécie humana tenha ocorrido a partir do processo evolutivo. A consequência dessa perspectiva é a de que ela traz para o plano filosófico uma compreensão naturalizada do homem, ao sustentar haver uma distinção muito mais de grau do que de essência entre a espécie humana e o resto do mundo vivo do qual ela faz parte. Nesse contexto é que se levanta a questão do estabelecimento da relação entre evolução e moral, já que ao se considerar que, a princípio, o homem é uma espécie natural como outra qualquer, dever-se-ia levar em conta sua natureza biológica ao se avaliar sua atividade tanto cognitiva quanto prática.

A naturalização da moral

Ao se estabelecer a relação entre evolução e moral, coloca-se em xeque a concepção que, muitas vezes, temos de nós mesmos enquanto seres totalmente indeterminados. A tese que sustenta a origem evolutiva parece afetar, para a moral, um dos últimos redutos da especificidade humana, que seria o de sua liberdade, na medida em que a moral tem sido entendida como a livre autodeterminação do homem.

Podemos considerar, primeiramente, a mais grave acusação feita à naturalização da moral: a de que ela resulta no determinismo biológico. Rousseau (1712-1778), no *Discurso sobre a origem e os fundamentos da desigualdade entre os homens*, adverte-nos sobre as nefastas conseqüências da naturalização dos valores. Ele nos diz que a primeira condição para vencermos a desigualdade é não naturalizá-la, pois se fundarmos os valores na natureza, estaremos obrigados a viver de acordo com eles.¹ O esforço do autor é, então, o de mostrar que são os homens que projetam na natureza as qualidades e os valores que advêm da forma particular de organização de sua sociedade a fim de torná-los permanentes e verdadeiros.

Muitas vezes também consideramos que o que caracteriza a determinação natural da ação é o instinto, já que a ação instintiva é compreendida como aquela que segue regras definidas pela natureza sem ou com pouca margem para variação. É famosa a passagem de Rousseau que diz: “um pombo morreria de fome perto de um prato cheio das melhores carnes e um gato sobre um monte de frutas ou sementes”².

Por isso, concluiu-se que só o homem tem liberdade. Ser um agente livre é, de acordo com Rousseau, por exemplo, a característica específica do homem. Renunciar a essa liberdade seria renunciar à qualidade de ser homem.³

É ainda no interior da tradição moderna que encontramos a relação entre a natureza e o egoísmo, associando-se à ação natural a necessidade de se buscar a conservação de si, quer dizer, a própria sobrevivência. Desse ponto de vista, a ação mais natural é a que põe, em primeiro lugar, o interesse próprio. No mundo natural, essa tendência seria controlada pelas rígidas regras do instinto, que regeriam o relacionamento entre os indivíduos de uma mesma espécie, bem como os de espécies diferentes. Isso seria verdadeiro até quando se considera o estado de natureza como pacífico, pois essa pacificidade não se explicaria pela feliz união dos indivíduos, mas pela abundância de recursos disponí-

¹ ROUSSEAU, J.-J. *Discurso sobre a origem e os fundamentos da desigualdade entre os homens*. São Paulo: Nova Cultura, 1988. p. 41.

² ROUSSEAU, J.-J. *Op. cit.* p. 47.

³ “Renunciar à liberdade é renunciar à qualidade de homem, aos direitos da humanidade, e até aos próprios deveres. Não há recompensa possível para quem a tudo renuncia” (ROUSSEAU, J.-J. *Do contrato social*. São Paulo: Nova Cultura, 1987. p. 27).

veis na natureza. Com isso, os indivíduos poderiam satisfazer suas necessidades naturais sem ter de entrar em competição com seus semelhantes, evitando o conflito, mas também a vida social. No caso da vida humana, teria sido necessário romper o estado natural para que se efetivasse sua natureza social. E uma vez instaladas as relações sociais, a influência das inclinações ou das tendências naturais passaria a ser considerada, muitas vezes, indesejável, por resultar em ações egoístas, voltadas para o interesse próprio. Nesse caso, a ação moral é vista como o contrário da ação que não leva em conta o outro. Na medida em que normas e valores são necessariamente universais e dizem respeito às relações entre os indivíduos, levar em consideração o interesse do outro é inevitável; infere-se então que a ação moral deva ser uma ação não egoísta.

