

Filosofia e História da
Biologia
vol. 13, nº 2, 2018



Associação Brasileira de
Filosofia e História da
Biologia – ABFHiB

Filosofia e História da Biologia

Volume 13, número 2

Jul.-Dez. 2018

Associação Brasileira de Filosofia e
História da Biologia – ABFHiB
<http://www.abfhib.org>

DIRETORIA DA ABFHiB (GESTÃO 2015-2017)

Presidente: Aldo Mellender de Araújo (UFRGS)

Vice-Presidente: Charbel N. El-Hani (UFBA)

Secretária: Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (FFCLRP-USP)

Tesoureira: Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

Conselheiros: Anna Carolina Krebs P. Regner (ILEA-UFRGS)

Ana Maria de Andrade Caldeira (UNESP-Bauru)

Nelio Marco Vincenzo Bizzo (USP)

Ricardo Francisco Waizbort (Instituto Oswaldo Cruz)

A Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB) foi fundada no dia 17 de agosto de 2006, durante o *IV Encontro de Filosofia e História da Biologia*, realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, em São Paulo, SP. O objetivo da ABFHiB é promover e divulgar estudos sobre a filosofia e a história da biologia, bem como de suas interfaces epistêmicas, estabelecendo cooperação e comunicação entre todos os pesquisadores que a integram.

Filosofia e História da Biologia

Editores: Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (FFCLRP-USP)

Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

Editor associado: Roberto de Andrade Martins (UEPB)

Assistência de revisão: Matheus Abude Whebe

Conselho editorial: Aldo Mellender de Araújo (UFRGS), Ana Maria de Andrade Caldeira (UNESP), Anna Carolina Regner (ILEA-UFRGS), Charbel Niño El-Hani (UFBA), Douglas Allchin (UM-EUA), Gustavo Caponi (UFSC), Marisa Russo (UNIFESP), Marsha L. Richmond (WSU-EUA), Maurício de Carvalho Ramos (USP), Nadir Ferrari (UFSC), Nelio Bizzo (USP), Pablo Lorenzano (UBA, Argentina), Palmira Fontes da Costa (UNL, Portugal), Ricardo Waizbort (Instituto Oswaldo Cruz), Sander Gliboff (IU-EUA), Susana Gisela Lamas (UNLP, Argentina)

ISSN 1983-053X

Filosofia e História da Biologia

Volume 13, número 2

Jul.-Dez. 2018



**Filosofia e História
da Biologia**

V. 13, n. 2, jul.-dez. 2018

homepage /
e-mail da revista:

www.abfhib.org/FHB/index.html
fil-hist-biol@abfhib.org

ABFHiB

Associação Brasileira de Filosofia e
História da Biologia

Caixa Postal 11.461
05422-970 São Paulo, SP
www.abfhib.org
admin@abfhib.org

Copyright © 2018 ABFHiB

Nenhuma parte desta revista pode ser utilizada ou reproduzida, em qualquer meio ou forma, seja digital, fotocópia, gravação, etc., nem apropriada ou estocada em banco de dados, sem a autorização da ABFHiB.

Editoras executivas:
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins
Maria Elice Brzezinski Prestes

Assistência de revisão:
Matheus Abude Whebe

Editoração: Fabio Fiss

Filosofia e História da Biologia. Vol. 13, número 2 (jul.-dez. 2018). São Paulo, SP: ABFHiB, 2018.

Semestral
x, 138 p.; 21 cm.
ISSN 1983-053X

1. Biologia – história. 2. História da biologia. 3. Biologia – filosofia. 4. Filosofia da biologia. I. Martins, Lilian Al-Chueyr Pereira. II. Prestes, Maria Elice Brzezinski. III. Martins, Roberto de Andrade. IV. Filosofia e História da Biologia. V. Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia, ABFHiB.

CDD 574.1 / 574.9

Filosofia e História da Biologia é indexada por:

Clase - <http://dgb.unam.mx/index.php/catalogos>

Historical Abstracts - <http://www.ebscohost.com/academic/historical-abstracts>

Isis Current Bibliography - <http://www.ou.edu/cas/hsci/isis/website/index.html>

Latindex-<http://www.latindex.unam.mx/buscador/ficRev.html?opcion=1&folio=20393>

Philosopher's Index - <http://philindex.org/>

Sumário

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins, Maria Elice Brzezinski Prestes e Roberto de Andrade Martins	
“Apresentação”	
“Presentation”	
Allan Felipe Rodrigues Caetano e Francisco Rômulo Monte Ferreira	147
“Neurônios espelho: reflexos de uma reflexão”	
“Mirror neurons: reflexes of a reflection”	
Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Luciana Barbosa de Carvalho, Sérgio Alex Kugland de Azevedo e Paulo Andreas Backup	169
“Clément Jobert, os peixes da Amazônia e os peixes fósseis do Estado do Piauí, Brasil”	
“Clément Jobert, the fishes from Amazônia and the fossil fishes from the state of Piauí, Brazil”	
Marcela D’Ambrosio, Nelio Bizzo and Fernando Santiago dos Santos	191
“Difficulties in teaching evolution due to the influence of teleology”	
“Dificuldades no ensino de evolução devido à influência da teleologia”	

Olivier Perru	207
“The Brothers of the Christian Schools and the Botanical research at the beginning of the 20th century: some examples of their works”	
“Os Irmãos das Escolas Cristãs e a pesquisa em botânica no começo do século XX: exemplos de alguns trabalhos”	
Ricardo Waizbort e Felipe Porto	229
“Raízes históricas da Medicina Evolutiva, a hipótese do trade-off entre virulência e transmissão, de Paul Ewald”	
“Historical Roots of Evolutionary Medicine, the Hypothesis of the Trade-off between Virulence and Transmission, by Paul Ewald”	
Rodrigo Romão de Carvalho	263
“Agregados, mistos e organismos vivos em Aristóteles: um delineamento de <i>Scala Naturae</i> ”	
“Aggregates, mixed and living organisms in Aristotle: an outline of <i>Scala Naturae</i> ”	
Resenha	279
José Costa Júnior	
“Sobre política, raças humanas e biologia”	
“About politics, human races and biology”	

Apresentação

O volume 13, número 2, de *Filosofia e História da Biologia*, composto por seis artigos e uma resenha crítica, procura continuar cumprindo um dos objetivos da Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB) que consiste em propiciar oportunidades para a discussão de temas de interesse dentro da história e filosofia da biologia e suas interfaces epistêmicas, contribuindo para o amadurecimento dessas áreas de estudo.

Este fascículo é constituído por trabalhos que abordam temas diversos em diferentes períodos históricos, da Antiguidade ao século XX: concepções de Aristóteles; história da botânica; história da paleontologia; medicina evolutiva; neurociência; relações entre história da ciência e ensino, além de uma resenha crítica.

Allan Felipe Rodrigues Caetano e Francisco Rômulo Monte Ferreira discutem sobre a descoberta dos neurônios espelho no cérebro do macaco *Rhesus* na década de 1990, seus desdobramentos, e a possibilidade de seu envolvimento em algumas funções mentais.

Antônio Carlos Sequeira Fernandes; Luciana Barbosa de Carvalho; Sergio Alex Kuglandde Azevedo e Paulo Andreas Buckup abordam um caso de apropriação indébita de objetos brasileiros de história natural (material ictiológico) que pertenciam ao Museu Nacional e que não mais retornaram a esta instituição.

Marcela D' Ambrosio; Nélio Bizzo e Fernando Santiago dos Santos tratam das relações entre teleologia e evolução e suas implicações para o ensino de evolução.

Olivier Perru analisa as contribuições de alguns religiosos pertencentes à Congregação Irmãos das Escolas Cristãs para a botânica francesa, mexicana e cubana, no início do século XX.

Ricardo Waizbort e Felipe Porto tratam das origens da medicina evolutiva e a hipótese do *trade-off* sobre a virulência dos parasitos, de Paul Ewald. .

Rodrigo Romão de Carvalho analisa as composições naturais em Aristóteles e suas relações com um tipo de *scala naturae*,

Este fascículo é finalizado com a resenha crítica do livro *Sobre política, raças humanas e biologia* de autoria de Francisco Bethencourt, redigida por José Costa Júnior.

Gostaríamos de agradecer a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente, além de autores de artigos e pareceristas, para a elaboração deste volume e para a concretização dos objetivos da Associação Brasileira de Filosofia e História da biologia.

Os Editores

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins

Maria Elice Brzezinski Prestes

Roberto de Andrade Martins



Exemplar do peixe *Vincifer camptoni* depositado na coleção de paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, coletado por Clément Jobert em 1878, segundo discutido no artigo de Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Luciana Barbosa de Carvalho, Sérgio Alex Kugland de Azevedo e Paulo Andreas Buckup.

Neurônios espelho: reflexos de uma reflexão

Allan Felipe Rodrigues Caetano *
Francisco Rômulo Monte Ferreira #

Resumo: O presente artigo tem por objetivo fazer uma análise do estado da arte acerca da descoberta dos neurônios espelho no cérebro de macacos *Rhesus* na década de 1990, anunciada pelo grupo de neurocientistas liderado pelo italiano Giacomo Rizzolatti. Essa classe de neurônios vem sendo considerada como a expressão celular para o mecanismo que unifica a percepção e a ação, transformando, assim, dados sensoriais (visão e audição) oriundos de agentes externos em representações motoras ordenadas no cérebro do receptor. Numerosas pesquisas vêm enfatizando a existência do sistema de neurônios espelho humano, associando assim a possibilidade desse substrato neural estar envolvido na codificação de algumas funções mentais, como o reconhecimento de ações motoras (sistema de correspondência), imitação (cópia e repetição), empatia (teoria da mente), processos da linguagem e até mesmo o autismo. Essa descoberta vem incentivando a realização e publicação de novas pesquisas multidisciplinares, as quais poderão produzir novos conhecimentos sobre o papel dos neurônios espelho no ser humano. Examinaremos neste trabalho alguns dos pontos conceituais que consideramos cruciais nesses estudos com o objetivo de explicitar uma problemática secular no que se refere a explicações de características cognitivas por meio da referência a estruturas cerebrais. Será apontado que a construção de uma ponte entre essas duas perspectivas deve ser elaborada com base em um vocabulário cauteloso que não subtraia uma visão em prol de outra.

* Estudante de mestrado no departamento de Neurociências e Comportamento do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Avenida Professor Mello Moraes, 1721, Cidade Universitária, CEP 05508-030, São Paulo, SP. E-mail: allan.caetano@usp.br

Departamento de Neurociências e Comportamento do Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. Avenida Professor Mello Moraes, 1721, Cidade Universitária, CEP 05508-030, São Paulo, SP. E-mail: formulo@usp.br; fromulo-monte@gmail.com

Palavras-chave: neurociências; neurônios espelho; sistema de neurônios espelho; cognição motora

Mirror neurons: reflexes of a reflection

Abstract: This article discusses the state of art on the discovery of mirror neurons in the brain of *Rhesus* macaques in the 1990s, announced by the group of neuroscientists led by Italian Giacomo Rizzolatti. This class of neurons is the cellular expression for the mechanism that unifies perception and action, transforming sensorial data (vision and hearing) from external agents into ordered motor representations in the observer's brain. Numerous researches emphasize the existence of the human mirror neuron system, thus associating the possibility of this neural substrate to be involved in the coding of some mental functions, such as the recognition of motor actions (color response system), imitation (copy and repetition), empathy (theory of mind), processes of language and even autism. This relevant discovery has been encouraging the creation and publication of new multidisciplinary researches, which may produce new knowledge on the role of human mirror neurons. We will examine in this work some conceptual points that we consider crucial in these studies with the objective of explaining a secular problem regarding explanations of cognitive characteristics through reference to brain structures. It will be pointed out that the construction of a bridge between these two perspectives must be elaborated on the basis of a cautious vocabulary that does not subtract one vision for another.

Keywords: neurosciences; mirror neurons; mirror neurons system; motor cognition

1 INTRODUÇÃO

A descoberta dos neurônios espelho ocorreu supostamente por acidente, no laboratório do *Institute of Human Physiology of Parma* no verão de 1991 (Blakeslee, 2006), dirigido pelo neurofisiologista italiano Giacomo Rizzolatti. A equipe de Rizzolatti havia implantado alguns elétrodos no córtex de dois macacos, *Macaca nemestrina*, o que permitia aos pesquisadores gravar individualmente a atividade elétrica de neurônios responsáveis pelo planejamento e realização de ações motoras. Assim que o macaco pegava e movia algum objeto, um conjunto de células neurais era ativado simultaneamente, fazendo com que um alarme sonoro alertasse os pesquisadores de que aquele nicho de neurônios estava disparando potenciais de ação. No entanto, quando um estudante entrou no laboratório segurando um sorvete, o

macaco ao olhar o movimento de levar o sorvete à boca fez com que o alarme soasse. No ano seguinte o experimento foi reportado por Giuseppe Di Pellegrino *et al.* (1992).

Este acontecimento inesperado fez com que o grupo de neurocientistas descobrisse uma classe de neurônios que foi nomeada de “neurônios espelho” na publicação seminal de Vittorio Gallese *et al.* (1996) e referendada pelo subsequente artigo de Rizzolatti *et al.* (1996). Os efeitos da descoberta dos neurônios espelho e o seu papel na execução e representação motora de uma ação realizada ou observada refletiu com maior intensidade quando experimentos neurofisiológicos revelaram, inicialmente de modo indireto, a existência de um sistema neural no córtex humano, similar ao sistema dos neurônios espelho encontrado no cérebro do macaco.

A primeira evidência conhecida da existência de neurônios espelho remonta aos anos 1950, com o trabalho de Gastaut & Bert (1954), incitando a realização de outras pesquisas que contaram com melhor aporte tecnológico. A volumosa quantidade de experimentos que corroboram a existência do sistema de neurônios espelho humano vem estimulando algumas teorizações a respeito do papel desta classe de neurônios no processamento de certas funções mentais como a compreensão da ação (correspondência entre ação e intenção, Gallese & Goldman, 1998; Iacoboni *et al.*, 2005), aprendizagem por imitação (cópia e repetição, Rizzolatti & Craighero, 2004), empatia (teoria da mente, Gallese, 2001), processos da linguagem (Rizzolatti & Arbib, 1998), além da possibilidade da alteração desses neurônios estarem envolvidos com o Transtorno do Espectro Autista (Ramachandran & Oberman, 2006).

Nas palavras do laureado neurocientista Vilayanur. S Ramachandran, “A descoberta dos neurônios espelho fará para a psicologia o que o DNA fez pela biologia” (Ramachandran, 2000, p. 1). A promessa de que esse singular conjunto de neurônios possa contribuir de modo revolucionário tanto para o campo das neurociências, quanto para outras disciplinas emergentes, vem se consolidando progressivamente através do avanço da ciência e tecnologia. A aposta é que essa classe de neurônios possa resolver um problema secular no que se refere a explicações de características cognitivas por meio da referência a estruturas cerebrais, traduzindo

parte do vocabulário da Psicologia relativo a essas características numa perspectiva morfofuncional. Neste artigo, apresentaremos alguns problemas que, infelizmente, podem tornar esse objetivo um tanto quanto distante ainda.

2 A UNIFICAÇÃO DOS ESTUDOS EM NEUROANATOMIA E NEUROFISIOLOGIA COM O VOCABULÁRIO PSICOLÓGICO: UM DESEJO AINDA NO HORIZONTE?

Na formação de uma agenda de pesquisa específica para as Neurociências no século XX, a partir da unidade teórica adquirida com o desenvolvimento da teoria neuronal (conceito de neurônio) e, posterior ao desenvolvimento do programa disciplinar da Neurociência, se tornou imperativo que as diversas linhas de pesquisas dessas novas disciplinas científicas se aproximassem de conceitos fundamentais que lhe dão sustentação teórica. A posterior mobilização para o problema da sinalização celular na primeira metade do século XX é consequência direta de quão fecundo se tornou o programa de pesquisa neuronal (Ferreira & Nogueira, 2015).

Pesquisas sobre o conceito de neurônio em bases anatômicas, fisiológicas, embriológicas e outras, engrossaram o entorno dos estudos sobre o sistema nervoso por meio das ciências biomédicas sem grandes problemas, configurando assim, o passo seguinte para o avanço da Neurociência cognitiva (desdobramento histórico das Ciências cognitivas). Muitos dos conceitos explorados pelos neurocientistas cognitivos se referem a atributos psicológicos (emoção, pensamento, dor, percepção, entre outros). Nesse momento estabelecemos uma distinção entre duas modalidades de conceitos nos quais a Neurociência opera: (1) conceitos com referente claro (pertencem a essa categoria todos os conceitos internos às disciplinas biológicas e biomédicas). Os conceitos de neurônio e comunicação celular são exemplos de conceitos com referente claro, no primeiro o referente primário é estrutural (célula do sistema nervoso) e no segundo o referente é funcional (conjunto de operações que caracterizam a troca de informações entre as células do tecido nervoso) e; (2) conceitos sem referente (conceitos intencionais) claro nas suas primeiras formulações históricas (pertencem a essa categoria parte dos conceitos explorados pelas Ciências Cognitivas). O

conceito de emoção é um exemplo de um conceito sem referente claro, ao menos nas primeiras formulações modernas (fiquemos no século XIX). Referente claro aqui se refere a partes ou relações do organismo e não a propriedades do organismo como um todo (Ferreira & Nogueira, 2017).

Qual a relevância para a história da Neurociência, quiçá para a Neurociência experimental, essa distinção entre conceitos? A primeira categoria de conceitos (com referente claro) não configura grandes problemas no seu desenvolvimento histórico, uma vez que se formaram internamente às respectivas ciências. O conceito moderno de célula nervosa carrega em sua gênese a referência à menor unidade morfo-funcional do tecido orgânico, mesmo que nos últimos cem anos tenham se modificado os elementos constituintes do conceito de neurônio. Sendo assim, não ocorre qualquer problema de ordem mereológica (relação da parte com o todo do organismo). Os conceitos do segundo tipo (intencionais) se referem a atributos psicológicos que na sua gênese, não denotam características ou relações de partes do organismo, mas sim do organismo como um todo.

Ocorre que a Neurociência Cognitiva no século XX, em decorrência do desenvolvimento do programa de pesquisa neuronal e principalmente no intuito de estabelecer protocolos de pesquisas experimentais rígidos, operou de forma a reificar (substancializar) tais conceitos. Esse processo de substancialização desses conceitos em si, não se configura como um problema, uma vez que os resultados experimentais os corroboram com mais frequência. O que defenderemos ser relevante para as pesquisas históricas sobre a formação de conceitos em Neurociência é indicar o processo de formação dessas duas categorias de conceitos e como se buscou uniformizar ambos em torno do conceito de neurônio (gênese do programa neuronal). Um problema que as pesquisas em Neurociência Cognitiva deverão enfrentar futuramente se refere ao uso desses conceitos intencionais de forma reificada (com referente claro) na criação de protocolos experimentais, sem, no entanto, refazer o caminho conceitual da reificação (parte referenciada) ao modo anterior (atributo do organismo). Isso pode levar a problemas de mereologia, em que se atribui com frequência características chamadas psicológicas a partes do organismo (do sistema nervoso ou mesmo do cérebro). No

presente trabalho examinamos a possibilidade dos neurônios espelho serem o elo de ligação entre explicações de propriedades do sistema nervoso e aspectos cognitivos, tal como a linguagem. Essa possibilidade se reforça com estudos comparativos ao sistema nervoso de primatas não humanos, devido ao alto grau de homologia genética com os seres humanos, além de similaridades fisiológicas e bioquímicas que possibilitam associar a função basal dos neurônios espelho encontrado no cérebro do macaco com a premissa de uma exaptação (Gould & Vrba, 1982) dessas células neurais em funções cognitivas superiores nos humanos.