É por isso que a natureza não poderia responder pela ação moral, pois não haveria verdadeiramente altruísmo na natureza e lutar contra o egoísmo muitas vezes foi pensado como lutar contra a tendência natural de agir egoisticamente. É em Kant que aparece com clareza as diversas influências a que pode estar submetida a vontade humana: a razão como fonte da moralidade e as inclinações naturais como fonte de ação interesseira.⁴ Luc Ferry resume esse ponto de vista quando diz:

então se minha natureza – já que sou também, mas não somente animal – me impulsiona, como toda natureza, ao egoísmo (que não passa de uma variante do instinto de conservação para mim e para os meus), tenho também, tal é a primeira hipótese da moral moderna, a possibilidade de me deslocar dela para agir de forma desinteressada, altruísta.⁵

De fato, só é possível estabelecer uma relação entre evolução e moral, rompendo com a necessidade de se associar natureza e determinismo, bem como natureza e egoísmo. Quando o domínio da natureza não é pensado como sinônimo de determinismo, não é mais necessário conceber uma outra instância que transcenda inteiramente o domínio natural para se dar conta de um comportamento não determinista e inovador como, por exemplo, o moral. Talvez seja uma importante contribuição do pensamento evolutivo da vida considerar que a flexibilidade do comportamento se produziu na natureza e não apenas no mundo humano, envolvendo também outras espécies animais. Encontra-se particularmente entre os primatas uma grande inovação no comportamento social. A defesa de um determinismo bio-

⁴ Em uma nota, Ricardo Terra cita os três sentidos que, segundo Chiodi, podemos encontrar em Kant: o primeiro é a natureza como origem do bem – providência; o segundo é a natureza como origem do mal – selvagem; e o terceiro é a natureza como natureza humana (TERRA, R. *A política tensa. Idéia e realidade na filosofia da história de Kant*. São Paulo: Iluminuras, 1995. p. 159). Essa última acaba sendo a expressão das duas primeiras, considerando que o homem pertence aos dois mundos – o inteligível e o sensível.

⁵ FERRY, L. & VICENT, J-D. *Qu'est-ce que l'homme? Sur les fondamentaux de la biologie et de la philosophie*. Paris: Odile Jacob, 2000. p. 49.

lógico, do tipo genético, para a nossa espécie é hoje bastante desacreditada. Gould, por exemplo, considera que devemos distinguir potencialidade biológica de determinismo biológico. Enquanto este último caracteriza um comportamento padronizado, rígido, programado pelos genes, sem margem de variação, aquela assinalaria apenas que o comportamento tem sua condição na biologia; nesse caso, somente a potencialidade biológica se relacionaria com a espécie humana:

*houve um aumento suficiente de conexões neurais para converter um aparelho inflexível e rigidamente programado num órgão instável, dotado de memória e lógica suficientes para substituir as especificações diretas pela aprendizagem não programada. A flexibilidade pode bem ter sido o determinante mais importante da consciência humana e a programação direta do comportamento provavelmente tornou-se não-adaptativa.*⁶

⁶ GOULD, S. J. *Darwin e os grandes enigmas da vida*. São Paulo: Martins Fontes, 1999. p. 255.

Além disso, o altruísmo também estaria presente na natureza em várias espécies de animais, uma vez que para haver vida social é necessário que exista algum tipo de cooperação entre os indivíduos e, com isso, algum grau de sacrifício do interesse próprio.

Isso não significa que os evolucionistas que defendem a associação entre moral e evolução estabeleçam identificação entre os conceitos de altruísmo e moral, embora procurem relacioná-los. Para muitos evolucionistas, qualquer norma moral implica o altruísmo, conceito que está relacionado com qualquer comportamento social, na medida em que designa um comportamento regido por regras de cooperação entre os indivíduos. Porém, embora necessário, o altruísmo não seria suficiente para caracterizar o comportamento moral, cuja especificidade é formar sistemas normativos. Fica claro, então, que, mesmo para os defensores de uma estreita relação entre moral e evolução, o altruísmo humano não se confunde com o altruísmo biológico. A questão é saber se existe alguma relação entre o altruísmo existente na natureza e o altruísmo humano que se efetiva no sistema moral.

Moral e altruísmo

A idéia de que a moral é fruto do desenvolvimento diferenciado do comportamento social animal é defendida por alguns filósofos da biologia que crêem poder estabelecer vínculo direto entre o processo evolutivo e o comportamento moral. A tese geral é a de que o comportamento moral está enraizado em nossa biologia e se relaciona com

o comportamento social animal. Desse modo, o comportamento humano estaria em continuidade com o comportamento cooperativo animal, existente principalmente nas aves e nos mamíferos e que foi denominado de altruísta para caracterizar a relação dos indivíduos que vivem em sociedade. Como o altruísmo é a condição da vida social, a moral, que seria um tipo de vínculo social bastante sofisticado, seria uma via em que foi dar o altruísmo biológico.

Para caracterizar o *altruísmo biológico*, utilizamos a definição de Richard Dawkins, que diz:

*uma entidade, tal como o babuíno, é dita altruísta se ela se comporta de maneira a aumentar o bem-estar de outra entidade semelhante a sua própria custa. O comportamento egoísta tem exatamente o efeito contrário.*⁷

⁷ DAWKINS, R. *O gene egoísta*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1989. p. 24.