3 MORFOLOGIA CEREBRAL: CÓRTEX PRÉ-MOTOR EM PRIMATAS

Na literatura científica é possível resgatar a publicação de John F. Fulton (1935), a qual postulou a tese de que existe uma área pré-motora com funções especializadas no córtex frontal liso em primatas não humanos. O neurofisiologista americano convencionou didaticamente três regiões funcionalmente discretas em área motora, área pré-motriz e áreas de associação frontal. Apesar dos esforços empenhados em definir com precisão a anatomia funcional dos lobos frontais e parietais, é possível encontrar em trabalhos científicos as mesmas regiões citadas com outras nomenclaturas, segundo o sistema de identificação empregado pelos autores, os quais podem se basear na superfície morfológica (pré-central, pós-arqueado ou córtex mesial), em definições fisiológicas (motor primário, motor suplementário ou córtex pré-motor), ou em bases citoarquitetônicas, originalmente definidas e numeradas (área 4 e 6) pelo anatomista alemão Brodmann (1909). Esta última é uma das mais usadas no processo de identificação de áreas do córtex cerebral de macacos, humanos e outras espécies.

A partir do trabalho de Moll & Kuypers (1997), o interesse pelas funções especializadas do córtex pré-motor sobre o comportamento de animais e humanos impulsionou novos estudos na área. Em suma, dentre as pesquisas compiladas na publicação de Wise (1985) sobre o papel do córtex pré-motor em primatas, se encontram quatro possibilidades: a de um centro de controle postural, a de ordenador de sequências de movimentos, a modulação do reflexo e a supressão de movi-

mentos simples. Vale destacar que a hipótese sobre a codificação e representação de movimentos motores em esquemas neurais é uma das ideias mais antigas sobre a função do córtex pré-motor, oriundas das pesquisas de Jacobsen (1932) e do supracitado trabalho de Fulton (1935).

4 PRIMEIRA DESCOBERTA: CÉLULAS QUE ESPELHAM

Estudos histológicos sobre o córtex frontal liso em primatas não humanos vêm revelando um intrincado mosaico de redes neurais que correspondem a diferentes modalidades motoras. Segundo a terminologia de Brodmann (1909), a área F5 localizada no córtex pré-motor de macacos, desempenha um papel essencial na realização de ações motoras. Os primeiros trabalhos sobre a funcionalidade desta área comprovaram uma relação direta com a articulação das mãos e da boca (Kurata & Tanki, 1986; Rizzolatti *et al.*, 1988 Gentilucci *et al.*, 1998; Hepp-Reymond *et al.*, 1994). Alguns anos depois a pesquisa de Galesse *et al.* (1996) sobre a atividade elétrica de 532 neurônios na parte frontal da área inferior 6 (área F5), possibilitou classificar estes neurônios segundo sua propriedade motora. Ademais, os autores concluíram que 92% dos neurônios disparavam quando o macaco realizava um movimento e quando o animal observava ações específicas realizadas pelo pesquisador.

Para Rizzolatti & Luppino (2001) existem duas classes de neurônios viso-motores na área F5, a primeira denominada neurônios canônicos, os quais disparam somente com a realização de uma ação motora e com a visualização de um objeto estático envolvido na ação, e a segunda classe, nomeada de neurônios espelho, dispara durante a observação de uma ação realizada por um outro indivíduo. Praticamente todos os neurônios espelho apresentam uma consonância entre ações observadas e esquemas motores codificados. Além do mais, os autores concluíram que um terço dos neurônios espelho na área F5 são estritamente congruentes, ou seja, disparam quando o macaco executa uma ação específica, como agarrar um objeto com o polegar ou com dedo indicador, e também quando o animal observa o mesmo movimento realizado por um agente externo. Outros dois terços dos neurônios classificados como amplamente congruentes são ativados por uma gama maior de movimentos que não demandam a observação de ges-

tos similares, isto é, não é necessária uma codificação neural prévia por meio da ação do observador.

As descobertas sobre as propriedades dos neurônios espelho continuaram, e a partir do trabalho de Kohler *et al.* (2002) foi possível conhecer a relação entre estímulo auditivo e ativação dos neurônios espelho, a qual já havia sido previamente considerada em pesquisas anteriores como neurônios multimodais (Rizzolatti *et al.*, 1981; Gentilucci *et al.*, 1998; Graziano, Yap & Gross, 1994; Graziano, Reiss & Gross, 1999). Em suma, a diferença entre os neurônios espelho multimodais e audiovisuais é que estes são acionados pelo simples som de uma ação específica produzida por atos motores.

A próxima descoberta publicada por Ferrari *et al.* (2003) possibilitou distinguir duas novas classes de neurônios espelho relacionados à boca, as quais são distinguidas segundo sua função ingestiva e comunicativa. Os neurônios espelho ingestivos disparam frente a observações de ações bucais como morder, chupar ou quebrar alimentos em pedaços. Os neurônios espelho relacionados à comunicação são acionados durante a observação dos movimentos dos lábios. Vale lembrar que existe evidências de que alguns gestos comunicativos surgiram de ações ingestivas ao longo da evolução (Van Hooff, 1967; MacNeilage, 1998), as quais Rizzolatti & Craighero interpretaram como “um processo de corticalização de funções comunicativas ainda não separadas de sua base original de ingestão” (Rizzolatti & Craighero, 2004, p. 171).

Após esta breve exposição sobre a descoberta dos neurônios espelho na área F5 no córtex pré-motor de macacos, vale sumarizar duas outras regiões corticais onde foram encontradas esta classe de neurônios. A primeira área, conhecida como sulco temporal superior (STS) (Perrett *et al.*, 1989; Perrett *et al.*, 1990; Jellema *et al.*, 2000; Jellema *et al.*, 2002), é responsável pelo processamento de movimentos coerentes ao ato de caminhar, virar a cabeça, dobrar o tronco e mover os braços. Ademais, uma pequena porção dos neurônios do sulco temporal superior (STS) dispara durante a observação de ações manuais objetivas (Perrett *et al.*, 1989; Perrett *et al.*, 1990). Duas outras pesquisas (Fogassi, 1998; Gallese, Ferrari & Umiltà, 2002) descrevem a descoberta de células espelho na região localizada na parte frontal do

lóbulo parietal inferior correspondente à área 7b ou PF, segundo o mapa citoarquitetônico de Von Economo (1929).

Levando em conta a respectiva descrição didática sobre a localização de algumas áreas e subáreas, bem como a classificação de alguns circuitos neurais segundo suas dinâmicas, vale apontar de modo sucinto as funções dos neurônios espelho encontrados no cérebro de macacos. Basicamente duas hipóteses foram propostas inicialmente; a primeira elaborada por Jeannerod (1994), sobre ações motoras que são representadas e codificadas neuralmente, seguida pela hipótese de Rizzolatti, Fogassi & Gallese (2001) que assimilou os neurônios espelho ao processo de reconhecimento de ações motoras, ou seja, um sistema de correspondência entre a realização de uma ação e sua intenção. Ademais, ambas conjecturas parecem suportar a ideia de que esta classe de neurônios mediem certas capacidades imitativas como mostra a pesquisa de Ferrari *et al.* (2006).

Através dos trabalhos mencionados é possível deslumbrar um pouco a complexidade da organização e funcionamento das redes neurais dos neurônios espelho na observação, codificação e execução de distintas habilidades motoras. Nesse sentido, a importância de se realizar novas pesquisas sobre o córtex pré-motor em primatas não humanos parece evidente devido à singularidade dessa região, além de sua semelhança com o córtex pré-motor humano. Por fim, experimentos realizados com animais em laboratórios permitem aos pesquisadores acesso direto ao córtex, através de técnicas convencionais as quais devem respeitar valores éticos que assegurem o não sofrimento dos animais. Afinal, a possibilidade de instrumentalizar diretamente no tecido orgânico do animal coincide com pesquisas realizadas no encéfalo humano, já que as mesmas só são permitidas através de técnicas não invasivas.

5 NEURÔNIOS ESPELHO HUMANO: UMA DESCOBERTA COM MÚLTIPLOS REFLEXOS

É possível encontrar na literatura científica uma plethora de trabalhos que confluem na busca de evidenciar a existência de neurônios espelho no encéfalo humano. Através do avanço nas pesquisas e do advento da neuroimagem na década de 1990, aliada a abordagens mul-

tidisciplinares, a possibilidade de conhecer e revelar os segredos estruturais e funcionais do encéfalo vem crescendo continuamente. Apesar das técnicas invasivas permitirem o experimento direto na região cortical no cérebro de animais, novas tecnologias não invasivas vêm possibilitando a realização de pesquisas que asseguram detalhes cada vez mais precisos sobre a estrutura e funcionamento desse órgão tão complexo. Vale ressaltar que os numerosos trabalhos acerca da existência de neurônios espelho humano não configuram uma asserção sólida sobre a existência dos mesmos, devido à complexidade do encéfalo e de seus processamentos. Como referência, indicamos a obra crítica de Gregory Hickok, *O mito dos neurônios espelho: a verdadeira neurociência da comunicação e da cognição* (2014). Desse modo, é de suma importância a realização de novas pesquisas que possam preencher algumas lacunas a respeito da estrutura e funcionamento do sistema de neurônios espelho humano e que permitam uma aproximação maior do conhecimento das estruturas neurais subjacentes com características cognitivas que implicam em conceitos expressos no comportamento do organismo, e não em partes do mesmo.

Dentre uma miríade de trabalhos publicados a respeito de células especializadas com características de neurônio espelho no córtex humano, vale citar as mais recorrentes. Principiando com os trabalhos de Gastaut & Bert (1954) e de Cohen-Séat *et al.* (1954), notamos que esses pesquisadores observaram, usando o método da eletroencefalografia (EEG), a dessincronização do ritmo μ^2 em voluntários normais e em outros com distúrbio neurótico durante uma projeção cinematográfica. Ambas as pesquisas revelaram que o ritmo μ oscilava durante a execução de movimentos ativos dos participantes, assim como durante a observação das projeções sobre ações encenadas por outros indivíduos. Quatro décadas depois, os resultados foram confirmados (Cochin *et al.*, 1998; Cochin *et al.*, 1999; Altschuler *et al.*, 1998; Altschuler *et al.*, 2000). Outra técnica que ajudou a determinar com maior precisão a área envolvida na dessincronização durante a observação de ações extrapessoais foi a magnetoencefalografia (MEG) (Salmelin & Hari, 1994; Hari & Salmelin, 1997; Hari *et al.* 1998).

² O ritmo μ reflete a frequência do EEG que ocorre dentro da faixa padrão “alfa”, isto é, 8-13 Hz por segundo em adultos; 6-9 Hz em crianças, e que varia em amplitude como uma função da ação do sujeito.

O surgimento de evidências mais diretas sobre a existência de neurônios espelho humano adveio da pesquisa do neurofisiologista Luciano Fadiga e seus colaboradores (1995) que revelou, através de uma técnica não invasiva, chamada estimulação magnética transcraniana (EMT), os potenciais evocados motores (PEMs), através da estimulação elétrica do córtex motor, da qual foi possível concluir que a observação de ações transitivas e intransitivas determinou o aumento dos (PEMs) registrados em relação às condições de controle. Em 2002 e no ano seguinte o trabalho de Maeda, Kleiner-Fisman & Pascual-Leone (2002) seguido de Patuzzo, Fiaschi & Mangano (2003) reforçaram os resultados encontrados por Fadiga *et al.* (1995).

Somando-se às evidências anteriores, vale mencionar a pesquisa de Strafella & Paus (2000) que, ao empregarem a técnica de estimulação magnética transcraniana com pulso emparelhado, constataram que a duração da inibição intracortical ocorrida durante a observação da ação correspondia aproximadamente à duração ocorrida no decurso da execução da ação.

Além desses, outros dois experimentos contribuem com dados empíricos sobre a existência de células que espelham. O trabalho de Baldissera *et al.* (2001) sobre a ação de observar gestos manuais exibidos em uma tv e a excitabilidade da medula espinhal medida através do reflexo H nos músculos extensores e flexores da mão do observador, revelou que o tamanho do reflexo H registrado nos músculos flexores aumentou durante a observação da imagem da mão se abrindo, ao contrário da observação da mão se fechando. Ademais, os autores concluíram que o comportamento espinhal de espelho invertido pode ser compreendido como um mecanismo de controle sobre a ação observada, interrompendo, assim, a execução de movimentos inadequados. Outro estudo sobre a excitabilidade cortical motora publicada por Gangitano, Mottaghy & Pascual-Leone (2001), utilizando estimulação magnética transcraniana (EMT) combinada com a técnica do (PEMs), revelou que o período de tempo de facilitação cortical durante a observação de uma ação correspondia ao tempo de facilitação cortical durante a execução do movimento. Com a utilização da ressonância magnética funcional (fMRI) na pesquisa de Gazzola & Keysers (2008), foi possível elucidar de que maneira o movimento e a observação de gestos

manuais processados no encéfalo humano, compartilham alguns voxels³ contendo milhares de neurônios responsáveis pela execução e observação de gestos motores. Além disso, os autores reconhecem que além das áreas tradicionais onde foram encontrados os neurônios espelho, outras áreas como o córtex pré-motor dorsal, a área motora suplementar e cingulada, a parte superior do lobo parietal, os córtices somatossensorial e o cerebelo contêm voxels que codificam processos multimodais tanto executivos como observacionais. Empregando a mesma técnica de ressonância magnética funcional (fMRI), Mukamel *et al.* (2010) gravaram a atividade extracelular de 1177 células nervosas no córtex medial frontal e temporal durante a execução ou observação de gestos manuais, além de expressões emocionais representadas na face. Por fim, a equipe de Mukamel declarou que existe uma clara similaridade entre os neurônios espelho encontrados no cérebro de macacos e no encéfalo humano, além de ressaltar a presença dessa classe de neurônios em outras áreas corticais.

Ao conhecer e analisar as pesquisas supracitadas é possível perceber a dedicação de consideráveis neurocientistas em descobrir, entender e esclarecer as múltiplas características e funcionalidades de sistemas neurais compostos por neurônios espelho. A complementariedade entre as pesquisas realizadas com macacos e com humanos conflui na integração de dados que podem ampliar a compreensão sobre processos homólogos. Nesse sentido, vale lembrar que algumas áreas corticais no cérebro do macaco e do humano se distribuem de modo similar. Assim sendo, estudos comparativos (Galaburda & Pandya, 1982; Petrides, 1994; Petrides *et al.*, 2012) apontam a correspondência entre a área F5 localizada no córtex pré-motor de macacos com o *pars opercularis* localizado em uma parte da área de Broca, ou seja, a área 44 segundo a classificação de Brodmann (1909). Outra analogia feita por Petrides & Pandya (2009) em relação ao cérebro do macaco e por Amunts *et al.* (2010) sobre o córtex humano discute a semelhança entre a área F5 e a área 44 e 45 *pars triangularis* localizado na área de Broca no córtex humano. Ambos os trabalhos ressaltam a dificuldade em se definir de modo objetivo os limites de cada área devido à sutileza das

³ Voxels são pixels volumétricos que representam pequenas regiões neuroanatômicas das quais é possível captar a atividade cerebral na forma de sinais dependentes do nível de oxigênio no sangue.

mesmas, mas destacam como a comparação entre as regiões e suas funções podem proporcionar uma compreensão evolutiva sobre o cérebro do macaco e o encéfalo humano. Por fim, Petrides & Pandya (2009) refletem sobre como a área F5 no cérebro do macaco pode ter embasado de modo funcional a área de Broca no córtex humano, sugerindo uma relação entre gestos motores e aspectos da linguagem.

Assim como parece plausível equiparar algumas áreas corticais do cérebro do macaco com áreas do encéfalo humano, é possível relacionar a funcionalidade dos neurônios espelho em ambos os seres. Jeanerod (1994) infere que as ações motoras são representadas em esquemas neurais que são codificados e ativados segundo processos de imaginação motora. O autor depreende que esses neurônios representacionais participam no planejamento da imitação realizado por macacos. Já a hipótese apresentada por Rizzolatti, Fogassi & Gallese (2001), além de relacionar os neurônios espelho à imitação, enfatiza que os mesmos constituem a base da compreensão da ação, ou seja, possibilitam, através de esquemas neurais interiorizados, organizar comportamentos futuros, tanto pelos macacos, como pelos humanos. Três outras teorias são comumente relatadas, sendo a primeira elaborada por Rizzolatti & Arbib (1998) sobre a relação entre os neurônios espelho e processos da linguagem e as duas subsequentes, relacionadas exclusivamente ao sistema de neurônios espelho humano, respectivamente, sobre a teoria da mente (Gallese & Goldman, 1998; Gallese, 2001) e o autismo (Williams *et al.*, 2001; Ramachandran & Oberman, 2006). A hipótese de que esse complexo sistema neural esteja associado na codificação de algumas funções mentais continua em aberto. Nesse sentido, a continuidade dos esforços científicos é fundamental para realizar, um dia, o sonho neurofisiológico de compreender processos do universo mental.

6 CONCLUSÃO: REFLEXOS SOBRE UMA PRIMEIRA COMUNICAÇÃO

A capacidade das células neurais classificadas como neurônios espelho em transformar dados sensoriais em esquemas motores ordenados no cérebro do receptor possibilita o reconhecimento de ações motoras e sua “intenção”. Sendo assim, o espelhamento celular de gestos motores e a compreensão de suas intenções pode ter acarretado o sur-

gimento de uma comunicação gestual convencionalizada (protossígnos) (Arbib, 2005) que, progressivamente, foi sendo associada a determinados sons que caracterizavam a ação (protofala) (*Ibid*), segundo a propriedade dos neurônios espelho em assimilar um som produzido por uma ação específica (Kohler *et al.*, 2002). A qualidade dos neurônios espelho em responder frente a gestos ingestivos e comunicativos acentua a possibilidade de uma sutil transição entre uma comunicação gestual para uma comunicação vocalizada, ou seja, o vocabulário gestual passou a ser representado através de sons que foram sendo convencionalizados através da imitação (sistema de correspondência), formando assim uma protolinguagem (Arbib *et al.*, 2008) caracterizada por enunciados unitários (holofrases) (Wray, 1998; 2000; Wray & Perkins, 2000) que funcionavam como um símbolo composto de sequências de gestos manuais e vocais cujas subpartes não tinham um significado independente.

Diante desse cenário, a inferência de Petrides *et al.* (2012), sobre como a área F5 pode ter embasado de modo funcional a área de Broca, parece plausível segundo a sugestão de uma relação entre gestos motores e aspectos da linguagem. A possibilidade dos neurônios espelho estarem envolvidos na gênese da linguagem humana vem sendo defendida veemente por Rizzolatti & Arbib (1998). No entanto, a necessidade de uma compreensão mais precisa sobre o funcionamento basal dessa classe de neurônios parece preceder qualquer formulação definitiva a respeito de processos cognitivos superiores como a linguagem, a qual se acredita estar representada em processos neurais.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Proc. 132761/2018-1, Bolsa de Produtividade em Pesquisa).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTSCHULER, E. L.; VANKOV, A.; HUBBARD, E. M.; ROBERT, E.; RAMACHANDRAN, Vilayanur Subramanian; PINEADA, J. A. Mu wave blocking by observation of movement and its possible use as a tool to study theory of other minds. *Society for Neuroscience*,

- 68, 2000. [Poster Session Presented at the 30th Annual Meeting of the Society for Neuroscience; New Orleans: Los Angeles, 2000.]
- ALTSCHULER, E. L.; VANKOV, A.; WANG, V.; RAMACHANDRAN, Vilayanur Subramanian; PINEDA, J. A. Person see, person do: Human cortical electrophysiological correlates of monkey see monkey do cells? *Journal of Cognitive Neuroscience*, **10**: 91, 1998. [Poster Session Presented at the 27th Annual Meeting of the Society for Neuroscience; New Orleans: Los Angeles, 1997.]
- AMUNTS, Katrin; LENZEN, M.; FRIEDERICI, A. D.; SCHLEICHER, A.; MOROSAN, P.; PALOMERO-GALLAGHER, N.; ZILLES, K. Broca's region: novel organizational principles and multiple receptor mapping. *PLoS Biology*, **8** (9): e1000489, 2010.
- ARBIB, M. A. From monkey-like action recognition to human language: An evolutionary framework for neurolinguistics. *Behavioral and Brain Sciences*, **28** (2): 105-124, 2005.
- ARBIB, M. A.; LIEBAL, K.; PIKA, S.; CORBALLIS, M. C.; KNIGHT, C.; LEAVENS, D. A. Primate vocalization, gesture, and the evolution of human language. *Current Anthropology*, **49** (6): 1053-1076, 2008.
- BALDISSERA, Fausto; CAVALLARI, P.; CRAIGHERO, L.; FADIGA, Luciano. Modulation of spinal excitability during observation of hand actions in humans. *European Journal of Neuroscience*, **13** (1): 190-194, 2001.
- BELMALIH, Abdelouahed; BORRA, E.; CONTINI, M.; GERBELLA, M.; ROZZI, S.; LUPPINO, G. Multimodal architectonic subdivision of the rostral part (area F5) of the macaque ventral premotor cortex. *Journal of Comparative Neurology*, **512** (2): 183-217, 2009.
- BLAKESLEE, Sandra. Cells that read minds. *New York Times*, **10**: 1, 2006. Disponível em: < <https://www.nytimes.com/2006/01/10/science/cells-that-read-minds.html> >. Acesso em: 13 de julho 2018.
- BRODMANN, Korbinian. *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Leipzig: Barth, 1909.

- COCHIN, S.; BARTHELEMY, C.; ROUX, S.; MARTINEAU, J. Observation and execution of movement: similarities demonstrated by quantified electroencephalography. *European Journal of Neuroscience*, **11** (5): 1839-1842, 1999.
- COCHIN, S.; BARTHELEMY, C.; LEJEUNE, B.; ROUX, S.; MARTINEAU, J. Perception of motion and qEEG activity in human adults. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **107** (4): 287-295, 1998.
- COHEN-SÉAT, Gilbert; GASTAUT, H.; FAURE, J.; HEUYER, G. Etudes expérimentales de l'activité nerveuse pendant la projection cinématographique. *Revue Internationale de Filmologie*, **5**: 7-64, 1954.
- DI PELLEGRINO, Giuseppe; FADIGA, Luciano; FOGASSI, Leonardo; GALLESE, Vittorio. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*, **91** (1): 176-180, 1992.
- FADIGA, Luciano; FOGASSI, Leonardo; PAVESI, G.; RIZZOLATTI, Giacomo. Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study. *Journal of Neurophysiology*, **73** (6): 2608-2611, 1995.
- FERRARI, Pier Francesco; GALLESE, Vittorio; RIZZOLATTI, Giacomo; FOGASSI, Leonardo. Mirror neurons responding to the observation of ingestive and communicative mouth actions in the monkey ventral premotor cortex. *European Journal of Neuroscience*, **17** (8): 1703-1714, 2003.
- FERRARI, Pier Francesco; VISALBERGHI, E.; PAUKNER, A.; FOGASSI, L.; RUGGIERO, A.; SUOMI, S. J. Neonatal imitation in rhesus macaques. *PLoS Biology*, **4** (9): e302, 2006.
- FERREIRA, Francisco Romulo Monte; NOGUEIRA, Maria Inês. História do modelo celular na Neurociência: Santiago Ramón y Cajal e a conexão entre as células na inflamação e no tecido muscular. Pp. 49-68, *in*: FERREIRA, Francisco Romulo Monte *et al.* (Orgs.). *História e Filosofia da Neurociência*. São Paulo: LiberArs, 2015.
- FERREIRA, Francisco Romulo Monte; NOGUEIRA, Maria Inês. History of neuroscience and current philosophical problems. Pp. 301-314, *in*: ADAMS, F. *et al.* (eds.). *Cognitive Science: Recent advances and recurring problems*. Delaware, EUA: Vernon Press, 2017.

- FOGASSI, Leonardo; GALLESE, Vittorio; FADIGA, Luciano; RIZZOLATTI, Giacomo. Neurons responding to the sight of goal directed hand/arm actions in the parietal area PF (7b) of the macaque monkey. *Society for Neuroscience Abstracts*, **24**: 257.5, 1998.
- FULTON, John Farquhar. A note on the definition of the “motor” and “premotor” areas. *Brain*, **58** (2): 311-316, 1935.
- GALABURDA, Albert M.; PANDYA, Deepak N. Role of architectonics and connections in the study of primate brain evolution. Pp. 203-216, *in*: ARMSTRONG, Este; FALK, Dean (ed.): *Primate Brain Evolution: Methods and Concepts*. Boston: Plenum, 1982.
- GALLESE, Vittorio. The “shared manifold” hypothesis. From mirror neurons to empathy. *Trends in Neuroscience*, **8** (5-6): 33-50, 2001.
- GALLESE, Vittorio; FADIGA, Luciano; FOGASSI, Leonardo; RIZZOLATTI, Giacomo. Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, **119** (2): 593-609, 1996.
- GALESSE, Vittorio; FERRARI, Pier Francesco; UMILTÀ, Maria Alessandra. The mirror matching system: A shared manifold for intersubjectivity. *Behavioral and Brain Sciences*, **25** (1): 35-36, 2002.
- GALLESE, Vittorio; GOLDMAN, Alvin. Mirror neurons and the simulation theory of mind-reading. *Trends in Cognitive Sciences*, **2** (12): 493-501, 1998.
- GANGITANO, Massimo; MOTTAGHY, Felix M.; PASCUAL-LEONE, Alvaro. Phase-specific modulation of cortical motor output during movement observation. *Neuroreport*, **12** (7): 1489-1492, 2001.
- GASTAUT, Henri Jean Pascal; BERT, Jacques. EEG changes during cinematographic presentation (Moving picture activation of the EEG). *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **6**: 433-444, 1954.
- GAZZOLA, Valeria; KEYSERS, Christian. The observation and execution of actions share motor and somatosensory voxels in all tested subjects: single-subject analyses of unsmoothed fMRI data. *Cerebral Cortex*, **19** (6): 1239-1255, 2008.
- GENTILUCCI, Maurizio; FOGASSI, Leonardo; LUPPINO, Giuseppe; MATELLI, M.; CAMARDA, R.; RIZZOLATTI, Giacomo. Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey - I. *Experimental Brain Research*, **71** (3): 475-490, 1998.

- GOULD, Stephen Jay; VRBA, Elisabeth S. Exaptation - a missing term in the science of form. *Paleobiology*, **8** (1): 4-15, 1982.
- GRAZIANO, Michael S.; REISS, Lina A. J.; GROSS, Charles G. A neuronal representation of the location of nearby sounds. *Nature*, **397** (6718): 428, 1999.
- GRAZIANO, Michael S.; YAP, Gregory S.; GROSS, Charles G. Coding of visual space by premotor neurons. *Science*, **266** (5187): 1054-1057, 1994.
- GREGORIOU, Georgia G.; BORRA, E.; MATELLI, M.; LUPPINO, G. Architectonic organization of the inferior parietal convexity of the macaque monkey. *Journal of Comparative Neurology*, **496** (3): 422-451, 2006.
- HARI, Riitta; FORSS, N.; AVIKAINEN, S.; KIRVESKARI, E.; SALENIUS, S.; RIZZOLATTI, Giacomo. Activation of human primary motor cortex during action observation: a neuromagnetic study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **95** (25): 15061-15065, 1998.
- HARI, Riitta; SALMELIN, Riitta. Human cortical oscillations: a neuromagnetic view through the skull. *Trends in Neuroscience*, **20** (1): 44-49, 1997.
- HEPP-REYMOND, Marie-Claude; HÜSLER, E. J.; MAIER, M. A.; QI, H. X. Force-Related neuronal activity in two regions of the primate ventral premotor cortex. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, **72** (5): 571-579, 1994.
- HICKOK, Gregory. *The myth of mirror neurons: The real neuroscience of communication and cognition*. New York: W. W. Norton, 2014.
- IACOBONI, Marco; MOLNAR-SZAKACS, Istvan; GALLESE, Vittorio; BUCCINO, Giovanni; MAZZIOTTA, John C.; RIZZOLATTI, Giacomo. Grasping the intentions of others with one's own mirror neuron system. *PLoS Biology*, **3** (3): 0529-0535, 2005.
- JACOBSEN, Carlyle Ferdinand. Influence of motor and premotor area lesions upon the retention of skilled movements in monkeys and chimpanzees. *Association for Research in Nervous and Mental Disease*, **13**: 225-247, 1932.

- JEANNEROD, Marc. The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, **17** (2): 187-202, 1994.
- JELLEMA, T.; BAKER, C. I.; ORAM, M. W.; PERRET, David I. 15 Cell populations in the banks of the superior temporal sulcus of the macaque and imitation. Pp. 267-290, *in*: MELTZOFF, Andrew N. (ed.): *The imitative mind: Development, Evolution and Brain Bases*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2002.
- JELLEMA, T.; BAKER, C. I.; WICKER, B.; PERRET, David I. Neural representation for the perception of the intentionality of actions. *Brains and Cognition*, **44** (2): 280-302, 2000.
- KOHLER, Evelyne; KEYSERS, Christian; UMITA, M. A.; FOGASSI, Leonardo; GALLESE, Vittorio; RIZZOLATTI, Giacomo. Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*, **297** (5582): 846-848, 2002.
- KURATA, Kiyoshi; TANGI, Jun. Premotor cortex neurons in macaques: activity before distal and proximal forelimb movements. *Journal of Neuroscience*, **6** (2): 403-411, 1986.
- MAEDA, Fumiko; KLEINER-FISMAN, Galit; PASCUAL-LEONE, Alvaro. Motor facilitation while observing hand actions: specificity of the effect and role of observer's orientation. *Journal of neurophysiology*, **87** (3): 1329-1335, 2002.
- MATELLI, Massimo; LUPPINO, Giuseppe; RIZZOLATTI, Giacomo. Architecture of superior and mesial area 6 and the adjacent cingulate cortex in the macaque monkey. *Journal of Comparative Neurology*, **311** (4): 445-462, 1991.
- . Patterns of cytochrome oxidase activity in the frontal agranular cortex of the macaque monkey. *Behavioural Brain Research*, **18** (2): 125-135, 1985.
- MACNEILAGE, Peter F. The frame/content theory of evolution of speech production. *Behavioral and Brain Sciences*, **21** (4): 499-511, 1998.
- MOLL, L.; KUYPERS, H. G. Premotor cortical ablations in monkeys: contralateral changes in visually guided reaching behavior. *Science*, **198** (4314): 317-319, 1997.

- MUKAMEL, Roy; EKSTROM, A. D.; KAPLAN, J.; IACOBONI, Marco; FRIED, I. Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology*, **20** (8): 750-756, 2010.
- PATUZZO, Simone; FIASCHI, Antonio; MANGANOTTI, Paolo. Modulation of motor cortex excitability in the left hemisphere during action observation: a single-and paired-pulse transcranial magnetic stimulation study of self-and non-self-action observation. *Neuropsychologia*, **41** (9): 1272-1278, 2003.
- PANDYA, Deepak N.; SELTZER, Benjamin. Intrinsic connections and architectonics of posterior parietal cortex in the rhesus monkey. *Journal of Comparative Neurology*, **204** (2): 196-210, 1982.
- PERRET, David I.; HARRIES, M. H.; BEVAN, R.; THOMAS, S.; BENSON, P. J.; MISTLIN, A. J.; ORTEGA, J. E. Frameworks of analysis for neural representation of animate objects and actions. *Journal of Experimental Biology*, **146** (1): 87-113, 1989.
- PERRET, David I.; MISTLIN, A. J.; HARRIES, M. H.; CHITTY, A. J. Understanding the visual appearance and consequence of hand actions. Pp. 163-342, *in*: MELVYN, A. Goodale (ed.): *Vision and action: the control of grasping*. United Kingdom: Intellect Ltd, 1990.
- PETRIDES, Michael. Comparative architectonic analysis of the human and the macaque frontal cortex. *Handbook of Neuropsychology*, **11**: 17-58, 1994.
- PETRIDES, Michael; PANDYA, Deepak N. Distinct parietal and temporal pathways to the homologues of Broca's area in the monkey. *PLoS Biology*, **7** (8): e1000170, 2009.
- PETRIDES, Michael; TOMAIUOLO, F.; YETERIAN, E. H.; PANDYA, Deepak N. The prefrontal cortex: comparative architectonic organization in the human and the macaque monkey brains. *Cortex*, **48** (1): 46-57, 2012.
- RAMACHANDRAN, Vilayanur Subramanian. Mirror neurons and imitation learning as the driving force behind "the great leap forward" in human evolution. 2000. Disponível em: <<https://www.edge.org/conversation/mirror-neurons-and-imitation-learning-as-the-driving-force-behind-the-great-leap-forward-in-human-evolution>>. Acesso em: 13 julho 2018.

- RAMACHANDRAN, Vilayanur Subramanian; OBERMAN, Lindsay M. Broken mirrors: a theory of autism. *Scientific American*, **17**: 20-29, 2006.
- RIZZOLATTI, Giacomo; ARBIB, Michael A. Language within our grasp. *Trends in Neurosciences*, **21** (5): 188-194, 1998.
- RIZZOLATTI, Giacomo; CAMARDA, R.; FOGASSI, Leonardo; GENTILUCCI, Maurizio; LUPPINO, Giuseppe; MATELLI, M. Functional organization of inferior area 6 in the macaque monkey - II. *Experimental Brain Research*, **71** (3): 491-507, 1988.
- RIZZOLATTI, Giacomo; CRAIGHERO, Laila. The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, **27**: 169-192, 2004.
- RIZZOLATTI, Giacomo; FADIGA, Luciano; GALLESE, Vittorio; FOGASSI, Leonardo. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, **3** (2): 131-141, 1996.
- RIZZOLATTI, Giacomo; FOGASSI, Leonardo. The mirror mechanism: recent findings and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **369** (1644): 20130420, 2014.
- RIZZOLATTI, Giacomo; FOGASSI, Leonardo; GALLESE, Vittorio. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neuroscience*, **2** (9): 661, 2001.
- RIZZOLATTI, Giacomo; LUPPINO, Giuseppe. The cortical motor system. *Neuron*, **31** (6): 889-901, 2001.
- RIZZOLATTI, Giacomo; LUPPINO, Giuseppe; MATELLI, M. The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **106** (4): 283-296, 1998.
- RIZZOLATTI, Giacomo; SCANDOLARA, C.; MATELLI, M.; GENTILUCCI, Maurizio. Afferent properties of periarculate neurons in macaque monkeys. II. Visual responses. *Behavioural Brain Research*, **2** (2): 147-163, 1981.
- SALMELIN, Riitta; HARI, Riitta. Spatiotemporal characteristics of sensorimotor neuromagnetic rhythms related to thumb movement. *Neuroscience*, **60** (2): 537-550, 1994.
- STRAFELLA, Antonio P.; PAUS, Tomás. Modulation of cortical excitability during action observation: a transcranial magnetic stimulation study. *Neuroreport*, **11** (10): 2289-2292, 2000.

- VAN HOOFF, Jaram. The facial displays of the cararrhine monkeys and apes. Pp. 7-68, *in*: D. Morris (ed.). *Primate Ethology*. London: Weidenfeld & Nicolson, 1967.
- VON ECONOMO, Constantin Freiherr. *The Cytoarchitectonics of the Human Cerebral Cortex*. Trad. PARKER, Sam. Oxford: Humphrey Milford, 1929.
- WILLIAMS, Justin H.; WHITEN, A.; SUDDENDORF, T.; PERRET, David I. Imitation, mirror neurons and autism. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **25** (4): 287-295, 2001.
- WISE, Steven P. The primate promoter cortex fifty years after Fulton. *Behavioural Brain Research*, **18** (2): 79-88, 1985.
- WRAY, Alison. Protolanguage as a holistic system for social interaction. *Language & Communication*, **18** (1): 47-67, 1998.
- . Formulaic sequences in second language teaching: Principle and practice. *Applied linguistics*, **21** (4): 463-489, 2000.
- WRAY, Alison; PERKINS, Michael R. The functions of formulaic language: An integrated model. *Language & Communication*, **20** (1): 1-28, 2000.

Data de submissão: 15/07/2018

Aprovado para publicação: 16/11/2018

Clément Jobert, os peixes da Amazônia e os peixes fósseis do Estado do Piauí, Brasil

Antonio Carlos Sequeira Fernandes *

Luciana Barbosa de Carvalho #

Sérgio Alex Kugland de Azevedo †

Paulo Andreas Buckup ‡

Resumo: Contratado pelo Governo Imperial como um dos naturalistas que viriam a colaborar para o avanço científico do Brasil, o francês Clément Jobert empreendeu, em 1877 e 1878, uma viagem à Amazônia. Entre seus objetivos, estava a coleta de material ictiológico destinado a enriquecer o acervo do Museu Nacional do Rio de Janeiro, atividade que desempenhou com sucesso. Além de visitar várias localidades nos estados do Pará e do Amazonas, onde coletou os peixes, Jobert também incursionou pelos estados do Maranhão e Piauí, trazendo deste último uma coleção de peixes fósseis. Com a anuência do corpo administrativo do Museu, os peixes recentes foram transportados para Paris para que fossem estudados e identificados. No entanto, com a exceção de uma pequena parcela, esses peixes nunca mais retornaram ao Brasil, permanecendo no acervo do Museu Nacional de História Natural parisiense. Os peixes fósseis, entretanto, foram adicionados ao acervo do Museu do Rio de Janeiro. Essa transferência de material biológico, assim como outros casos

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. Academia das Ciências de Lisboa. E-mail: fernande@acd.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. Academia das Ciências de Lisboa. E-mail: lucbc@acd.ufrj.br

† Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. Academia das Ciências de Lisboa. E-mail: sazevedo@acd.ufrj.br

‡ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. Academia das Ciências de Lisboa. E-mail: buckup@acd.ufrj.br

semelhantes, transformou-se em um marco significativo na história de apropriação indébita de objetos brasileiros de história natural que pertenciam ao Museu Nacional e que nunca mais retornaram à instituição.