O autor segue dizendo que se deve compreender por *bem-estar* as chances de sobrevivência e o sucesso reprodutivo. Essa definição é bastante diferente da que costumamos utilizar para pensar o egoísmo e o altruísmo humanos, por não levar em conta o motivo ou a intenção do agente, mas apenas o efeito da ação. Os animais, e até os vegetais, podem-se comportar assim, já que não é preciso ter consciência da ação para que esta resulte em ação altruísta ou egoísta.

A partir dos estudos dos insetos sociais, como as abelhas e as formigas, chegou-se ao esclarecimento do vínculo existente entre interesse genético e comportamento altruísta. Esse tipo de altruísmo é denominado de *altruísmo de parentesco* e existe apenas entre indivíduos que compartilham genes. O prejuízo que um indivíduo altruísta pode sofrer é geneticamente compensado por meio da sobrevivência e reprodução de parentes diretos. Às vezes o custo é alto e implica a perda da própria vida, mas do ponto de vista genético o importante é que os descendentes sobrevivam. É por meio desse tipo de comportamento altruísta que se explica, por exemplo, o cuidado das mães com seus filhos.

O altruísmo biológico, portanto, não contradiz o principal – ou um dos principais – mecanismo do processo evolutivo: a seleção natural. Podemos dizer que por trás do comportamento altruísta biológico está o interesse genético, em outras palavras, o egoísmo dos genes.

O segundo tipo é o *altruísmo recíproco*, que diz respeito à existência de cooperação entre indivíduos sem haver compartilhamento de genes. Esse tipo de relação social ocorre entre indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes e não apenas entre parentes. Trata-se de uma

relação mais frágil do que a do altruísmo de parentesco, já que depende da relação de confiança que se estabelece entre os indivíduos. A simbiose de limpeza entre os peixes, o compartilhamento de alimento entre morcegos, a troca de limpeza entre primatas e o aviso de perigo emitido por certas aves em benefício do grupo são alguns exemplos de reciprocidade existente na natureza. Essas relações de cooperação são bastante variáveis e podem ser bem estreitas – quando ocorrem entre indivíduos que convivem muito proximamente – ou mais indiretas – quando se coopera, a princípio, na espera de que o outro também coopere em um momento de necessidade. O que caracteriza o altruísmo recíproco é que ele sempre requer um retorno na cooperação; surgiria porque, no resultado final, o custo do investimento individual na reciprocidade é menor do que o benefício recebido de volta. Trata-se de uma troca e, nesse sentido, é fundamentalmente distinto do altruísmo de parentesco, que não requer troca alguma. Ambos estariam presentes em todos os animais, logo, também estariam presentes na espécie humana.⁸

⁸ ALEXANDER, R. D. A biological interpretation of moral systems. In: THOMPSON, P. (ed.) *Issues in evolutionary ethics*. New York: State Univ. New York Press, 1995. p. 179-202.

Segundo Alexander, é a partir da relação de reciprocidade indireta que se explicaria o surgimento do comportamento moral. A moral estaria vinculada ao conceito de altruísmo e também ao conceito de auto-sacrifício, ou seja, de sacrifício dos seus próprios interesses, porque o senso moral leva necessariamente em conta o interesse do outro e, na realidade, se esses interesses não entrassem em conflito, a moral não se teria desenvolvido, pois não seria necessária.

Falácia naturalista e objetivismo moral

O maior problema teórico para os defensores de uma estreita relação entre moral e evolução é a falácia naturalista. Tal falácia seria cometida toda vez que se derivasse o *dever ser* a partir do *ser*, pois não haveria inferência válida que nos levasse de premissas factuais para conclusões prescritivas. Cometer-se-ia a falácia naturalista toda vez que se definisse a moral a partir de propriedades naturais, ou toda vez que se deduzisse ou se derivasse um enunciado moral a partir de um factual.

Desde que foi apresentada, a falácia naturalista tem sido o maior problema para todas as teses que procuram defender uma origem evolutiva para a moral, principalmente, porque a distinção entre ser e dever ser é quase universalmente acatada. A especificidade dos enunciados morais estaria no fato de eles serem normativos e não descritivos

e o problema mais evidente quando se misturam os dois é o risco de se anular o caráter normativo dos enunciados morais. Isso ocorreria quando fosse reduzido o dever ser ao ser, como nos adverte Luc Ferry, na seguinte passagem:

Ou bem reduzimos o normativo ao descritivo, o direito ao fato, a moral à história e à natureza que a determinam; porém, nesse caso, é preciso renunciar a idéia de ética normativa e se limitar a descrever comportamentos morais de maneira neutra, como se faz com o comportamento dos animais. Então, não há mais ética, apenas etologia, que, sem nenhum juízo de valor, limita-se a mostrar porque e como os animais, humanos ou não, conduzem sua vida...⁹

⁹ FERRY, L. & VICENT, J-D. *Op. cit.*, p. 86.