Palavras-chave: Jobert, Clément; Amazônia; ictiólitos; Chapada do Araripe

Clément Jobert, the fishes from Amazônia and the fossil fishes from the state of Piauí, Brazil

Abstract: Hired by the imperial government as one of the naturalists that would contribute to the scientific advancement of Brazil, the Frenchman Clément Jobert undertook, in 1877 and 1878, a trip to the Amazon. Among his objectives was the collection of ichthyologic material destined to enrich the collection of the National Museum of Rio de Janeiro, an activity that was successfully accomplished. In addition to visiting several locations in the states of Pará and Amazonas, where he collected living fish, Jobert also ventured into the states of Maranhão and Piauí, bringing a collection of fossil fishes from the latter. With the consent of the administrative body of the Museum, the living fishes were transported to Paris to be studied and identified. However, with the exception of a small portion, those fishes never returned to Brazil, remaining in Paris at the National Museum of Natural History. The fossil fishes, however, were added to the collection of the Museum of Rio de Janeiro. This transfer of biological specimens, like other similar cases, became a significant landmark in the history of misappropriations of Brazilian natural history objects that belonged to the National Museum and never returned to the institution.

Keywords: Jobert, Clément; Amazônia; Ichthyoliths; Chapada do Araripe

1 INTRODUÇÃO

Em 1878, o naturalista e fisiologista francês Clément Jobert, após retornar de uma viagem de quase um ano e meio à Amazônia brasileira, apresentou ao Corpo Administrativo do Museu Nacional o resultado de suas atividades: uma coleção de peixes amazônicos coletados em várias localidades nos estados do Pará e do Amazonas, e outra formada por um conjunto de concreções contendo peixes fossilizados coletados junto à Chapada do Araripe, em localidades não identificadas no Estado do Piauí.

Ciente do fato de não haver no Museu Nacional, especialistas que pudessem classificar o material ictiológico, Jobert obteve do Conselho

Administrativo a anuência de que necessitava para levar a coleção consigo para a França, a fim de ser estudada pelos naturalistas do *Jardin des Plantes*, o Museu Nacional de História Natural de Paris. Para isso, Jobert assumiu o compromisso de posteriormente devolver ao Brasil o material estudado, mantendo no museu parisiense apenas duplicatas do material. Com o passar dos anos, ocorreu exatamente o oposto. Somente parte do material ictiológico foi estudado, em 1880, 1902 e 1909 pelos naturalistas franceses, com apenas uma pequena porção reencaaminhada para o Museu Nacional, fruto do trabalho de descrição feito por Pellegrin em 1902, permanecendo a maior parte do material, incluindo os exemplares-tipo usados nas descrições publicadas, até hoje, no Museu de Paris. Quanto à coleção de peixes fósseis do Piauí, estes foram incorporados já na época nas coleções do Museu Nacional, atualmente preservada na coleção de paleovertebrados da instituição.

Poucas, entretanto, foram as informações publicadas sobre Jobert e suas atividades no Brasil com base na documentação dos arquivos históricos do Museu Nacional, particularmente com referência à expedição ao Amazonas e o destino do material coletado. Apresentar as informações encontradas e discutir o papel de Jobert em suas relações com o Museu, a coleta do material amazônico e fóssil, e a possível e discutível apropriação do material sem retorno à verdadeira instituição responsável, são o objetivo deste trabalho.

2 O FISILOGISTA CLÉMENT JOBERT

As informações sobre Clément Jobert são raras, a começar pela falta de registro de seu nascimento e morte em sua cidade natal, Lyon, na França. O pouco que se sabe é relacionado principalmente ao reduzido número “de seus trabalhos, publicados entre 1870-1881”, presentes “nas bibliotecas dos museus” (Bleher, 2006, p. 42). Estas publicações mostram os estudos desenvolvidos por Jobert ao longo de uma década sobre os órgãos sensoriais de vários animais, de 1870 a 1876; os órgãos respiratórios de caranguejos terrestres em 1875; os órgãos visuais de cirrípedes em 1876; o veneno curare da Amazônia (Jobert, 1878a) e as doenças que afetaram os pés de café no Brasil, em 1878; além de outros três trabalhos sobre peixes.

Em virtude de sua estadia no Brasil e frequência no Museu Nacional, tem-se informações adicionais que refletem seu caráter e comportamento. Desde sua chegada ao Rio de Janeiro, Jobert frequentava as dependências do Museu Nacional onde manteve contato com seus naturalistas, incluindo o médico João Baptista de Lacerda (1846-1912) que assim o definiu:

Espírito vivo, cintilante, com a graça fina gaulesa e uma facilidade de exprimir-se admirável, em roda dele ficavam absortos, na mais grata jovialidade, todos quantos ouviam-no narrar as peripécias e aventuras de suas viagens. Era um conversador insigne, que sabia enfeitar a pilheria, e dizer com chiste as cousas mais triviais. Ele possuía variados conhecimentos em muitos ramos das ciências biológicas: estudou a fisiologia com Cl. [Claude] Bernard, a anatomia comparada com [Henry] Milne-Edwards, a histologia com [Louis-Antoine] Ranvier. Havia nele, porém, um que de boêmio; a sua atividade no trabalho vinha por impulsos e períodos de curta duração, aos quais sucediam compridos dias de inércia e despreocupação. (Lacerda, 1905, p. 53).

A jovialidade e pilheria de Jobert comentadas acima por Lacerda já haviam sido, de certa forma, assinaladas por Auguste François Marie Glaziou (1833-1906) em uma pequena carta que encaminhou a Ladislau de Sousa Mello e Netto (1838-1894), então diretor do Museu Nacional, onde inicia frase com a seguinte abordagem: “O nosso engraçado Sr. Jobert ...” (Museu Nacional, pasta 14, doc. 64, de 16/11/1875).

As atividades de Jobert, executadas por impulso ou não, conforme definiu Lacerda, não o impediram de realizar importante viagem à Amazônia em 1877 e 1878, onde coletou volumosa coleção de peixes que foi levada para a França. Lá, em 1880, foi definida como uma “coleção magnífica” por Léon Vaillant (1834-1914), importante zoólogo francês do Museu Nacional de História Natural de Paris (Bleher, 2006, p. 42).

A viagem levou Jobert a coletar os peixes em pelo menos sete localidades nos estados do Pará e Amazonas, além de outras no Maranhão e Piauí. Curiosamente, em Tefé, no Amazonas, deixou aflorar seu interesse pela arquitetura decidindo construir uma versão miniatura do Castelo de Versailles junto ao lago, cuja construção, ainda parcialmente

existente, chegou a ser ocupada pelos jesuítas por mais de cem anos (Bleher, 2006).

Com a finalização das atividades na Amazônia, Jobert retornou a Belém, chegando ao Rio de Janeiro em meados de 1878, de onde seguiu para Paris. Quase nada mais se sabe sobre o destino de Jobert após seu retorno à França no final de 1878. Segundo Lacerda (1905, p. 54), “ele foi ocupar uma cadeira vaga na Faculdade de Medicina de Nancy”. A partir de 1881 não se tem outras informações sobre ele, associando-se assim este ano como de seu possível falecimento.

3 A VIAGEM À AMAZÔNIA

Com o apoio do Museu Nacional, evidenciado na Ata da 16ª Sessão do seu Conselho Diretor realizada em 2 de abril de 1877 (Livro de Registro de Atas do Conselho Administrativo do Museu Nacional, Livro 3, 1876-1885, D193, p. 18), Jobert viajou para a Amazônia em 20 de abril do mesmo ano acompanhado do naturalista alemão Carl August Wilhelm [Guilherme] Schwacke (1848-1904) (Museu Nacional, pasta 17, doc. 145, de 1878) (Sá, 2012). Formado em ciências naturais pela Universidade de Göttingen e botânico pela Universidade de Bonn, ‘Guilherme’ Schwacke, como era conhecido no Museu Nacional, chegou ao Brasil em 1873, sendo contratado como naturalista-viajante pelo Museu em março do ano seguinte até abril de 1891 quando, “exonerado, a seu pedido” (Lacerda, 1905, p. 179), assumiu o cargo de professor de Botânica na Escola de Farmácia de Ouro Preto em Minas Gerais.

Jobert e Schwacke desempenharam importante papel na expedição à Amazônia; entretanto, o motivo da indicação de Jobert para a viagem com o apoio do Museu Nacional não está bem esclarecido. Como “conversador insigne, que sabia enfeitar a pilheria” e bom narrador das “peripécias aventuras de suas viagens”, conforme assinalou Lacerda (1905, p. 53), Jobert teria ganhado a confiança dos naturalistas do Museu, como fica demonstrado pela leitura das Atas do Conselho Diretor e Offícios do Diretor do Museu, Ladislau Netto. Por outro lado, numa afirmação não muito clara, sua contratação teria sido feita pelo governo brasileiro (Pellegrini, 1902, 1909). Quatrefages de Bréauet *al.* (1878), anteriormente, comentaram que Jobert havia sido contratado por D.

Pedro II para fazer pesquisas zoológicas no Alto Amazonas, região investigada previamente pelo zoólogo e geólogo suíço Jean Louis Rodolphe Agassiz (1807-1873) durante a Expedição Thayer. Uma Memória com observações de suas pesquisas envolvendo a “respiração aérea de alguns peixes do Brasil” escrita por Jobert quando de sua viagem a Tabatinga, em setembro de 1877, pode ser prova de sua ligação com D. Pedro, pois foi encaminhada pelo imperador à Academia de Ciências de Paris, sendo apresentada e comentada por Jean Louis Armand de Quatrefages de Bréau (1810-1892), Émile Blanchard (1819-1900) e Henri Milne-Edwards (1800-1885) na publicação da instituição (Quatrefages de Bréau *et al.*, 1878, p. 935).

Segundo Lacerda, D. Pedro via o Brasil como

[...] um país novo, cuja educação científica e artística apenas começava; conhecia os recursos de que dispunham para essa educação as nações mais adiantadas, era, portanto, natural que pensasse em aproveitar na direção de certos serviços, que tinham excepcional importância na vida científica do país, alguns estrangeiros bem recomendados por seus títulos e trabalhos. / Foi assim que aqui vieram ter [...] Jobert, [...] Glazou e outros ilustres cientistas, os quais deixaram indelével vestígios de sua passagem no Brasil. (Lacerda, 1905, p. 131).

Sem fazer alusão à contratação de Jobert pelo Museu Nacional, Lacerda foi mais enfático a respeito dos motivos que levaram à ida de Jobert para a Amazônia:

Jobert havia sido contratado para reger a cadeira de biologia industrial na Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Motivos que nunca busquei conhecer tornaram a sua posição ali difícil e até insustentável, razão por que consentiu o Governo em que ele se desviasse do ensino daquela escola, dando-lhe uma comissão científica na parte setentrional do Brasil. (Lacerda, 1905, p. 53).

Por mais estranho que possa ter sido o motivo de seu afastamento da Escola Politécnica, o fato é que Jobert seguiu com Schwacke para a Amazônia e chegou a ser tratado como “emérito e distinto Membro Correspondente do Museu” (Ofício de 17/07/1878 do Diretor do Museu ao Ministro representante da República Francesa, Livro de Registro de Entrada e Saída de Ofícios. RA7, D7, 1875-1881, fls. 89 e 89v)

Segundo Alípio de Miranda Ribeiro (1874-1939), naturalista do Museu Nacional, o diretor Ladislau Netto, visando à incorporação de pessoal competente ao museu, “contratou os serviços” de Jobert e de outros naturalistas, como Herbert Smith e Emílio Goeldi (Ribeiro, 1945, p. 54). De acordo com a Ata da 16ª Sessão do Conselho Diretor do Museu, Jobert e Schwacke tinham por finalidade montar coleções para “enriquecer” o acervo do Museu Nacional (Livro de Registro de Atas, Livro 3, p. 18) Jobert ficaria responsável pela coleta de exemplares ictiológicos e Schwacke, pelas “coleções botânicas, compreendendo o herbário mais completo do Amazonas, amostras de madeira [...], plantas medicinais, etc.” (Ofício de 18/04/1877, Livro de Registro de Entrada e Saída de Ofícios. RA7, D7, 1875-1881, fl. 49v e Ata da 21ª Sessão do Conselho Diretor em 01/09/1877, Livro de Registro de Atas, Livro 3, 1876-1885, D193, fl. 26v).

No relatório das atividades referentes à excursão, encaminhado ao diretor do Museu Nacional, Jobert esclareceu ter recebido instruções dos “Ministros d’Agricultura e Império” para, além de coletar material destinado às coleções do Museu, estudar as questões de história natural aplicadas à agricultura e à indústria e fazer diversas atividades de ciência pura ligadas à anatomia e à fisiologia (Museu Nacional, pasta 17, doc. 145, p. 1, de 1878).

Após a partida do Rio de Janeiro, e com duas paradas, uma em Macaé e outra em Pernambuco, Jobert e Schwacke chegaram a Belém, iniciando suas atividades nos arredores da cidade e excursionando à ilha de Marajó, de onde retornaram carregados de plantas e peixes. O material coletado foi então remetido ao Rio de Janeiro em duas caixas, uma com peixes (95 exemplares representados por 49 espécies) e outra com plantas, através do vapor Bahia. (Museu Nacional, pasta 16, doc. 85-A e 85-B, de 17/07/1877, e doc. 86, de 18/07/1877). Em 1º de setembro e 1º de outubro, Ladislau Netto comunicava nas sessões do Conselho Diretor o recebimento da primeira remessa das coleções feitas pelos naturalistas (Livro de Registro de Atas, Livro 3, 1876-1885, D193, Atas da 21ª e da 22ª Sessão, fls. 26v, 27 e 27v).

Em 20 de agosto, os dois naturalistas partiram de Belém para o interior do Amazonas visitando várias localidades, dando continuidade à coleta de peixes e plantas e retornando a Belém nos primeiros dias de

janeiro de 1878. Após breve permanência na cidade, fizeram uma incursão pelo interior do Maranhão e do Piauí onde, além da coleta de peixes e plantas, Jobert preparou uma coleção de peixes fósseis da “Serra de Araripe” (Museu Nacional, pasta 17, doc. 145, de 1878).

Finalizando a viagem, Jobert e Schwacke voltaram ao Rio de Janeiro no decorrer de julho de 1878. Com eles trouxeram “para mais de mil e trezentos” exemplares de peixes correspondendo a aproximadamente 450 espécies e cerca de 1.300 plantas (Ofício de 23/07/1878, Livro de Registro de Entrada e Saída de Ofícios. RA7, D7, 1875-1881, fl. 88v e pasta 17, doc. 145, de 1878), número que difere do estimado por Miranda Ribeiro, calculado em cerca de 3.500 exemplares de peixes (Ribeiro, 1945).

Cabe ressaltar também o grande interesse de Jobert e Schwacke na produção do curare. Os naturalistas descreveram este veneno utilizado pelos índios ticunas “no alto Solimões, próximo às fronteiras do Peru, e identificaram as plantas principais que entravam na composição do veneno” (Sá, 2012, p. 14).

Sobre o curare, Jobert enviou correspondência à Academia das Ciências de Paris, cujos trechos sobre a preparação do veneno foram apresentados na sessão de 14 de janeiro de 1878 por Claude Bernard (1823-1878), fisiologista francês do qual Jobert era grande admirador e depois publicados nos *Compte Rendus* (Jobert, 1878a). Quando de seu retorno à França, Jobert apresentou, na sessão de 14 de dezembro de 1878 da Sociedade de Biologia de Paris, “palestra sobre sua viagem à Amazônia e a demonstração sobre a fabricação do curare, que teve a oportunidade de presenciar” (Sá, 2012, p. 20). A publicação da palestra, reproduzida no Jornal do Commercio do Rio de Janeiro, levou o botânico brasileiro João Barbosa Rodrigues (1842-1909) a escrever “uma longa carta refutando todas as observações do naturalista francês” (Sá, 2012, p. 21), publicada em 23 de fevereiro de 1879 na Gazeta de Notícias. Sobre essas plantas, Jobert comunicou a João Baptista de Lacerda que pretendia completar seu estudo em Paris; entretanto, Lacerda presumiu que “esse material perdeu-se, pois a tal respeito jamais publicou Jobert nenhuma investigação de sua lavra” (Lacerda, 1905, p. 54). O interesse acentuado de Jobert pelo curare continuou no período restante de sua estadia no Rio de Janeiro em 1878, realizando experiências no

Museu Nacional, onde, além de Lacerda, compareciam “muitos outros médicos e professores da Escola de Medicina” (Lacerda, 1905, p. 54).

Antes de seguir para a França, Jobert também estudou a praga de nematódeos que afetava os cafezais nas proximidades da cidade do Rio de Janeiro. Desse estudo resultou um trabalho apresentado na Academia das Ciências de Paris pelo botânico francês Pierre Étienne Simon Duchartre (1811-1894) na sessão de 09/12/1878 e divulgada na publicação da academia (Jobert, 1878b).

4 OS PEIXES DA AMAZÔNIA EM PARIS

A coleção de peixes coletados na Amazônia foi levada “ao Jardim das Plantas de Paris, a fim de ser classificada, e devolvida depois ao Museu do Rio de Janeiro” (Lacerda, 1905, p. 53) por Jobert com autorização do Conselho Diretor do Museu em sua 31ª Sessão Extraordinária de 23 de julho de 1878 (Livro de Registro de Atas, Livro 3, 1876-1885, D193, fls. 39v-40 e Ofício de 23/07/1878, Livro de Registro de Entrada e Saída de Ofícios, RA7, D7, 1875-1881, fl. 88v). A autorização ocorreu com a justificativa da “falta de especialistas no país, ao que praticam os museus europeus em circunstâncias idênticas, e à impossibilidade de uma perfeita divisão das coleções ictiológicas trazidas pelo Sr. Professor Jobert” (Ofício de 23/07/1878, Livro de Registro de Entrada e Saída de Ofícios, RA7, D7, 1875-1881, fl. 88v).

Em Paris, Léon Vaillant fez “um apanhado sobre *Sclearacantha*” e um estudo sobre raias (Vaillant, 1880a, 1880b, 1880c Ribeiro, 1945, p. 54) e, duas décadas depois, os peixes também foram estudados pelo zoólogo francês Jacques Pellegrin (1873-1944), com resultados divulgados em duas publicações. Na primeira, Pellegrin procedeu à revisão dos peixes ciclídeos por sua importância entre os peixes de água doce da região amazônica. Com exceção de uma espécie procedente do Rio de Janeiro, as demais 32 espécies e subespécies identificadas tiveram, como pontos de coleta, localidades distribuídas desde a ilha de Marajó até a fronteira com o Peru, como a foz do rio Amazonas, Santarém, Manaus (junto ao rio Negro), Tefé, Tocantins e Tabatinga (Pellegrin, 1902). Na segunda publicação, Pellegrin dedicou-se ao estudo dos caracídeos, peixes “que se constituem igualmente em uma das famílias mais representadas nas águas doces sul-americanas” (Pellegrin, 1909, p. 147) procedentes das localidades já citadas acrescidas de três outras:

rio Negro (Amazonas), rio Grande, e Serra da Estrela (Rio de Janeiro). Foram identificadas 122 espécies, um número considerado significativo pelo autor já que na época perfazia cerca de um quarto das espécies conhecidas da família, além de novos táxons provenientes da serra da Estrela e da Amazônia. Os tipos e outros exemplares das espécies estudadas por Vaillant e por Pellegrin permaneceram no Museu de História Natural de Paris.