O risco de reducionismo e, portanto, de descaracterização da normatividade dos enunciados morais, sem dúvida, assombra o evolucionismo moral, mas é preciso se questionar se toda as concepções de evolucionismo são necessariamente reducionistas, como acredita Luc Ferry.

De fato, o problema da falácia naturalista tem sido amplamente discutido entre os evolucionistas, juntamente com a questão da determinação do estatuto da norma moral, que estabelece o caráter objetivo ou subjetivo dessas normas.

A posição mais radical diante de tais problemas é a assumida pelo biólogo Edward Wilson. Para esse naturalista, só há duas alternativas para se compreender a moralidade: a perspectiva transcendentalista e a empirista. A distinção entre as duas estaria no fato de que os defensores da primeira crêem que os princípios ou fundamentos da moral estendem sua raiz para fora da mente humana e os da segunda crêem que são produtos da mente humana. Como o cérebro se originou e se desenvolveu através do processo evolutivo, então os estudos do cérebro e da evolução deveriam ser levados em conta para a compreensão da moral humana. Isso leva Wilson a afirmar que o aparecimento dos preceitos morais e religiosos estaria comprometido com a sobrevivência e o sucesso reprodutivo e que se desenvolveram por meio de regras epigenéticas, que dizem as tendências hereditárias de desenvolvimento da espécie.¹⁰

¹⁰ WILSON, E. *Consiliênsia*. Rio de Janeiro: Campus, 1999. p. 237.

Wilson não aceita o impedimento de passar dos enunciados factuais para os normativos: “Não, não temos de situar o raciocínio moral em uma categoria especial e usar premissas transcendentais, porque a colocação da falácia naturalista é em si uma falácia”¹¹. Ele acaba defendendo um objetivismo moral, baseado no conhecimento científico que pode sofrer a crítica de não conseguir escapar ao determi-

¹¹ WILSON, E. *Op. cit.*, p. 240.

nismo genético. A seguinte passagem dá a dimensão do risco de determinismo: “o indivíduo é visto como biologicamente predisposto a fazer certas escolhas. Por evolução cultural, algumas dessas escolhas são solidificadas em preceitos, depois leis” [...] ¹². Mesmo que o autor negue o determinismo ao afirmar que os genes não podem especificar as convenções elaboradas, é difícil não reconhecer nesse trecho a afirmação de que nossas normas são apenas a expressão das nossas predisposições.

Em sentido contrário às vertentes mais empiristas e científicas, o objetivismo moral pode encontrar embasamento para suas normas na razão. Entendemos que possuir um fundamento estritamente racional significa poder ser originado a partir de princípios cuja validação não encontra origem na experiência, tendo, por isso, validade *a priori*. Nesse caso, as normas que não são validadas pela experiência tampouco podem ser refutadas por essa. Ainda que não houvesse um só caso empírico em que certa norma racionalmente válida estivesse sendo praticada, isso não a invalidaria. Tal perspectiva não recusa necessariamente a tese evolucionista da moral, desde que se mantenham bem separadas a questão da origem e a questão da validade. Porém, se mantivermos em separado tais domínios, a consequência é que qualquer informação de natureza empírica, como a advinda da concepção evolucionista, torna-se irrelevante para a discussão do problema moral. ¹³

Até certo ponto, é nessa linha que vai o pensamento de Nagel, que acredita que a biologia, na verdade, não tem nada de importante para nos dizer sobre a moralidade. Esta só nos pode fornecer informações sobre as motivações iniciais do nosso comportamento, mas, a rigor, a moral não seria um comportamento e, sim, uma realidade teórica, racional, porque inclui crítica, justificação, aceitação e rejeição. Na verdade, para Nagel, a questão moral só começa a existir, de fato, quando transcende esse começo. Por um lado, o relato evolucionista não seria relevante para a compreensão da moral; por outro, ele seria até prejudicial, já que enfraquece a confiança que temos na razão. “Sem algo mais, a idéia de que nossa capacidade racional é produto da seleção natural tornaria a razão muito menos útil e confiável” ¹⁴. Ele considera que, se quisermos salvar nossa confiança na razão, teremos de encontrar justificações que fossem independentes das explicações evolucionistas. Seria necessário haver uma base independente para justificar as crenças que temos na validade das normas. O problema com a concepção evolucionista é que ela ameaçaria a neces-

¹² WILSON, E. *Op. cit.*, p. 237.

¹³ Essa posição pode ser ilustrada pela passagem a seguir, que expõe brevemente a concepção advinda da tradição kantiana: *Na ética kantiana tradicional, os valores morais são objetivos somente se não dependerem de alguma estrutura motivacional particular. A justificação da moralidade, desse ponto de vista, pode seguramente ignorar fatos sobre a motivação e o desejo humano, embora esses se tornem relevantes, é claro, para ajuizamento do valor moral de atos particulares. No entanto, nem os valores morais fundamentais nem sua força moral são dependentes de fatos particulares do mundo humano. Criaturas racionais são aptas a serem persuadidas a agir moralmente apenas pela razão, não importando quais possam ser seus desejos. Os comandos morais são, então, assegurados por comandos de razão pura, que é a fonte presumida de razões objetivas para a ação de qualquer criatura com capacidade para o pensamento racional* (COLLIER, J. & STIGL, M. *Evolutionary naturalism and the objectivity of morality*. In: THOMPSON, P. (ed.). *Issues in evolutionary ethics*. New York: State Univ. New York Press, 1995. p. 409-429.).

¹⁴ NAGEL, T. *A última palavra*. São Paulo: UNESP, 2001. p. 158.

sidade das normas, tornando-as contingentes. Além disso, uma explicação evolucionista parece retirar o solo objetivo da moral, tornando-a subjetivista. Por isso, haveria uma contraposição entre a hipótese evolucionista e a hipótese racionalista que, na realidade, não se complementariam, mas estariam em competição, porque a razão se guiaria por princípios não empíricos.¹⁵

No entanto, alguns filósofos da biologia vão defender a possibilidade de se conceber uma base objetiva para os valores morais a partir de uma perspectiva naturalista. Rottschaefer & Martinsen,¹⁶ por exemplo, sustentam que seria possível conservar a objetividade dos valores no âmbito de uma visão naturalista da moral, considerando-se as propriedades morais como propriedades naturais supervenientes às propriedades naturais não morais. Com isso, conceder-se-ia certa autonomia para o nível superior, no caso, das normas e valores morais, em relação ao nível inferior, no caso, o das propriedades físicas e biológicas. A vantagem dessa perspectiva estaria no fato de que, ao conceber as normas morais como propriedades naturais, conservaríamos a continuidade da natureza, mantendo, também, a diferenciação e certa autonomia dos níveis. Assim, evitaríamos a falácia naturalista na forma da definição, por não se identificarem as propriedades morais com as propriedades não morais. Os níveis biológico e psicológico não explicariam as propriedades morais, apenas forneceriam suas fontes motivacionais, sem dar conta do fenômeno moral. No entanto, ao mostrarem como evitar a falácia na forma derivada, os autores acreditam que o fazem transformando o valor adaptativo, em termos de sobrevivência e reprodução, em valor moral básico. Assim, em vez de responder somente pela explicação causal científica relativa ao surgimento dos valores morais, o princípio darwinista é elevado a princípio moral fundamental, mesmo que não seja o único.¹⁷

Os autores negam que os sentimentos e as tendências, ou seja, nossas disposições emocionais, sejam a única herança biológica; tão importantes quanto essas seriam nossas disposições cognitivas, que também teriam origem evolutiva. Portanto, uma concepção darwinista da moral não se basearia necessariamente apenas nos sentimentos. Além disso, recusam a distinção entre explicação e justificação. Justificar diz respeito às avaliações ou determinações das motivações das ações e crenças e justificar de um ponto de vista naturalista é fornecer as razões empíricas baseadas no conhecimento científico que sustentam as crenças morais.¹⁸ Por isso, a causa de um evento determinado pela ciência

¹⁵ Nagel considera que o evolucionismo compete com o racionalismo e, nesse sentido, ameaça a fundamentação dos nossos processos cognitivos e práticos: “a menos que seja acoplada a uma base *independente* de confiança na razão, a hipótese evolucionista é mais ameaçadora do que tranquilizadora” (NAGEL, T. *Op. cit.*, p. 158).

¹⁶ ROTTSCHAEFER, W. & MARTINSEN, D. Really taking Darwin seriously: An alternative to Michael Ruse’s Darwinian Metaethics. In: THOMPSON, P. (ed.). *Issues in evolutionary ethics*. New York: State Univ. New York Press, 1995. p. 375-408.

¹⁷ “Derivamos deveres de deveres e valores de valores e postulamos que entre os valores humanos básicos está o valor da aptidão humana que promove a sobrevivência e a reprodução” (ROTTSCHAEFER, W. & MARTINSEN, D. *Op. cit.*, p. 398).

¹⁸ ROTTSCHAEFER, W. & MARTINSEN, D. *Op. cit.*, p. 396.

pode servir como base para uma justificação objetiva, ou seja, causas também podem servir de razão. Com isso, os autores concluem:

*parece-nos que o naturalista darwiniano, em seu apelo à variação genética e as forças seletivas naturais na consideração dos sentimentos morais, pode fornecer não apenas uma explicação causal desses sentimentos, mas uma razoável justificação para eles.*¹⁹

¹⁹ ROTTSCHAEFER, W. & MARTINSEN, D. *Op. cit.*, p. 399.

Essa justificação seria a de que o que torna uma ação boa, portanto, o que a justifica, é que ela promove a adaptação humana, em termos de sobrevivência e reprodução. Embora não afirmem que esse valor seja o único, consideram-no como condição necessária para todos os outros valores.