Pelo acordo com Jobert firmado pelo Conselho Diretor, caberia ao museu parisiense uma duplicata das coleções que seriam devolvidas ao Museu Nacional após o estudo, segundo o Ofício de 27/07/1878 (Livro de Registro de Entrada e Saída de Ofícios, RA7, D7, 1875-1881, fls. 89 e 89v.), encaminhado pelo diretor do Museu ao “Enviado Extraordinário e Ministro Plenipotenciário da República Francesa no Brasil”. No ofício, o diretor solicitava que fosse “garantida, na ausência ou em qualquer falta do [...] Professor Jobert, a propriedade do Museu Nacional” em relação às coleções de peixes. Não foi encontrado, entretanto, registro de uma resposta por parte do representante francês ou se os especialistas do museu em Paris, como Pellegrin, tivessem conhecimento do referido acordo, o que poderia ter levado à permanência definitiva da coleção ictiológica amazônica na capital francesa. Assim, apesar dos esforços de Ladislau Netto de garantir o seu retorno, os peixes amazônicos coletados por Jobert não mais teriam voltado para compor o acervo do Museu Nacional, fato comentado por Miranda Ribeiro, que acrescentou: “dos cerca de 3.500 exemplares de peixes, [...] o Museu recebeu menos de 180 exemplares de espécies remetidas” (Ribeiro, 1945, p. 54). Infelizmente, em 1916, data em que fez essa afirmação, Miranda Ribeiro não organizou nenhum sistema de catalogação do material, sendo os exemplares somente catalogados algumas décadas depois. Com isto, perderam-se exemplares e, em muitos casos, também os dados e rótulos, resultando no registro de muitos exemplares na coleção sem dados associados, dificultando o reconhecimento com exatidão dos exemplares coletados por Jobert. Uma análise acurada do catálogo atual permitiu, entretanto, com base na identificação taxonômica e procedências anotadas, associar Jobert a cerca de 26 registros com 84 exemplares, um número bem inferior aos 180 exemplares assinalados por Miranda Ribeiro (Tabela 1).

MNRJ	Espécie	Nº	Procedência	Obs.
1228	<i>Cichla ocellaris</i>	1(?)	Manaus	-
1249	<i>Chaetobranchus</i>	1	Santarém	-
1252	<i>Cichla ocellaris</i>	1(?)	Manaus	(1)
1260	<i>Chaetobranchus</i> sp.	1	Rio Teffé	-
1262	<i>Mesonauta festinus</i>	1	Rio Teffé	-
1264	<i>Hypselaacara coryphenoides</i>	2	Tabatinga	-
1268	<i>Chaetobranchopsis opercularis</i>	1	Marajó	-
1278	<i>Crecichlia johanna</i>	1(?)	Manaus	-
1279	<i>Geophagus surinamensis</i>	3	Marajó	-
1294	<i>Geophagus brasiliensis</i>	5	Rio Grande do Sul	-
1297	<i>Astronotus ocellatus</i>	3	Pará	-
1299	<i>Cichlasoma</i> sp.	43	Manaus	-
1327	<i>Australoheros</i>	2	Baía de Guanabara	-
1564	<i>Crenicichla lugubris</i>	1	Amazonas	-
1620	<i>Geophagus jurupari</i>	1	Rio Teffé	-
1625	<i>Cichla ocellaris</i>	4	Manaus	-
1627	<i>Mesonauta insignis</i>	1	Itabatinga	-
2069	<i>Astronotus ocellatus</i>	1	Marajó	-
2128	<i>Crenicichla</i>	4	Tabatinga	(2)
2407	<i>Aequidens tetramerus</i>	1	Marajó	-
2938	<i>Pimelodus clarias</i>	1	Amazonas(?)	(3)
2953	<i>Acaronia nassa</i>	1	Santarém	-
8987	<i>Aequidens tetramereus</i>	1	Marajó	(4)
9057	<i>Acaronia nassa</i>	1	Santarém	(5)
9061	<i>Acaronia nassa</i>	1	Santarém	(5)
43514	<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	Rio Grande do Sul	(6)

Tabela 1. Lista de lotes de exemplares de peixes que podem ser associados aos coletados por Clément Jobert. As espécies são da família Cichlidae, correspondendo provavelmente ao material estudado por Jacques Pellegrin em 1902 e mencionado por Miranda Ribeiro em 1916 (*vide* Ribeiro, 1945). Coleção ictiológica do Departamento de Vertebrados. MNRJ: número de registro na coleção; No: número de exemplares; Observações: (1) *C. temensis*, segundo Miranda Ribeiro; (2) Números originais 21, 43, 78 e 80; (3) Jobert (?); (4) Exemplar anteriormente no número 2407; (5) Exemplares anteriormente no número 2953; (6) Exemplar anteriormente no número 1294.

No seu retorno a Paris, Jobert não se limitou a levar consigo somente os exemplares ictiológicos que seriam estudados e classificados

pelos pesquisadores franceses. No acervo do museu parisiense, seu nome está associado pelo menos a 1.438 itens. Além dos peixes amazônicos, o acervo inclui uns 32 exemplares de anfíbios e répteis, 25 lotes de morcegos, um crustáceo, uma ave e 454 exsiccatas botânicas.

Alguns poucos peixes interessantes (linguados e muçuns) foram catalogados antes de 1878, o que sugere que teriam sido enviados para a França antes da reunião final no Museu Nacional. Os peixes amazônicos, com 111 lotes, começaram a ser catalogados a partir de 1902. Em 1904, foi catalogada mais uma dezena de lotes e, em 1909, outros 284 lotes. A partir dessa data, o material tem sido catalogado esporadicamente até a atualidade (existe material com data de 2017), sugerindo que ainda existe muito material não catalogado, considerando os mais de 1.300 exemplares levados para Paris segundo Jobert, ou 3.500, de acordo com Miranda Ribeiro, dos quais menos de 180 retornaram ao Museu Nacional. Destes, atualmente, devido à falta de dados no catálogo de ictiologia, somente cerca de seis dezenas de exemplares podem ser atribuídos a Jobert. Também cabe ressaltar que, a despeito da presença de exemplares de outros grupos zoológicos no Museu de Paris, não foram localizados exemplares correspondentes nas coleções do Museu Nacional que pudessem ser relacionados a Jobert.

5 OS ICTIÓLITOS DO PIAUÍ

Jobert também mostrou interesse pelo conteúdo ictiológico fossilífero brasileiro, representado pela coleção entregue em 1878 ao Museu Nacional. A coleção de ictiólitos, procedentes da Chapada do Araripe e atribuída a Jobert, por desconhecimento da existência do seu relatório de viagem, transformou-se em um dos muitos mistérios ligados à história do acervo de paleovertebrados da instituição. O acervo de paleovertebrados conta atualmente com 7.718 registros relativos a cerca de 12.400 exemplares, incluindo 1.591 registros correspondem a ictiólitos procedentes da Chapada do Araripe. Apenas 29 registros podem ser atribuídos a Jobert.

Abrangendo parte dos estados do Piauí, Ceará e Pernambuco, a Chapada do Araripe é composta principalmente por rochas de idade cretácica, sendo as camadas mais fossilíferas pertencentes à Formação Santana cuja divisão superior, denominada Membro Romualdo, con-

tém os nódulos calcários com peixes fossilizados (Maisey, 1991; Kellner *et al.*, 2002). A existência desta formação fossilífera não era desconhecida dos naturalistas setecentistas e oitocentistas. Ao final do século XVIII, em viagem à região do Cariri durante o ano de 1800, o sargento-mor e naturalista João da Silva Feijó (1760-1824) observou e coletou “os fósseis de peixes que considerou uma das mais raras e curiosas do mundo” (Fernandes, 2011, p. 790). Em dezembro do mesmo ano, Feijó encaminhou exemplares à Lisboa, tratando posteriormente das “petrificações” em sua “Memória sobre a Capitania do Ceará” (Feijó, 1814, 1997; Antunes *et al.*, 2005; Lopes, 2005; Lopes & Silva, 2003). No relato de sua viagem pelo Brasil entre os anos de 1817 e 1820, os naturalistas Johann Baptist Ritter von Spix (1781-1826) e Carl Friedrich Philipp von Martius (1794-1868) ressaltaram a presença dos peixes preservados nas concreções calcárias “próximo à pequena Vila do Bom Jardim, no distrito dos Cariris Novos” (Maisey, 1991, p. 13). O médico e botânico escocês George Gardner (1810-1849), ao viajar pelo interior do Brasil de 1836 a 1841, esteve em Jardim e coletou as concreções com os peixes a que chamou de “ichthyolites” (Gardner, 1975, p. 102), enviando-as à Inglaterra. Estes ictiólitos foram estudados por Jean Louis Rodolphe Agassiz (1807-1873) (Fernandes & Henriques, 2013). Agassiz descreveu os peixes em 1841 e, em 1844, com base em outros exemplares adquiridos pelo comerciante e naturalista François Chabril-lac¹, apresentou novas espécies, sendo uma em homenagem a Gardner (Agassiz, 1844).

O material coletado por esses naturalistas teve como destino as coleções de interessados e instituições no exterior, e no Museu Nacional do Rio de Janeiro não se tem registro de sua presença “na primeira metade do século XIX, embora não se possa afirmar que os naturalistas da instituição os desconhecêssem” (Fernandes & Henriques, 2013, p. 107). Em 1855, meados do século XIX, o Museu Nacional recebeu peixes fósseis provenientes de Crato, Ceará (*q.v.* Tabela 1 de Fernandes *et al.*, 2010, p. 254) e, durante as atividades da Comissão Científica de Exploração que atuou no Ceará e outras províncias do Nordeste de 1859 a 1861, Guilherme Schüch de Capanema (1824-1908) coletou ictiólitos na região do Araripe (Pinheiro, 2002, pp. 109-110). Sobre esses

¹ Não encontramos as datas de nascimento e morte deste naturalista.

fósseis coletados por Capanema, entretanto, permanece a dúvida se chegaram ao Museu Nacional, pois é conhecida a “perda das coleções da seção geológica” da Comissão devido a um naufrágio ocorrido durante a expedição (Lopes, 1997, p. 140; Fernandes & Henriques, 2013, p. 108).

Em 1870, Ladislau Netto assinalou a existência na coleção paleontológica do Museu Nacional de “peixes fósseis provenientes quase todos da província do Ceará” (Netto, 1870, p. 309). As coleções do Museu, entretanto, foram duramente criticadas por Louis Agassiz, ao referir-se aos peixes fósseis do Ceará que, apesar de “belos [...] ainda não se tentou classificá-los” (Agassiz & Agassiz, 1975, p. 292).

De fato, o Museu Nacional, situado no prédio junto ao Campo de Santana (atual Praça da República), encontrava-se em condições precárias de conservação, o que levou com o tempo à perda de importantes informações dos fósseis presentes em documentos e etiquetas originais. Como resultado, nas coleções atuais, incluindo a de paleovertebrados, “há uma carência significativa de informações no livro de tombo sobre o acervo de ictiólitos da coleção” (Fernandes & Henriques, 2013, p. 108); entre as informações ausentes estão as indicações detalhadas de procedência das amostras que, pelo que se pode deduzir, tendo como principal ou única indicação o estado do Ceará, seriam provenientes da região do Cariri. A única divergência vem das amostras cedidas ou doadas por Jobert, provenientes do Piauí.

Após o encerramento de suas coletas na região amazônica, Jobert “retornou a Belém” (Bleher, 2006, p. 43). Na 31ª Sessão Extraordinária do Conselho Diretor do Museu Nacional, foi lida “uma nota enviada pelo Sr. Professor C. Jobert, na qual é indicado o itinerário de sua viagem desde o Rio de Janeiro até o Amazonas e daí para cá, e assinalando os pontos científicos mais importantes de seus estudos nestas viagens; acrescentando que mais tarde apresentará [...] um minucioso relatório” (Livro de Registro de Atas, Livro 3, 1876-1885, D193, fl. 40). No relatório, Jobert assinalou que após uma curta estadia em Belém, seguiu para o Maranhão e o Piauí, para onde “o Governo enviou-me [...] com o fim especial de estudar e conhecer o gado e a criação” (Museu Nacional, pasta 17, doc. 145, de 1878).

A partir de São Luis, Jobert e Schwacke seguiram para o Piauí chegando à “Serra de Araripe” onde Jobert coletou os peixes fósseis que

“serão interessantes para comparar com [os] do Ceará que possui o Museu” e que certamente já tinha visto antes de iniciar a viagem. No retorno a São Luis, auxiliou Schwacke na coleta das plantas, reunindo uma coleção de mais de 300 exemplares, chegando ao Rio de Janeiro “no correr do mês de julho” de 1878 (Lacerda, 1905, p. 53).

Sobre a localidade de procedência dos ictiólitos, é de conhecimento que, no Piauí, “os melhores afloramentos do Membro Romualdo [que contém os nódulos] foram encontrados na localidade ‘Ladeira do Berlenga’ [município de Fronteiras], situada na rodovia Marcolândia-Fronteira [PI-142]” (Kellner, 2002, p.112), ocorrendo outros afloramentos nas proximidades da rodovia, nos municípios de mesmo nome. Além da Ladeira do Berlenga, entre novas localidades atualmente conhecidas, estão as de Pau dos Ferros e Caboclo, no município de Fronteiras, e Caldeirão Grande, no município de Marcolândia (Barreto *et al.*, 2012 p. 314). Embora não existam anotações a respeito, os fósseis coletados por Jobert seriam certamente procedentes dessa região, podendo a localidade de Ladeira do Berlenga *sensu lato* ser indicada nesse caso.

Sobre o conteúdo da coleção, os peixes encontram-se identificados como pertencentes aos gêneros *Vinctifer*, *Enneles*, *Rhacolepis*, *Tharrhias*, *Elopomorpha* e *Cladocyclus* (Tabela 2), sendo *Vinctifer* o mais representado com 15 registros, o que, coincidentemente, corresponde ao “táxon mais abundante” da Ladeira do Berlenga, como foi assinalado por Kellner e colaboradores (Kellner *et al* 2002, p. 113). A identificação dos táxons, entretanto, é posterior a sua incorporação às coleções do Museu em 1878: o gênero *Vinctifer*, por exemplo, foi criado por David Starr Jordan (1851-1931) em 1919 e a espécie, *V. comptoni*, somente incluída neste gênero em 1923 (Jordan, 1919, 1923). Confirmando a informação, *Tharrhias* e *Enelesaudax* foram criados por Jordan e John Casper Branner (1850-1922) em 1908, sendo que somente *Cladocyclus* e *Rhacolepis* foram descritos por Louis Agassiz em 1841 (Agassiz, 1841; Jordan & Branner, 1908). Os exemplares de Jobert foram incluídos no acervo sem identificação taxonômica, como pode se deduzir pelo conteúdo do rótulo dos espécimes (Figura 1), identificação que deve ter ocorrido somente a partir da segunda metade do século XX.

MN	Espécie	Estado	Col./Doador	Ano
683-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
684-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
685-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
700-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
703-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
713-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
714-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
715-V	<i>Vinctifer</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
716-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
717-V	<i>Vinctifer</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
718-V	<i>Vinctifer</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
719-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
720-V	<i>Vinctifer</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
721-V	<i>Vinctifer</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
735-V	<i>Enneles audax</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
736-V	<i>Vinctifer comptoni</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
801-V	<i>Rhacolepis</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
805-V	<i>Tharrbias</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
806-V	<i>Tharrbias</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
809-V	<i>Tharrbias</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
817-V	<i>Elopomorpha</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
835-V	<i>Tharrbias</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
836-V	<i>Vinctifer</i> sp.	Piauí	Dr. Jobert	1878
837-V	Peixe	Piauí	Dr. Jobert	1878
867-V	<i>Cladocyclus gardnery</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
868-V	<i>Cladocyclus gardnery</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
871-V	<i>Cladocyclus gardnery</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
872-V	<i>Cladocyclus gardnery</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878
905-V	<i>Rhacolepis bucalis</i>	Piauí	Dr. Jobert	1878

Tabela 2. Lista dos exemplares de peixes em nódulos calcários da Chapada do Araripe procedentes do estado do Piauí cuja coleta é atribuída a Clément Jobert. Coleção de paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional. MN: número de registro na coleção.



Fig. 1. Exemplar de *Vincifer camptoni* (MN 683-V) depositado na coleção de paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional. O rótulo, possivelmente original e colado ao exemplar, não traz a identificação taxonômica do peixe, feita *a posteriori*, mas permite seu reconhecimento como coletado por Clément Jobert em 1878.

6 CONCLUSÃO

O material levado por Jobert a Paris rendeu a descrição de quase meia centena de espécies de peixes e plantas pelos naturalistas europeus. Seu legado no Museu Nacional, entretanto, apesar do apoio institucional irrestrito que lhe foi concedido, restringiu-se aos poucos exemplares de peixes amazônicos que retornaram e aos ictiólitos do Piauí que permaneceram.

Sem dúvida, Jobert representou, entre outros naturalistas comentados por Miranda Ribeiro, intencionalmente ou não, um marco significativo na apropriação de objetos brasileiros de história natural que pertenciam ao Museu Nacional e que para ele nunca mais retornaram. Não fica claro, no entanto, se esta apropriação foi intencional, como resultado direto da atuação de Jobert, ou constitui-se no resultado de negligência por parte dos pesquisadores encarregados de estudar o material no Museu de Paris. Como a publicação de resultados científicos decorrentes do estudo do material levado para a Europa por Jobert ocorreu somente no século XX, mais de duas décadas após o retorno de Jobert,

é possível que o registro do material nas coleções permanentes do Museu de História Nacional Natural de Paris tenha ocorrido em virtude do esquecimento dos compromissos assumidos em 1878. Neste contexto, no entanto, é pertinente registrar que a presença da família real no Brasil, e conseqüentemente a própria fundação de um museu de história natural no Rio de Janeiro, foram resultados do expansionismo militar francês e seu impacto sobre Portugal. É provável que com o fim do regime monarquista brasileiro no final do Século XIX, os compromissos impostos pela direção do Museu Imperial sobre Jobert e sobre a representação diplomática francesa tenham sido abandonados, apesar das expectativas de Dom Pedro II. Se por um lado o fim da monarquia brasileira permitiu o rompimento de acordos estabelecidos entre instituições de pesquisa brasileiras e europeias, por outro, é possível identificar o surgimento de um novo nacionalismo representado por Miranda Ribeiro e seu discurso no sentido de defender o controle da biodiversidade existente no Brasil. O certo é que a instalação do regime republicano no Brasil representou uma importante mudança de atitude entre os naturalistas brasileiros, que levou à aceleração no crescimento dos acervos do Museu Nacional.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Proc. 303004/2016-9, 305095/2014-5 e 312801/2017-3, pelo auxílio financeiro à pesquisa dos autores. À Seção de Memória e Arquivo (SEMEAR) do Museu Nacional, pela atenção e disponibilização dos documentos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGASSIZ, Louis. On the fossil fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the north of Brazil. *Edinburgh New Philosophical Journal*, **30**: 82-84, 1841.
- AGASSIZ, Louis. Sur quelques poissons fossiles du Brésil. *Comptes Rendu des Sciences de l'Academie des Sciences*, **18**: 1007-1015, 1844.
- AGASSIZ, Louis; AGASSIZ, Elizabeth Cary. *Viagem ao Brasil: 1865-1866*. Trad. João Etienne Filho. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1975.