A perspectiva objetivista e naturalista dificilmente escapa à falácia naturalista, porque transforma uma causa natural em princípio moral último. Ao conferir caráter de normatividade ao que não tinha, não oferece razões suficientes para isso, pois poderíamos, certamente, questionar se os sistemas morais conhecidos utilizam ou se deveriam utilizar alguma norma baseada na promoção de sobrevivência e reprodução para justificar as ações morais.

Outro sentido toma a concepção subjetivista defendida por Michael Ruse, para quem a moral é relativa à espécie humana e, por conseqüência, subjetiva. Ruse aceita a falácia naturalista e se esforça para evitá-la tanto na forma de definição, quanto na forma derivada. Ele procura conservar a especificidade dos enunciados normativos e, ao mesmo tempo, sustentar a passagem do ser para o dever ser. Para tanto, vai retirar dos enunciados morais seu caráter objetivo, pois não havendo objetividade nos enunciados morais, não haveria perigo de confundi-los com os enunciados factuais. No entanto, reconhece que, para sustentar a concepção evolucionista da ética, a violação da falácia naturalista é, em algum grau, inevitável. A passagem do ser para o dever ser será feita, mas só para explicar de que modo a transição ocorreu, pois caso se procure fundamentar as normas e os valores morais com o recurso da teoria evolutiva, cometer-se-ia a falácia: “É a evolução – e unicamente ela – que transpõe o abismo. E é nesse ponto, exclusivamente, que podemos fazer a transição da maneira como as coisas são para a maneira como devem ser”²⁰. Isso significa não só que ela se origina com a espécie humana, mas que os valores são dependentes da espécie humana. Ruse justifica essa posição, porque os valores e normas morais

²⁰ RUSE, M. *Evolutionary ethics: a phoenix arisen*. In: THOMPSON, P. (ed.) *Issues in evolutionary ethics*. New York: State Univ. New York Press, 1995. p. 225-247.

que formam os sistemas de crenças são criados pelos homens. “A moralidade não tem significação nem justificação fora do contexto humano. A moral é subjetiva”²¹.

²¹ RUSE, M. *Op. cit.*

A consequência de compreendermos a moral como subjetiva é o reconhecimento de que as disposições emocionais da espécie são a base comum para a constituição do comportamento moral. Tais disposições emocionais, que se referem aos sentimentos, têm base biológica e desenvolveram-se para controlar, aprovar ou desaprovar certas ações. Para Ruse, esses sentimentos já manifestariam a natureza prescritiva sob a forma do sentimento de dever e se distinguiriam, portanto, do querer ou do desejo. Herdeiro de Hume, como ele mesmo afirma, Ruse não acredita que haja um fundamento estritamente racional para a moral. Porém, isso não implica que a moral seja irracional. Como a moralidade estaria assentada, primeiramente, nos sentimentos de obrigação, culpa, orgulho, compaixão, entre outros, o evolucionismo não lhe poderia fornecer fundamento, apenas explicações. Explicação são respostas dadas às perguntas sobre como e por que certo tipo de evento ocorre, limitando-se a nos fornecer as circunstâncias do surgimento de certo evento. Além disso, ao afirmar que a moral pode ser explicada pelo evolucionismo, só se fornece para ela uma origem contingente e, com isso, esvazia-se o projeto de encontrar uma justificação que nos forneça razões necessárias para que as nossas normas sejam do jeito que são. Desse modo, Ruse assume uma perspectiva contrária à de Rottschaefer & Martinsen, pois não assimila a causa empírica à justificação teórica. Ao reconhecer que o evolucionismo só pode fornecer as causas do surgimento do comportamento moral e não sua justificação, Ruse reforça o caráter subjetivo da moralidade. O problema é que ele também admite que a negação do objetivismo moral destrói a efetividade da moral, simplesmente porque ela deixa de funcionar.

*Não havendo nenhum critério externo pelo qual possamos julgar e ser julgados em assuntos morais, não há aparentemente meio de escaparmos da relatividade das inclinações individuais. Eu poderia estabelecer todo tipo de regra ou de exigência, mas a verdade é que, em última análise, a ética parece ter perdido sua essência primordial e sua raison d'être.*²²

²² RUSE, M. *Levando Darwin a sério*. Belo Horizonte: Itatiaia, 1995. p. 278.

A tese de Ruse é a de que a moralidade só funciona quando associamos aos valores a objetividade. A perda da objetividade da moral seria, na realidade, sua morte, porque a moral é crença em valores, é a confiança que depositamos no valor desses valores que reconhecemos como bons e que

esperamos que os outros também os reconheçam. A crença nos valores seria comparável, nesse aspecto, à crença em Deus ou à crença na realidade exterior. Ambas também não se sustentam quando perdem a objetividade. Assim, a compreensão evolutiva não roubaria a eficácia da moral, pelo simples fato de que “objetivamos” necessariamente as regras morais, embora essa objetividade seja, de fato, ilusória. Tratar-se-ia de uma ilusão coletiva, social, porém necessária para que as normas funcionem. Para Ruse, não poderíamos escolher entre crer ou não crer na objetividade das normas, mesmo concluindo que não há nenhuma fundamentação para ela. Com essa tese, ele procura evitar o relativismo e o ceticismo morais, que parecem derivar necessariamente de sua concepção subjetivista.

É exatamente isso que conclui Luc Ferry: se a concepção de moral baseada no evolucionismo reduz a moral a um comportamento que evoluiu ao longo de alguns milhares de anos como uma forma especial de estabelecer vínculos sociais de cooperação, então, a perspectiva do evolucionismo apresenta a mais séria tese contra a filosofia da liberdade, exatamente por negar a ruptura entre o reino da liberdade e o da natureza. Conseqüentemente, a tese do evolucionismo torna a moral uma ilusão. [...]“se quisermos ser materialistas coerentes, é preciso termos consciência de que essa posição filosófica é, por um lado, incompatível com a idéia de uma ética normativa não ilusória”[...]”²³. Ruse, por sua vez, não vê problema em sustentar que a crença na objetividade da moral é ilusória, desde que essa ilusão esteja assentada nos sentimentos morais que não podemos abolir.

Porém, a tese da moral como ilusão tem sido muito criticada por aqueles que acreditam que seu resultado é ou o abolicionismo da moral ou o irracionalismo. De fato, se a moral é crença em normas e valores considerados bons, ao torná-las ilusórias é suposto que não crêssemos mais nelas. E se elas contradizem os nossos interesses egoístas, é de se supor também que esses terminem por falar mais alto do que os princípios morais. Não há como evitar que essa concepção não resulte no enfraquecimento da moral e de seu poder de conduzir as ações humanas. Por outro lado, podemos argumentar que, se não há razão bem fundamentada para as nossas crenças e se elas são ilusórias, seria irracional continuar crendo nelas.

Em seu artigo *Darwinian Ethics and Error*, Joyce²⁴ apresenta uma defesa da tese de Ruse, argumentando que seria possível que o discurso moral tivesse um papel importante, ainda que as normas morais fossem ilusórias. Essa

²³ FERRY, L. & VICENT, J-D. *Op. cit.*, p. 90.

²⁴ JOYCE, R. *Darwinian Ethics and Error. Biology and philosophy*, 15:713-732, 2000.

defesa só se torna viável se entendermos a moral a partir de uma perspectiva utilitarista. Seria preciso supor que a moral teria sido uma aquisição vantajosa na evolução dos procedimentos de cooperação animal e ainda continuaria a ser de algum modo vantajosa; por isso, mesmo sabendo-a ilusória, ela seria conservada. Do ponto de vista coletivo, ela reforçaria os laços de confiança entre os indivíduos, resultando em benefício social. Por outro lado, seu caráter vantajoso já estaria inscrito na nossa biologia e, por isso, não cooperar também envolveria risco e custo. A falta de cooperação, moral ou não, pode apresentar vantagem imediata, mas, caso seja descoberta, acarreta, geralmente, perda de confiança, de amizade e até exclusão ou isolamento. Do ponto de vista utilitário, ao contrário do que pode parecer à primeira vista, há mais vantagem na ação não-egoísta do que na ação egoísta. Desse modo, poderíamos, mesmo sem crer na objetividade da moral, continuar agindo moralmente. Isso não seria irracional, porque teríamos boas razões para agir assim.

A posição de Joyce nos parece muito interessante, mas a consideramos insuficiente por estar baseada ou no medo ou no custo social de se romper com as normas, ou na vantagem evolutiva da existência do comportamento moral. No primeiro caso, o caráter moral da ação é fraco, pois agir de forma a evitar um dano ou agir de forma a receber uma vantagem a partir da ação não caracteriza a ação moral, que é agir por se achar correto fazê-lo. No segundo caso, o problema está em que não é possível apelar para vantagem evolutiva da moral como forma de justificar a ação moral hoje sem cometer claramente a falácia naturalista. Se, mesmo sendo uma ficção, a moral é útil por ter um importante papel na regulação das relações interpessoais, é preciso uma justificação para sua existência que ultrapasse a explicação evolutiva.

Por acreditarmos que toda norma moral requer justificação, concordamos com Nagel quando diz que não é possível reduzir o problema da moral ao problema de comportamento, pois ela seria objeto da etologia e teria pouca importância filosófica; mas discordamos dele quando opõe a questão comportamental à questão teórica. Ao colocar, de um lado, a moral como comportamento determinado por respostas emocionais e, de outro lado, a moral como “investigação teórica que pode ser abordada por meios racionais, tendo padrões internos de justificação e crítica”²⁵, Nagel não só torna o evolucionismo irrelevante, como nos obriga a escolher entre as duas possibilidades: a empírica ou a racional.