- ANTUNES, Miguel Telles; BALBINO, Ausenda Cáceres; FREITAS, Idalécio. Early (18th century) discovery of Cretaceous fishes from Chapada do Araripe, Ceará, Brazil. Specimens kept at the ‘Academia das Ciências de Lisboa’ Museum. *Comptes Rendus Paleovol*, **4**: 375-384, 2005.
- BARRETO, Alcina Magnólia Franca; BRILHA, José Bernardo Rodrigues; SALES, Alexandre Magno Feitosa; ALMEIDA, José Augusto Costa de. Patrimônio paleontológico e geoconservação da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Pernambuco e Piauí – Nordeste do Brasil). Pp. 311-320, *in*: HENRIQUES, M. H.; ANDRADE, A. I.; QUINTA-FERREIRA, M.; LOPES, F. C.; BARATA, M.T.; PENNA DOS REIS, R.; MACHADO, A. (coords.). *Para aprender com a Terra. Memórias e notícias de geociências no espaço lusófono*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012.
- BLEHER, Heiko. The history of Discus fishes. Pp. 28-47, *in*: BLEHER, Heiko. *Bleher’s discus*. Vol. 1. Pavia: Aquapress-Bleher, 2006.
- FEIJÓ, João da Silva. Memória sobre a Capitania do Ceará, escrita por ordem superior pelo Sargento-mor João da Silva Feijó, naturalista encarregado por S. A. Real das investigações filosóficas da mesma Capitania. *Patriota*, **3** (1): 46-62, 1814.
- FEIJÓ, João da Silva. *Memória sobre a Capitania do Ceará e outros trabalhos*. Ed. fac-símile. Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1997. (Biblioteca Básica Cearense)
- FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira. Fósseis misteriosos: os primeiros achados na história da paleontologia brasileira. Pp. 785-793, *in*: CARVALHO, I. S.; SRIVASTAVA, N. K.; STROHSCHOEN JR., O; LANA, C. C. (eds.). *Paleontologia: cenários de vida*. Vol. 4. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.
- FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira; HENRIQUES, Deise Dias Rêgo. Entre peixes “petrificados”: George Gardner e os ictiólitos do Cariri. Pp. 102-111, *in*: *Congresso Scientiarum Historia VI, 2013*. Anais, Rio de Janeiro, 2013.
- FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira; EWBank, Cecília de Oliveira; SILVA, Marina Jardim e; HENRIQUES, Deise Dias Rêgo.

- Uma lembrança de infância: os “fósseis colossais” e o papel de Frederico César Burlamaque como paleontólogo brasileiro. *Filosofia e História da Biologia*, **5** (2): 239-259, 2010.
- GARDNER, George. *Viagem ao interior do Brasil, principalmente nas províncias do Norte e nos distritos do ouro e do diamante durante os anos de 1836-1841*. Trad. Milton Amado. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 1975.
- JOBERT, Clément. Sur la préparation du curare. *Comptes Rendus des Séances Hebdomadaires de l'Académie des Sciences*, **86**: 121-122, 1878 (a).
- JOBERT, Clément. Sur une maladie du caféir observée au Brésil. *Comptes Rendu hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, **87**: 941-943, 1878 (b)².
- JORDAN, David Starr. New genera of fossil fishes from Brazil. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, **71**: 208-210, 1919.
- JORDAN, David Starr. Peixes cretáceos do Ceará e Piauí. *Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, **3**: 1-97, 1921.
- JORDAN, David Starr; BRANNER, John Casper. The Cretaceous fishes of Ceará, Brazil. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, **5** (52): 1-29, 1908.
- KELLNER, Alexander Wilhelm Armin; GALLO, Valéria; SARAIVA, Alamo Feitosa; SAYÃO, Juliana Manso; SILVA, Helder de Paula. On the fossil locality “Ladeira do Berlenga” (Santana Formation, Araripe Basin), Piauí, Northeastern Brazil. *Arquivos do Museu Nacional*, **60** (3): 11-116, 2002.
- LACERDA, João Baptista de. *Fastos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1905.
- LOPES, Maria Margaret. *O Brasil descobre a pesquisa científica: os museus e as ciências naturais no século XIX*. São Paulo: Hucitec, 1997.
- LOPES, Maria Margaret. “Raras petrificações”: registros e considerações sobre os fósseis na América Portuguesa. Pp. 1-17, in: *Actas Congresso Internacional Atlântico do Antigo Regime: Poderes e Sociedade*, 2005. Lisboa: 2005.
- LOPES, Maria Margaret; SILVA, Clarete Paranhos da. Investigações em história natural no Ceará: os estudos do naturalista João da Silva

² Disponível em <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3044x/f1026.item.r=Jobert>> Acesso em 02 de maio de 2018.

- Feijó (1760-1824). *Revista de Ciências Humanas*, **9** (1): 69-75, 2003.
- NETTO, Ladislau. *Investigações históricas e científicas sobre o Museu Imperial e Nacional do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Philomatico, 1870.
- MAISEY, John G. The occurrence. Pp. 11-21, *in*: MAISEY, John G. (ed.) *Santana Fossils. An illustrated atlas*. Neptune City: T.F.H. Publications, 1991.
- PELLEGRIN, Jacques. Cichlides du Brésil rapportés par M. Jobert. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, **8**: 181-184, 1902.
- PELLEGRIN, Jacques. Characinidés du Brésil rapportés par M. Jobert. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle*, **15** (4): 147-153, 1909.
- PINHEIRO, Rachel. *As histórias da Comissão Científica de Exploração (1856) na correspondência de Guilherme Schüch de Capanema*. Campinas, 2002. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências. Universidade Estadual de Campinas.
- QUATREFAGES DE BRÉAU, Jean Louis Armand de; BLANCHARD, Émile; MILNE-EDWARDS, Henry. Rapport sur un Mémoire de M. Jobert, relatif à la respiration aérienne de quelques poissons du Brésil. *Comptes Rendu hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*, **86** (1): 935-938, 1878³.
- RIBEIRO, Alípio de Miranda. *A Comissão Rondon e o Museu Nacional. (Conferências realizadas pelo Professor Alípio de Miranda Ribeiro, no Museu Nacional, em 1916)*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Conselho Nacional de Proteção dos Índios, 1945. (Publicação número 49)
- SÁ, Magali Romero. Do veneno ao antídoto: Barbosa Rodrigues e os estudos e controvérsias científicas sobre o curare. *Revista Brasileira de História da Ciência*, **5** (Suplemento): 12-21, 2012.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA. Preciosidades: o que você não sabia de Jobert e Göldi. Disponível em <<http://nematologia.com.br/tag/clement-jobert/>>. 2017. Acesso em: 21 junho 2017.

³ Disponível em <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3043m/f989.image.r=Jobert>>. Acesso em: 2 de maio de 2018.

- VAILLANT, Léon Louis. Synopsis des espèces de Siluridae recueillies par M. le Dr. Jobert, à Caldéron (Haute-Amazone). *Bulletin de la Société philomathique de Paris* (7th Série), **4**: 150-159, 1880 (a).
- VAILLANT, Léon Louis. Note sur le genre *Otocinclus* et description d'une espèce nouvelle. *Bulletin de la Société philomathique de Paris* (7th Série), **4**: 145-148, 1880 (b).
- . Léon Louis. Sur les raies recueillies dans l'Amazone par M. le Dr. Jobert. *Bulletin de la Société philomathique de Paris* (7th Série), **4**: 251-252, 1880 (c).

Data de submissão: 08/08/2018

Aprovado para publicação: 22/09/2018

Difficulties in teaching evolution due to the influence of teleology

Marcela D'Ambrosio *

Nelio Bizzo #

Fernando Santiago dos Santos †

Abstract: One of the most famous iconographies related to evolution is the “evolutionary march”. It represents a linear progression from apes towards *Homo sapiens*. The origins of this progressive view can be found in Aristotle’s ideas, which were also based on species’ fixity, essentialism and teleology. Even though Aristotle’s framework has been overthrown by Darwin’s evolutionary theory, its influence can still be seen in general thinking. The concept of adaptation is commonly misunderstood and phrases with teleological meaning are often used in evolutionary explanations. For that reason, students might create an erroneous idea that some characteristics could have been selected for a specific reason. Thus, it is important that students properly know the structure of evolutionary thinking from a philosophical perspective, regarding not only adaptation but also a view of evolution as a branched process. The present analysis aims at discussing the multiple meanings of the term teleology, based on the proposal established by Ernst Mayr (1904-2005), going backwards to its origins. Furthermore, it aims at analyzing the importance of this discussion to the teaching of evolution as a tool to dismiss some of the most common evolutionary misconceptions.

Keywords: teleology; teaching evolution; evolutionary thinking

* Master in Science Teaching, University of Campinas. Rua Sergio Buarque de Holanda, 777, CEP 13083-859, Campinas, SP. E-mail: marceladambrosio@gmail.com

School of Education, University of São Paulo. Avenida da Universidade, 308, CEP 05508-040, São Paulo, SP.. E-mail: bizzo@usp.br

† Federal Institution of Education, Science and Technology of São Paulo (IFSP). Rodovia Prefeito Quintino de Lima, 2100, CEP 18136-540, São Roque, SP. E-mail: fernandoss@ifsp.edu.br

Dificuldades no ensino de evolução devido à influência da teleologia

Resumo: Uma das mais famosas iconografias relacionadas à evolução é a “marcha evolutiva”, que representa uma progressão dos macacos aos *Homo sapiens*. A origem dessa visão de progresso pode ser encontrada nas ideias de Aristóteles, que também se baseia no fixismo das espécies, no essencialismo e na teleologia. Embora o *framework* tenha sido contraposto pela teoria evolutiva de Darwin, sua influência no senso comum ainda pode ser encontrada. Em adição, o conceito de adaptação é comumente mal compreendido e frases com sentido teleológico são utilizadas com frequências em explicações evolutivas. Por essa razão, estudantes podem criar a concepção de que houve um propósito intencional para a seleção de algumas características. Logo, é importante que se discuta no ensino a estrutura do pensamento evolutivo do ponto de vista filosófico, não apenas com relação à adaptação, mas também a visão da evolução como um processo ramificado. A presente análise pretende discutir os múltiplos significados do termo teleologia, baseado na proposta de Ernst Mayr (1904-2005), retornando as suas origens. Pretende-se, também, analisar a importância de tal discussão no ensino de evolução como uma ferramenta para desmistificar algumas das concepções alternativas sobre evolução.

Palavras-chave: teleologia; ensino de evolução; pensamento evolutivo

1 INTRODUCTION

Although evolution is considered the unifying theme of biology (Dobzhansky, 1973; Futuyma, 2002), its understanding is still very limited and represents a great educational challenge (Bizzo, 1994; Smith, 2010), which means that teaching evolution is not an easy task in every scholar age. Among the difficulties teachers find when going through this subject, we point out: 1) temporal assimilation of evolutionary changes; 2) populational thinking (it is very common to think of individual changes over time, as in Lamarck’ theory, and not of populations); 3) difficulties in finding ancestor groups; 4) recognizing kinship among humans and other living beings; and, 5) the idea of progress in evolution (Santos & Calor, 2007a).

The idea of human superiority, related to a progressive view of evolution, is not scientifically sound, but it is widely spread in common sense. Authors such as Ruse (1996) sustain that a translocation of the cultural meaning of progress, such as technology, social and scientific progress, could influence the understanding of biological evolution. In addition, many misleading information is spread by media (internet,

television, comic books, newspapers, publicities and others) affecting such concept formation (Santos & Calor, 2007b).

Amidst such misleading information, one of the most famous figures spread by media is the “evolutionary march”, in which some primates are lined up as if marching from left to right, progressing towards humankind. According to Gould (1990), this is the only iconography immediately understood by everyone and it reinforces this comfortable idea of human superiority and inevitability. Although it is a very accepted image, it emphasizes the misleading idea that evolution has a pre-established direction towards “perfection”, in a progressive way. Nevertheless, evolution is not a linear process from basal species to superior ones. It is a bush, a branching process of species, based on variation, natural selection, genetic drift, and common ancestors (Santos & Calor, 2008).

According to Crivellaro and Sperduti (2014), the greatest challenge of teaching evolution relies on natural selection, once it is very common for the public to have a teleological, essentialist and anthropocentric thinking. In other words, besides the progressive view of evolution, there is a functional understanding of natural selection, in which explanations about adaptation are made based upon purposes (Gregory, 2009).

From a philosophic point of view, teleology, or the science of final causes, was a very important Aristotelian concept. Aristotle’s teleology assumes that everything in nature has specific purposes – therefore, there is nothing vain in nature. His influence in human thinking is seen until current days, even if in an implicit way, especially because his investigation about the living world was based on his experiences and direct observations of natural phenomena (Ariza & Martins, 2010).

Even though teleology has been questioned in a number of instances, since the first edition of Darwin’s *On the origin of species* (1859), especially in light of natural selection, it seems to be common sense to notice teleological language when one talks about evolution, including biology classes. According to Mayr (1998), teleological terms are used to describe organic functions, physiological processes and individual’s behavior, usually characterized by the words “purpose” or “goal”. Thus, the concept of teleology has been used in many different cases

with heterogeneous phenomena. For this reason, Mayr (2004) has created categories to differentiate and classify these various term meanings.

Due to the importance of confronting biological misconceptions with scientific ones, this paper aims to discuss the teleological polysemy according to Mayr's proposal, going back to Aristotle's teleology and, then, to think about its influence in evolutionary comprehension and teaching. The comprehension of difficulties and the historical origins of our thoughts, thus emphasizing philosophical aspects of evolutionary thinking, could be a pedagogical strategy to dismiss misleading ideas as progress in evolution.

2 ARISTOTLE'S TELEOLOGY

Tradition based on Aristotle had been the main life conception until the Scientific Revolution of the 16th century, when there was a mathematization of space and a change in reasoning. Although it happened on the scientific field in general, it has had a more important influence in Physics. In Natural History, however, Aristotle's principles played important roles far longer than in Astronomy and Physics.

Aristotle is a very important reference for the constitution of Natural History as a field of research. His investigation about the living world was based on his experiences and direct observations of natural phenomena, which had more importance than abstract rationalization (Ariza & Martins, 2010). That is probably why it is possible to find some of the Aristotle's ideas among people who never studied Greek philosophy, including children, young students and people in general.

According to Solinas (2015), three Aristotle's pillars were inherited by modern natural history: species fixity, essentialism and teleology. In his words:

It is safe to affirm that in all three disciplines [Botany, Zoology and Human Physiology] the conceptual framework of reference, the guiding principles [were] [...] the three pillars of teleology, essentialism and fixity of species, of Aristotelian devising, [which] continued to remain central to biological research until the late Middle Ages. The same doctrinal innovations were taken as extensions and gradual rectifications of the descriptions and classifications offered by Aristotle

and later, by other classical writers (Galen, Pliny, and so on). (Solinas, 2015, p. 46-47)

His belief on universe's eternity, without a beginning or an end, implied that species were immutable and perfectly adjusted to the environment. Such a static equilibrium and permanence of species were also supported by essentialism, which is the concept that species have an immutable essence (random variations and contingency were generally marginalized). Teleology, on the other hand, can be understood as the science of the final causes. Aristotle, on his text *On the soul* (trans. Hett, 1964), emphasized that provisions in nature were means to an end. Thus, every trait would be useful for a specific purpose and nothing in nature would have been made in vain.

Another important aspect in Aristotle is the so-called human superiority. He believed in an organization of living beings according to an increasing scale of progress and complexity, also called afterwards *Scala Naturae* (the idea that organisms can be organized as a ladder). Even though it did not have an evolutionary connotation, such idea can be seen in Aristotle, who said on *De generatione animalium* that animals can be organized according to a linear increasing of perfection from the most primitive organism to humankind, on the highest place (Ariza & Martins, 2010).

In short words, the life conception that was inherited from Aristotle is characterized by a stable and static world, in which there are inferior and superior organisms, all of them well adapted with a specific pre-established role in nature. As mentioned before, the Scientific Revolution transposed the Aristotelian epistemology, except in the living world. In Natural History, Aristotle had great influence until the middle of the 18th century. It is seen, for instance, on Linnaeus' *oeconomia naturae*. Aristotelian crises began only with the transformational theories, as Lamarck's in the 19th century. Lamarck counterpoised Aristotelian fixism, but his evolutionary mechanism was teleological, and it resulted in an endless process increasing complexity and perfection (Ferreira, 2003).

Only Darwin's evolutionistic revolution represented a gradual epistemological overthrow of Aristotelian matrix in Biology. According to Solinas (2015), all of the three Aristotle's pillars have been opposed by Darwin. Fixity has been opposed by species modification through time.

Essentialism, or the idea that species are imperfect manifestations of an immutable essence, has been overthrown by the recognition of variation, of both occurrences in nature and under domestication. And, teleology has been questioned in a number of instances, since the first edition of *On the origin of species* (1859), especially in light of natural selection.

Aristotle's teleology assumes that everything in nature has a specific purpose. It is the science of final causes and, therefore, there is nothing vain in nature. In this perspective, there is a static balance that guarantees stability of all species. Nevertheless, the universe is not static and immutable. Environment changes and so do populations over time. Species diversify and go extinct. Stochastic events happen, and natural selection is a differential statistic survival of variations already existing, thus it is not finalistic. Despite it, teleology is still discussed.

3 CURRENT DISCUSSION AND MAYR'S SOLUTION

One commonly uses a teleological language when talking about evolutionary process, especially subjects related to adaptations. Teleological terms are used to describe organic functions, physiological processes and individual's behavior, usually characterized by purpose or goal (Mayr, 1998). Thus, phrases such as "the heart evolved to pump blood" are commonly used and we can discuss whether they offer a finalistic meaning or are just an explanatory metaphor. According to Mayr (2004), the problem is that the word "function" refers to two different phenomenal groups: it can be related to an immediate causality or an evolutionary one. In other words, it can refer to some goal-orientated activity or to adaptive systems, in which a metaphysic and teleological meaning cannot be found.

Some biologists, called reductionists, have the intention to eliminate the teleological vocabulary of the field. Even though it is used consciously as metaphors or linguistic strategies, it can cause confusions, especially among non-scientists. The elimination is mainly focused in two kinds of explanations: those referring to present events causing future ones, and those suggesting intentionality-guiding processes and phenomena (Ferreira, 2003). Ferreira also emphasizes that this discussion does not include exactly Aristotle's teleology, neither the medieval theologians, but a transformed teleology in which diverse concepts

have been put together over time. Other authors suggest that teleological explanations are legitimate if they are limited to physiology process and behavior (Carmo, Nunes-Neto & El-Hani, 2012). Although there is no consensus, this possibility indicates the importance of discussing the influence of teleological language. Galli and Meinard (2011) emphasize that it should not be censored if a student uses teleological expressions spontaneously. In fact, debating and explaining should be engaged so these expressions could be object of analysis and then students should be able to confront them with scientific models.

In this context, Mayr (2004) discussed that, actually, the word teleology is being used to describe different kinds of phenomena and, therefore, he has created five categories to think about these phenomena in a broader sense. In these categories, he included both biological and non-biological phenomena, as those referring to natural processes, especially those related to the laws of Physics. For instance, gravity makes objects fall downwards to the center of the Earth, and thermodynamics make hot objects cold until they arrive to the same temperature as the surrounding environment. These examples have a finalistic and pre-determined meaning, but they cannot be applied to Biology. That is why Mayr created new terms to differentiate those patterns. He divided the word teleology in five processes: teleonomic process, teleomatic process, intentional behavior, adaptive features, and cosmic teleology.

Teleomatic processes are those natural processes already mentioned that are guided by physical laws, such as gravity, and they are usually related to the inorganic world. Teleonomic processes, on the other hand, are related to Biology. They are characterized by the presence of a purpose, caused by genetic programming, in cellular development (processes) or animal behavior. Even though there is a genetic program established in the past that guides some processes, there is not intentionality in it. Intentional behaviors are those behaviors oriented by specific purposes, which require planning. They had been thought initially only for humans, but then expanded for other animals (e.g. chimps).