²⁵ NAGEL, T. *Mortal questions*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1985. p. 144.

Porém, a concepção evolucionista da moral é uma teoria que encontra sua base nas ciências naturais, mas que tem implicações filosóficas. É provável que o evolucionismo esteja certo quando diz que a moral é um comportamento que evoluiu ao longo de milhares de anos como forma única de estabelecer vínculos sociais de cooperação. Por outro lado, concordamos com os críticos do evolucionismo, quando dizem que fazer da moral a expressão das inclinações emocionais da espécie faz desaparecer o que existe de específico no comportamento moral. A tese evolucionista não tem de se basear apenas nos sentimentos e nas emoções, como reconhecem Rottschaefer & Martinsen, mas deve levar em conta tanto a influência do aprendizado, quanto do raciocínio, capacidades cognitivas da espécie que teriam se originado evolutivamente e não deveriam estar ausentes de uma concepção evolucionista da moral.

Embora pela simples via da explicação não seja possível fundamentar os valores e as normas morais, determinando quais deveriam valer para todos os membros da espécie, é possível encontrar a base comum, sobre a qual a moralidade se assenta. Essa base comum seria definida pelas disposições biológicas da espécie. Para uma perspectiva mais empirista, essas disposições estariam relacionadas com os sentimentos, desejos e emoções. Entretanto, julgamos que essa base é claramente insuficiente. O problema com a concepção evolucionista da moral surge quando se considera que a moral nada mais é do que crença em valores e normas, sustentadas, no fundo, apenas pelas inclinações da espécie, tendo minimizado ou até anulado o papel da reflexão. Mesmo que o evolucionismo consiga mostrar, através de recursos teóricos e empíricos, que a biologia é relevante para a compreensão do comportamento moral humano, ela não é, por certo, suficiente.

A moralidade pode ser pensada como tendo origem evolutiva, estando, assim, assentada nos sentimentos que estabelecem atitudes de aprovação e de reprovação com relação às ações dos indivíduos, mas não há dúvida de que as ações morais, por se expressarem em juízos, derivam de nossa capacidade cognitiva e estão também sujeitas à crítica e à justificação. A justificação visa a fornecer razões a favor de determinadas normas, estabelecendo a razão da crença.

Há uma realidade própria relativa aos valores e às normas que faz de sua aceitação, reconhecimento e manutenção uma questão de relativa autonomia, mostrando que as normas não são redutíveis às suas influências, por mais importantes que essas sejam. Não podemos esquecer que

não raras vezes valorizamos comportamentos que são contrários às inclinações e tendências, ou seja, que não favorecem a sobrevivência e a reprodução. Portanto, a universalidade que se pode alcançar, por meio da crítica e da argumentação, embora não se estabeleça de forma *a priori*, também não reduz a universalidade das emoções.

Então, considerar que há para a moral uma dimensão teórica não nega necessariamente a tese do evolucionismo, apenas indica que a dimensão teórica não se deve descolar da dimensão comportamental, pois é como comportamento que ela se teria iniciado e é, na verdade, como comportamento que ela se finaliza. Seria também equivocado, a nosso ver, pretender colocar a importância dos sentimentos e das tendências apenas no início do comportamento moral, como se fosse possível eliminá-los depois e seguir a via estritamente racional. Em nenhum momento da vida abandonamos nossas motivações emocionais; o sentido do dever, aprovação e rejeição são por natureza disposições emocionais que acompanham nossas avaliações.

Assim, acreditamos que a concepção evolucionista da moral pode cooperar para a compreensão filosófica da moral desde que não reduza a moral aos sentimentos da espécie e não negue o processo de avaliação, seleção e crítica dos valores, intrínseco à própria natureza das normas morais. Mas, também é verdade que, não havendo base objetiva para a universalização dos valores, eles têm e terão sempre um caráter precário, dependente do seu acolhimento pelas instâncias particulares. A tarefa do evolucionismo parece ser a de explicar os possíveis vínculos existentes entre a evolução biológica e a evolução cultural, relacionando as disposições emocionais da espécie com os processos de avaliação, seleção e crítica dos valores, mas não seria seu papel dizer-nos como agir.

Karla Chediak é graduada em Filosofia e Biologia, doutora em Filosofia e professora do Departamento de Filosofia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro.

kchediak@uerj.br



**TODAS
AS CORES
INTEGRADAS
EM IMAGEM**



ARTE
TECNOLOGIA
EMOÇÃO
E LUZ

GRÁFICA EDITORA
Pallotti
IMAGEM DE QUALIDADE

Av. Presidente Vargas, 115 - Bairro Patronato - Santa Maria - RS
CEP. 97020-001 - FONE: 55.3220.4500 - FAX: 55.3220.4513

www.pallotti.com.br