Adaptive features are characteristics that contribute to the organism's fitness. They are often understood as teleological or functional

systems, but from Darwin's theory, all adaptations are evolutionary results, in which variation is very important and allows the differential statistical survival of the fittest that has more offspring. Therefore, adaptation is *a posteriori* result that cannot be established at first. Finally, cosmic teleology is the idea that there is an intrinsic tendency to progress in nature, and that such progress can be transferred to evolution. Darwin understood that evolution is not linear. It is a branched process without a pre-determined direction.

Before Darwin's revolution, the most important conception of life was based on Aristotle's view, already mentioned, and it was characterized by an eternal world with an intrinsic tendency to perfection. This life interpretation was Mayr's cosmic teleology and can be currently understood as a progressive evolution misconception from underdeveloped organisms to more developed ones.

Solinas and Mayr agree with each other about teleology in Darwin's work. At the beginning, Darwin used to believe in final causes and used this idea to build his theory. Then, he put it aside. According to Solinas (2015), teleology was like a scaffold to Darwin's theory. At first, it was a structural thought that helped him to build it, but then he realized that natural selection is not a teleological process, and he further abandoned this idea completely. There is no need to use teleology to explain the natural world.

Even though the natural selection concept is not teleological, there are a lot of misleading interpretations. One of the possible reasons for this is the analogy with artificial selection. Darwin's explanation in his book *On the origin of species* (Darwin, 1859) began with the artificial selection concept, in which farmers and cattle ranchers drive the selection and choose desired features according to their own interests. It was an argumentative strategy to help people visualize the possibility of species changing and common ancestors (Pievani, 2013). It is important to realize that in artificial selection, there is someone behind the process. Although this analogy between artificial selection and natural selection was a very useful strategy, people can easily transfer the idea that there is also someone or something (a supernatural force) behind natural selection as well. With this misleading conception, adaptations could be comprehended as pre-determined with some specific purpose or function.

Mayr concluded that the first four kinds of teleology are material rather than metaphysical, and that cosmic teleology does not exist. According to him, even though there are natural processes with some kind of purpose, there is no need to use supernatural phenomena to explain them, i.e. there is never a retroactive cause.

4 THINKING ABOUT TEACHING EVOLUTION

As we could see in brief, there are many alternative conceptions regarding evolution and many of those misconceptions are related to a teleological thinking. Gregory (2009) analyzed essential concepts and common misconceptions regarding specifically natural selection pointing out that it is poorly understood not only by members of the public in general, but also by people who have had specific instruction and teachers. The tendency to explain adaptations based on purpose could be a result of human psychology, including a functional bias, because “much of the human experience involves overcoming obstacles, achieving goals, and fulfilling needs” (Gregory, 2009, p. 167). Need-based explanations for natural selection, as the classic giraffe’s neck example, are also very common and they are related to the misconception that individuals can change depending on the challenges that environmental pressures put upon them.

In addition, children from late preschool tend to show a promiscuous teleological bias, which seems to strengthen during elementary school (Kelemen, 2012). When trying to elucidate its origins, studies described by Kelemen have discarded parents’ influences, the cultural religiosity factor, and media exposure, thus showing that external social forces have a weak potential to explain the teleological explanations. This suggests a natural cognitive teleological intuition that can even influence older students to elaborate need-based explanations.

Once teleological thinking is widespread and clearly influences the comprehension of evolution, it is important to reflect the role of teleology discussion on conceptual changes. Thinking about teaching evolution does not need to distinguish all Mayr’s teleological categories. Despite the philosophical importance of understanding the current polysemy of the word “teleology”, including a non-biological discus-

sion when teaching evolution, can create further problems. Nonetheless, it could be very useful to introduce and distinguish two of the five categories proposed by Mayr: adaptive features and cosmic teleology.

Regarding the first category related to adaptive features, a very common problem is the way language is used to explain them and to describe organs' functions, maybe because of the cognitive bias already mentioned. Students might comprehend that an organ has evolved for a specific reason, related to the function it currently has. It is necessary to make students understand that the fact that an organ has a function today does not imply that it has always had this function, neither that its functions have been pre-determined. Adaptations are the result of natural selection: the differential survival (or reproduction) of classes of entities that are different from one another in one or more characteristics (Futuyma, 2005). Even though natural selection is a non-random process, mutation (the evolutionary force that creates new variability) is random and cannot have a pre-established purpose or function.

It is common evolution patterns as exaptation, in which the function related to an organ change completely (Pievani, 2005). In other words, a feature might have a function that originally evolved to serve a different use, or it has evolved as another feature byproduct. A famous example is the feather evolution. It is easy to think that feathers are adaptations for flight. Although they evolved earlier, and they were probably related to body temperature regulation. Commonly, the concept of exaptation is not explored in basic education, but it has a great potential to help dismissing teleological thinking. According to Thanukos, there are three reasons that sustain the importance of exaptation to comprehend evolution. First, it replaces the misleading concept of preadaptation, which smacks of anticipation and can make people think that it was inevitable. Secondly, it "emphasizes that many traits of organisms are not perfectly suited to their current function" (Thanukos, 2009, p. 2). Finally, it is necessary to make deeper questions and not to focus only on the current utility of a trait.

Thus, it is important to comprehend evolution as a plural process, in the same way Darwin had understood it, in which some external events might influence (as environmental changes, for instance) and natural selection is only one of the forces that drives the changes in

population over time. Many features seen today are the result of other evolutionary forces, such as genetic drift and migration, or can just be the result of ancestry, not having any function at all.

Therefore, it is important that students properly know the structure of evolutionary thinking. It is important, for instance, that they can distinguish adaptations from other features. Adaptations are features that were favored by natural selection because they had a positive effect in the struggle of life. They are often the focus in evolutionary classes, once natural selection is the main mechanism explained.

Nevertheless, it is also important that they understand that the most interesting evidence to comprehend evolution include imperfections, apparently accidental peculiarities, and not the perfect adaptations, which can be easily explained metaphysically, with supernatural creation or design (Allmon and Ross, 2018). Imperfections come, sometimes, out of inherited structural constraints that guarantee an effective rejection if creationists' favor the argument about an intelligent designer. Useless organs have been the weakest point in Aristotle's theory ("monstrosities") and, at the same time, the strongest to support Darwin's theory. According to Allmon and Ross (2018), remnants of evolutionary history, such as homologous features, especially those vestiges that lack of fit to the organism's way of life (as the famous examples of panda's thumb), are the most compelling evidence of common ancestry and should be also accessible to non-specialists.

Cosmic teleology, on the other hand, has probably been the biggest misunderstanding disseminated in human thought. Gould (1990) has defined the history of life as a history of elimination and mass extinction followed by differentiation inside a few survived groups. It is neither a tale of continuing progress towards improvement, nor a predictive scale of progress. Life branches continuously, and extinction represents a very important pattern is this ramification. That is why the image of the tree of life or phylogenetic tree is so useful to teach evolution. According to Santos & Calor (2008), cladograms decrease misinterpretations about human progress because they are branched diagrams, in which both common ancestry and relatedness across species are represented. It is essentially different from a linear representation. To help students develop tree thinking skills and to properly understand what phylogenies say about the relationship among taxa is very

important in evolutionary education (Meisel, 2010) and it is still a challenge (Gregory, 2008).

Solving such misconceptions is not an easy task and needs a clear comprehension of evolution. Sinatra and collaborators (2008) emphasized that the most important thing when teaching about evolution is to help students revise their own previous knowledge to create a new and more scientific way of seeing the world. Studies also suggested that it is important to make students aware of their way of reasoning and find the differences between their conceptions and the scientific model, lighting the “teleological obstacle so as to turn it into the object of analysis” (Galli & Meinard, 2011, p. 148). For this reason, it is relevant to explicitly discuss teleology in biology classes. It might help to mislead some of the common evolutionary misconceptions. Focusing not only upon the biological aspects of evolution, but also on discussing philosophical aspects and the history of evolutionary thinking, can be an important pedagogical tool and should be better explored.

5 FINAL CONSIDERATIONS

First of all, it is important to emphasize that current teleological discussions are ontologically diverse from Aristotle’s classic teleology. Summarizing, Aristotle’s influence remained across centuries mainly because it was based on what could be directly observed. Teleology is one of Aristotle’s pillars and it comes with an immutable world, in which species do not change. Nowadays, instead, evolution is a fact and there is space neither for fixism, essentialism, nor cosmic teleology.

In Mayr’s ideas, on the other hand, every possible application of the term “teleology” is related to an idea of movement. Therefore, Mayr’s categories are not Aristotelian.

Mayr’s teleological categories appear in philosophical discussions, especially in the biological field. When thinking about teaching biology, though, such division is not practical, as it includes non-biological terms. It does not necessarily help non-scientists, including students, to better understand nature and evolutionary process. Thinking in biology and science teaching, it would be very useful to introduce two of the five categories proposed by him: adaptive features and cosmic teleology. These categories may help students to better understand evolution and dismiss some misleading ideas as adaptations that evolved

“for” a reason or that humans have an evolutionary superiority. Correcting one of these misconceptions might not correct the other, that is the reason why both strategies presented previously, about exaptation/remnants features and tree thinking should be actively discussed.

It does not mean, however, that teleological language should be completely withdrawn from biology lessons. It is inadequate to use teleology to explain evolution, but it is legitimate to use teleological explanations regarding behavior and physiological processes. In other words, “function is something that we appeal to explain a capacity of a continental system, not to explain why some item exists in such system” (Carmo, Nunes-Neto & El-Hani, 2012, p. 32).

Thinking that the “perfect” adaptations we see in many organisms are not pre-determined is not something intuitive; similarly, thinking that humans are not inevitable is not comfortable. However, it is very important to comprehend evolution in a non-teleological way, regarding to adaptations and the non-linearity of the process. This comprehension would make us have a different and healthier relationship with the environment and other living beings.

Not only the origin of the human way of thinking would be important but also the dissemination of scientific thinking, thus the philosophy of science and specifically the philosophy of evolution are very important areas when teaching this subject. When teaching evolution, it is possible to decrease the teleology presence without using all Mayr’s categories (epistemological discussion), once they are complex and include non-biological conceptions. Making students aware of such contradictions and actively understand the reasons why evolution is not progressive, neither finalistic, could be a way to improve students’ understanding and acceptance of evolution.

ACKNOWLEDGEMENTS

The discussion that resulted in this paper started in a summer course in 2016, at the University of Sao Paulo (USP) coordinated by Prof. Dr. Nelio Bizzo, with the participation of Prof. Dr. Marco Solinas, who also has contributed enormously for its construction. The first author also thanks CAPES for the master’s fellowship.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- ALLMON, Warren; ROSS, Robert. Evolutionary remnants as widely accessible evidence for evolution: the structure of the argument for application to evolution education. *Evolution: Education and Outreach*, **11** (1): 1-12, 2018.
- ARISTOTLE. *On the soul*. Translated by Walter Stanley Hett. London: Harvard University Press, 1964.
- ARIZA, Fabiana Vieira; MARTINS, Lilian Al-Chuyer Pereira. A *scala naturae* de Aristóteles no tratado *De Generatione Animalium*. *Filosofia e História da Biologia*, **5** (1): 21-34, 2010.
- BIZZO, Nelio. From Down House to Brazilian high school students? What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, **30**: 537-556, 1994.
- CARMO, Ricardo Santos do; NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI, Charbel Niño. É legítimo explicar em termos teleológicos na biologia? *Revista da Biologia*, **9** (2): 28-34, 2012.
- CRIVELLARO, Federica; SPERDUTI, Alessandra. Accepting and understanding evolution in Italy: a case study from a selected public attending a Darwin Day celebration. *Evolution: Education and Outreach*, **7** (1): 13-20, 2014.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favored races in the struggle for life*. London: John Murray, 1859.
- DOBZHANSKY, Theodosius. Nothing in biology makes sense except in the light of Evolution. *The American Biology Teacher*, **35**: 125-129, 1973.
- FERREIRA, Marcelo Alves. A teleologia na biologia contemporânea. *Scientiae Studia*, **1** (2): 183-193, 2003.
- FUTUYMA, Douglas Joel. *Evolução, ciência e sociedade*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.
- . *Evolution*. Sunderland: Sinauer, 2005.
- GALLI, Leonardo Martín González; MEINARD, Elsa N. *Evolution: Education and Outreach*, **4**: 145-152, 2011.
- GREGORY, T. Ryan. Understand Evolutionary Trees. *Evolution: Education and Outreach*, **1**: 121-137, 2008.

- . Understanding Natural Selection: Essential Concepts and Common Misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, **2**: 156-175, 2009.
- GOULD, Stephen Jay. *La vita meravigliosa: I fossili di Burgess e la natura della storia*. Milano: La Feltrinelli, 1990.
- KELEMEN, Deborah. Teleological minds: How natural intuitions about agency and purpose influence learning about evolution. Pp. 66-92, in: ROSENGREN, Karl S; BREM, Sarah K; EVANS, E. Margaret; SINATRA, Gale M. *Evolution challenges: Integrating Research and Practice in Teaching and Learning about Evolution*. New York: Oxford University Press, 2012.
- MAYR, Ernst. The multiple meanings of teleological. *History and Philosophy of the Life Science*, **20**: 35-40, 1998.
- . *Biologia, ciência única: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- MEISEL, Richard. P. Teaching Tree-Thinking to Undergraduate Biology Students. *Evolution: Education and Outreach*, **3**: 621-628, 2010.
- PIEVANI, Telmo. *Introduzione alla filosofia della biologia*. Lecce: Editori Laterza, 2005.
- . *Anatomia di una rivoluzione: La logica della scoperta scientifica di Darwin*. Sesto San Giovanni: Mimesis, 2013.
- RUSE, Michael. *Monad to Man: The concept of Progress in Evolutionary Biology*. Cambridge: Harvard University Press, 1996.
- SANTOS, Charles; CALOR, Adolfo. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética - I. *Ciência & Ensino*, **1**: 1-8, 2007 (a).
- . Ensino de biologia: Utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – II. *Ciência & Ensino*, **2** (1): 1-8, 2007 (b).
- . Using the logical basis of phylogenetics as the framework for teaching biology. *Papéis Avulsos de Zoologia*, **48** (18): 199-211, 2008.
- SMITH, Mike U. Current Status of Research in Teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical issues. *Science & Education*, **9**: 539-571, 2010.
- SINATRA, Gale M.; BREM, Sarah K.; EVANS, E. Margaret. Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach*, **1**: 189-195, 2008.

SOLINAS, Marco. *From Aristotle's teleology to Darwin's genealogy: The stamp of inutility*. New York: Palgrave Macmillian, 2015.

THANUKOS, Anastasia. How the adaptation got its starts. *Evolution: Education and Outreach*, **2**: 612-616, 2009.

Date of submission: 05/25/2018

Approved for publication: 10/09/2018

The Brothers of the Christian Schools and the Botanical research at the beginning of the 20th century: some examples of their works

Olivier Perru *

Abstract: Jean-Baptiste Caumeil, known as Brother Héribaude-Joseph (1841-1917), was a French Brother of the Christian Schools. He was the author of various works in Botany, including the *Flora of Auvergne* and the *Muscinea of Auvergne*, and made new discoveries in paleobotany, particularly concerning the fossil data on diatom taxa. In the years 1880-1900, several Brothers of the Christian Schools were botanists and they collaborated with Brother Héribaude-Joseph. In this communication, we shall synthesize the works of some of these Brothers, who were in relationship with Brother Héribaude-Joseph and who had to leave France for America during the abolition of congregations and religious educational institutions in France in 1904-1905. We shall particularly consider Brother Arsène Brouard's papers (known as Brother Gerfroy-Arsène, 1867-1938), by which he introduced a systematic study of the Mexican Flora. We shall also glance at Jean-Sylvestre Sauget's research (known as Brother Quadrat-Léon, 1871-1955), who explored the botanical resources in Cuba. In this paper, we try to understand the meaning of their research.

Keywords: Brothers of the Christian Schools; Brouard, Arsène; Sauget, Jean-Sylvestre; Mexican flora; Cuban Flora

Os Irmãos das Escolas Cristãs e a pesquisa em botânica no começo do século XX: exemplos de alguns trabalhos

Resumo: Jean-Baptiste Caumeil, conhecido como Irmão Héribaude-Joseph (1841-1917), era um francês pertencente à congregação dos Irmãos das Escolas Cristãs. Ele foi autor de vários trabalhos em Botânica, incluindo *La Flore*

* Sciences et Société, Historicité, Education, Pratiques, EA n° 4148, S2HEP, Université de Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, 38 Boulevard Niels Bohr, F-69622 Villeurbanne, France. E-mail: olivier.perru@univ-lyon1.fr

d'Auvergne e *Les Muscinees d'Auvergne*, e fez descobertas novas em paleobotânica, relacionados a fósseis de diatomáceas. Nos anos 1880-1900, diversos Irmãos das Escolas Cristãs eram botânicos e colaboraram com o Irmão Héribaud-Joseph. Nesta comunicação, nós sintetizaremos os trabalhos de alguns desses Irmãos relacionados com o Irmão Héribaud-Joseph e que foram forçados a deixar a França para as Américas durante a abolição das congregações e centros escolares religiosos na França em 1904-1905. Nós consideraremos particularmente os artigos e os arquivos do Irmão Arsène Brouard (conhecido como Irmão Gerfroy-Arsène, 1867-1938) nos quais ele realizou um estudo sistemático da Flora mexicana. Nós também trataremos da pesquisa de Jean-Sylvestre Sauget (conhecido como Irmão Quadrat-Léon, 1871-1955) que explorou os recursos botânicos em Cuba. Neste artigo, nós procuraremos discutir o significado dessas pesquisas.

Palavras-chave: Irmãos das Escolas Cristãs; Brouard, Arsène; Sauget, Jean-Sylvestre; flora mexicana; flora cubana

1 INTRODUCTION

Jean-Baptiste Caumeil was born on April 4, 1841, in Pradeyrols, the village of Boisset, in the department of Cantal, France. At the age of 17 and a half, Jean-Baptiste entered the Clermont's novitiate of the Brothers of the Christian Schools, on September 26, 1858. The Brothers are a teachers' congregation founded by Jean-Baptiste de La Salle, in 1680, in Reims. The congregation was reconstituted in France after the French revolution (1802) and grew a lot during the 19th century. At the beginning of the 20th century (1903), the Brothers were 15.457 over the world; among them, 10.651 lived in France. In France and other European countries, they essentially worked in primary and secondary schools; but in North, Central, and South America, they created colleges and universities. They were soon expelled from France, with the secularization laws, after 1904.

After his novitiate, when he was called Brother Héribaud-Joseph, Jean-Baptiste Caumeil was a primary school teacher in Saint-Saturnin (Puy de Dôme), and in 1863, he joined the Boarding school of Clermont-Ferrand where he will stay until 1904. He taught in diverse classes until 1876, then, victimized by increasing deafness, he dedicated himself especially to his researches and botanical publications (from 1876 until 1915), what partially explains the fact that he published and acquired a certain recognition only from 1876. Brother Héribaud, who

spent 40 years at Clermont's Boarding school, and 13 years at the house of the Brothers in Montferrand, had a life more punctuated by his works and publications than by the events of the outside world. The publications of Brother Héribaud-Joseph began in 1876 with a comparative picture of the Flora of Puy-de-Dôme and Cantal (Héribaud 1876, pp. 477-486). He published the second significant scientific article in 1880, entitled "Notes on some mints observed in the department of Cantal" (Héribaud, 1880, pp. 166-172). From his observations, Brother Héribaud studied a problem of the end of the 19th century: does the multiplicity of the vegetable forms always correspond to a multiplicity of species or do we meet hybrids, varieties, even plants expressing ancestral or recessive characters? Jean-Eugène Malvezin¹ quoted several articles and books already published in 1879, among which an elementary treatise of the forage plants of Auvergne (Héribaud, 1878), a note on a new species of fern of the kind *Asplenium* (Héribaud, 1880)², an elementary treatise of harmful plants of Auvergne (Malvezin, 1879). These papers are rather short texts (often 7-8 pages), but they are signs of the production and science of their authors. Malvezin's paper gives evidence of the regional recognition of Brother Héribaud-Joseph's works at the end of the 1870s.

In 1883, appeared the first edition of the *Flore d'Auvergne* (Frère Héribaud et Frère Gustave, 1883), a work drafted in association with Brother Gustave.

Among all the books that he produced, this book is maybe the one that contributed most to make known Brother Héribaud; this book attracted many followers towards the study of the regional flora [...]. (Marty, 1917-1918, p. 64)³

¹ This local botanist remains almost unknown. He was an employee, attached to the Orléans Railways Company; he dwelt at Aurillac.

² This species is *Asplenium adiantum-nigrum*, var. *lamotteanum* (Héribaud) Rouy. In fact, Héribaud (1880) described a new species called *Asplenium lamotteanum*. In 1913, this species was circumscribed as a variety of *Asplenium adiantum-nigrum*, by Rouy (1913). Consequently, *lamotteanum* is a variety of *Asplenium adiantum-nigrum*.

³ Pierre Marty (1868-1940) was a geologist and a botanist, a pioneer of paleobotany; having undoubtedly worked with Héribaud, he discovered deposits of fossil diatoms. In the castle of Caillac, in Vézac (Cantal), he constituted a herbarium and a naturalistic

After the *Flore d'Auvergne*, appeared the study on the parasitic plants of the flora of Auvergne (Héribaud 1889) and the *Elements of Botany*: this textbook aimed at the students of the classes preparing for the scientific high school diploma and some other students (Héribaud 1890). The contemporaries did not linger there, seeing in this text a simple textbook very different from “scientific” works. In 1891, he published a descriptive analysis of *Rubus* of the central plateau of France (Héribaud 1891). This is a more personal work referring to the works of Father Boulay⁴. From 1893, Brother Héribaud-Joseph devoted to the research and publications on diatoms and published *Diatomées d'Auvergne* (species of alive and fossil diatoms). The French Academy of Science crowned this work (Héribaud 1893), which grouped some studies on diatoms from mineral waters of Auvergne and added his discoveries, with the intention of making it a scientifically subject.

In 1899, appeared another book by Brother Héribaud, *Les Muscinées d'Auvergne* (Héribaud 1899). As usual and in his way, Héribaud provided a history of his subject before completing the description and the classification of the mosses. Héribaud himself recognized having made his first “bryological researches” from 1882, but he told having interrupted them in 1891, until 1893, because of his interest for diatoms. Héribaud shows how, as with the diatoms, working with mosses was teamwork, done together with the Brothers of the Christian Schools, on the one hand, and scientists, university professors, academics and informed amateurs, on the other hand. What interests us in this introduction is to identify the Brothers collaborators of Brother Héribaud or trained by Héribaud:

- The most known is Brother Gustave. Mathematician and botanist, Barthélémy Serindat, in religion Brother Gustave (1833-

library. He is the author of 110 publications, books and articles in regional but also national scientific journals.

⁴ Father Nicolas-Jean Boulay (1837-1905) was appointed as ordinary professor of botany at the catholic University of Lille in 1875. He became the dean of the Faculty of Science. He worked on the geographical distribution of mosses and on the relationship between mosses and the physico-chemical parameters of the environment. He worked also in paleobotany.

1898), was born in Ambert on December 14, 1833 and he entered the Institute of the Brothers of the Christian Schools, on September 2, 1851. He collaborated with Brother Héribaud for the writing of the *Flora of Auvergne* and doubtless, *Elements of Botany*. He is the author of *Clef analytique de la Flore d'Auvergne* (Serindat 1873).

- In the Supplement of the second edition of the *Flora of Auvergne* (1894), Brother Héribaud quoted several brothers who collaborated in this work of which Brother Hermylus and Brother Gasilide de Jésus. Brother Hermylus (Pierre Jally, 1842-1917) and Brother Gasilide de Jésus (François Bou-bounel, 1856-1925) are objects of several quotations in journals of botany. Héribaud quoted them in *Supplément à la Flore d'Auvergne* (1894) and some papers (1895, 1901) for their discoveries (cf. Héribaud 1901 and Frères des Écoles Chrétiennes 1917, 1925). Their entire career took place in the Massif Central.
- *Musciniées d'Auvergne* (1899) quoted Brother Gerfroy-Arsène (Arsène Brouard, 1867-1938) and Brother Gasilien. Arsène Brouard began then the botanist's career that he had to lead later in Mexico and the United States. He interests us as a direct follower of Brother Héribaud, trained by him in Clermont-Ferrand. From 1899 to 1905, he taught mathematics and natural history at St Eugène, in Aurillac and was one of the best teachers of this well-known scientific school. In 1906, he was appointed for Puebla (Mexico). Brother Gasilien (Géraud Parrique, 1851-1907) was a lichenologist and a bryologist. He wrote the *Contribution à la flore des lichens du plateau central* (Durand, 1898). After 1904-1905, he remained in France as a civil professor at the Catholic school of Rocheпаule (Ardèche). Brother Adelme-Nicolas (Adrien Destruel, 1861-1926) was another student of Brother Héribaud. In the year 1906, he left France for Mexico. For eight years, he worked with

Brother Arsène on the inventory of the Mexican Flora. He returned to France in 1914, chased away by the Mexican revolution.

Brother Héribaud died on December 22nd, 1917. Letters of condolence contain scholars' messages, between which Charles Flahault and Marcellin Boule. The life of Brother Héribaud was the life of a modest scholar, very specialized in botany, but practicing what we now understand as multidisciplinary (paleobotany). He was a rare example of a learned member of a religious order that maintained good relations with the scientific world often hostile to the Catholics, after 1880. His integration into the institutional science (his relationship with the scientific societies, the University of Clermont, the Academy of Science and the Museum, for example) offered him professionalism, even if under reduced research conditions. However, he remained eclectic in his choices of researches (mosses, diatoms) and little specialized. His work extends over about forty years; diatoms occupied him during twenty of the last twenty-five years of his life, during which he also published additives to the *Flora of Auvergne*, and finally the second edition of this *Flora*. The general respect, which enjoyed Brother Héribaud in the scientific world, allowed reducing the oppositions or the anti-clerical distrust to the scientist's Brothers. He daily lived a unity of commitment as a researcher and a member of a religious order at a time when it seemed incompatible. It is clear that he influenced many Brothers in the late 19th and early 20th centuries. Brother Héribaud and some Brothers who were scientists and worked all over the world, especially in America, exchanged many plants and microscope slides. For example, in the Saint Michael's College biology laboratory (Santa Fe, New Mexico), Brother Arsène left a box of diatom microscope slides made by Brother Héribaud (Johnson 2018).

On July 7th, 1904, the French national Assembly eliminated from France, as an unauthorized congregation, the Institute and the schools of the Brothers of the Christian Schools. The reporter of the law, Ferdinand Buisson, asserted that the same man could not be religious (separated from the world) and teacher (preparing the young people to live in the world) at the same time. The application decrees of July 12th, 13th and 15th decide on the immediate closure of 801 of 1.359 schools

of the Brothers. The French Brothers, who numbered about 10,500 people, had to emigrate or to be deconsecrated on site.

The Brothers in charge of French districts did not manage to adopt a common viewpoint. Some of them urged the active Brothers to emigrate – this was the attitude of Brother Gabriel-Marie – to strengthen the existing communities of Turkey, Egypt, Canada, India, Australia and to create new schools in Spain, Sicily, Italy, England, and the USA. They also received requests to introduce the Institute in Mexico and in South America (So, they sent in Mexico the botanist Brothers Arsène Brouard and Léon Sauget). Several Boarding schools (the Brothers and most of their pupils), Novitiates and Studies Houses were transferred beyond the border into Belgium, Italy, Spain, the Channel Islands, and England. More than a third of the Brothers emigrated.

2 BROTHER ARSÈNE BROUARD (1867-1938)

Arsène Brouard (1867-1938) was born in Saint Jean de Braye (Orléans). He was the son of an employee of the Railways Company Paris-Orléans. Then he became a bank employee in Limoges and, in 1884, appointed as a secretary of the banker and lichenologist Edouard Lamy de la Chapelle⁵, a friend and collaborator of Brother Héribaude-Joseph.

Amazed at the remarkable capacities of his pupil for the pleasant science of botany, this renowned master conceived the intention to make him study at his expenses when his death, in 1886, changed the orientation of the young man, without interrupting, however, his collections of plants. The Botanical Society of Limousin soon welcomed him and later appointed him honorary president. (*Frères des Écoles Chrétiennes* 1938, pp. 530-531)

He entered the novitiate of Paris in 1895, with 28 years old. At the start of the academic year 1899, he was a member of the community

⁵ Pierre Marie Edouard Lamy de la Chapelle (1804-1886) was a botanist and a member of the Botanical Society of France. He was the author of several works, in particular on lichens: *Catalogue des lichens du Mont-Dore et de la Haute-Vienne* (botanical Society of France, Paris, 1880); *Exposition systématique des lichens de Caunterets* (Botanical Society of France, Paris, 1884). He was also a banker, what was doubtless his main profession, allowing probably him to finance the time spent in his researches. He lived his whole life in Limoges.

of the Boarding school Saint-Eugène d'Aurillac where he taught mathematics and experimental sciences for six years.

In his leisure activities and days of walk, he constituted a voluminous herbarium of the regional flora. In 1905, as he did of his young man's first herbarium, he bequeathed it to the learned Brother Héribaud-Joseph, who was the President of the International Academy of botanical geography. (*Frères des Écoles Chrétiennes*, 1938, pp. 534-535).

Arsène Brouard left France in June 1906, about two years after the law of July 7, 1904 that had forbidden the religious congregations to teach. He learned Spanish in Clermont-Ferrand, and his superiors chose him to go to Mexico, to teach at Puebla. In Puebla, together with Nicolas, Arsène began his teaching and botanical activity, as described in the Lasallian archive in Lyon:

While dedicating most of his time to the preparation of the physics classes of which he was in charge, he was deeply interested in botany. Associated with Brother Adélme-Nicolas, he explored little by little mountains and valleys. Periodically, he sent some collections to Brother Héribaud-Joseph or diverse Faculties for their definitive classification. Appointed at Morelia School, in January 1909, our dear colleague gave there the same lessons, and he intensified his collections of plants in this region, even richer than that of Puebla. He knew how to interest the group of enthusiastic collectors among the members of the community. Flora and fauna of Mexico had been until then little studied; they supplied him a vast working field: insects, butterflies, reptiles, cryptogams and fossils, mineral, everything became the object of his investigations and his researches. He was however obliged to give up the entomological studies that attracted him to limit himself to botany. He classified thousands of plants, of which a high number of not yet determined species and sent them to the Faculty of Montpellier, to the Natural History Museum of Paris or the Institute Smithsonian of Washington. M. Thériot⁶ was a renowned bryologist, which described an important part of mosses collected by our colleague in Mexico. He wrote this authorized sentence: Brother Gerfroy-Arsène highly possessed the essential qualities of a good collector: sufficient knowledge of all the plant families to neglect none, a sure look, the order, the method, as well as a strong resistance to tiredness. He gave

⁶ This bryologist was Irénée Thériot (1859-1947), with whom collaborated Héribaud-Joseph.

himself entirely to the science; not content with working for it, he liked sharing his love of the botany with those who surrounded him. Among the new species, which I described, several were dedicated to this dear friend. They will so immortalize brother Arsène's name in the moss' science. (*Frères des Écoles Chrétiennes*, 1938, pp. 536-537)

These sentences explain that Arsène was essentially a collector and an erudite botanist, a classifier (with order and method). We might think that he was not a specialized scientist, as we understand today. However, we would make an anachronism if we analyze Arsène's science in the light of today's specialization. He was a man of his time.

Speaking about the intention of the scientists in England during the end of the 19th century "to organize a more professionally oriented scientific community and to define science in a more critical fashion", Frank M. Turner wrote, "The clerical scientists stood accused of dual loyalties that were incompatible with pursuit of thoroughly naturalistic science" (Turner, 1978, p. 365). In the years 1880-1920, in France or England, scientists as Arsène Brouard seem to be outsiders.

In the professional scientific community, there would be little or no room for the person of two callings. Science and the scientist must serve the profession or community at large but not some particular religious doctrine, sect, or church to which scientific activity was subordinate. (Turner, 1978, p. 365)

The obituary notice of Brother Arsène Brouard presents his naturalist work in Mexico as a common work with another brother, Brother Adelme-Nicolas, another unknown botanist.

Brother Adelme-Nicolas (Adrien Destruel, 1861-1926), born in Sainte-Colombe in the department of the Lot, became a teaching brother in 1876 but he had to leave France for Mexico in 1906. During eight years, he performed with other colleagues a work of inventory of the Mexican flora. We read in his obituary note:

During his departure from France, Brother Adelme-Nicolas had promised to Brother Héribaud-Joseph, the former director of the International Academy of Botanical geography, to send him a large number of plants of Mexico. [...] As well, to please the famous botanist, he took advantage of the holidays to be engaged in frequent excursions, from which he came back loaded with a big package of rare plants, sometimes collected on high mounts, sometimes at the bottom

Barrancas. Nothing stopped him. Only God knows the effort that he made to prepare the sending intended for Brother Héribaude-Joseph. [...] To explain the number of plants he collected together with a colleague [Brother Gerfroy-Arsène], corresponding with the Museum of Paris, would be a difficult thing. His dedicated his rare spare time to the classification of his herbaria, which deserved the praises of several famous scholars. Some eminent botanists of France and the United States even gave his name to plants ignored up to there, because he was the first one to collect them and to classify them by families. (Frères des Écoles Chrésiennes, 1926, pp. 175-176)

Brother Adelme-Nicolas returned to France in 1914 (after the Revolution of July 1914, in Mexico). He died in 1926 in Athis-Mons, near Paris.

As an example of botanical discoveries of Brother Arsène and Brother Nicolas, the *Panicum* characteristic species of Central America, for example, *Panicum paludivagum* Hitchc & Chase and *Panicum stramineum* Hitchc & Chase. *Panicum paludivagum* is distributed in freshwater lakes and rivers, with the base submerged, in Florida, Texas, Mexico, Central America. Arsène recognized this plant in Morelia, in 1909 (Hitchcock and Chase, 1915, p. 466). *Panicum stramineum* is a species with glabrous (sometimes ciliate) blades. We found it in damp soils, in Arizona and Mexico; Arsène also found it in Morelia (Hitchcock and Chase, 1915, p. 478). Brother Arsène Brouard seems to have an encyclopedic viewpoint on Botany, as pointed out by John Fleck:

Arsène was very much a product of the Victorian era in which he first practiced the science of botany, a time when naturalists wandered far and wide collecting specimens. Arsène collected all sorts of plants, but he made a specialty of mosses and, especially, the modest, crusty little fungal growths frequently found on rocks known as lichens (Fleck, 2010)

Therefore, his method involved a collection of all plants discovered in an area, to achieve a taxonomic work (on the Flora of Mexico and New Mexico, for example) and to produce a catalog of the plants living in this area. Brother Arsène was an erudite and encyclopedic botanist, whose project was to collect and identify all lichens and mosses that he found. The same remark applies to Brother Léon. Here, a particularity

of the students and successors of Brother Héribaud. They did not integrate the 19th Century transformation of natural history into biology.

Whereas natural history had traditionally been dominated by the clergy, the new scientific disciplines of biology and geology gradually achieved independence from clerical influence while at the same time legitimizing a new set of non-ecclesiastical authorities. (Harrison, 2006, p. 87)

Are Brother Arsène and Léon any last representatives of this tradition? It should be not entirely true to say that. They not only practiced natural history for their teaching, but they also studied the characteristics and resources of an unknown environment. Their work to publish local floras and faunas was a valued scientific work.

In the Scientific Journal of Limousin (*La Revue Scientifique du Limousin*), in 1928-29, Charles Le Gendre briefly summarized the botanical works achieved by Arsène Brouard in Mexico between 1906 and 1914.

Everything is attractive in this country for a naturalist, even mushrooms, mosses, lichens and up to diatoms. Brouard immediately intended not to limit his researches; he made numerous excursions, either alone, or with his students. [...] Brother Arsène did not seem intimidated by the dangers to which he exposed himself. He explored the surroundings of Mexico City and Puebla, the States of Morelia and Michoacán, other nearby regions. Therefore, he obtained magnificent results. I don't have enough documents to follow our fellow in his excursions, but it is at least possible for me to summarize the importance of his consignments below, both in America and in France. Brouard shipped some mosses and liverworts to France in several sections. Two sections, studied by M. Thériot, have been published. Brouard shipped another section to M. Cardot, in Charleville, but the Germans stole it. Hepaticae are still being determined. Some lichens were published in Mexico City (1914); others formed a supplement in Covington (United States); others, were studied by M. Bouly de Lesdain. Phanerogams constitute a catalog of 200 pages, of which there are three copies. The first one is in the Smithsonian, which received more than 12.000 samples. The second is in the hands of M. Daveau, manager of the Institute of Botany of Montpellier, with a con-

siderable number of plants. The author kept the third copy. M. Hitchcock and Miss Chase, in Washington, reviewed grasses⁷. [...] It would have been helpful if Brouard had spent a month at the Smithsonian, but it was a long journey and great expense. The edition of the catalog would also be very desirable. Then, with the small book on the fossil leaves collected in Morelia, the result of Brouard's research in Mexico would be known, except concerning Diatoms sent to Brother Héribaud, and several hundred lower mushrooms, sent to Father Vonaux. (Le Gendre, 1928-1929, pp. 75-76)

The botanical collections made by Brother Arsène Brouard were an inexhaustible source of information in the discovery of the Mexican flora. In New Mexico, Brother Arsène collected with Brother Benedict and added specimens to his collection that Brother Anect originally gathered. They had prestigious addresses: the bryologists Thériot and Bouly de Lesdain⁸, National Herbarium of Smithsonian Institution, in Washington; Daveau, manager of the Institute of Botany of Montpellier. However, is that all? What did happen concerning other Brouard's collections? David W. Johnson and Margaret R. Johnson wrote:

Brother Arsène spent eight years in Puebla, Morelia, Mexico City, and Queretaro. There, he, confreres, and students collected plants extensively. They often walked 20-30 miles in a day and ultimately assembled a collection of 12,000 lichens, mosses, ferns, and flowering plants. In 1912, Arsène presented an exhibit on regional natural history at a scientific meeting. The scientists were impressed with Arsène's collections and awarded him the sole gold medal of the Congress. Arsène shipped specimens to experts for identification, inclusion in research herbaria, and sales to collectors. Prince Roland Bonaparte eagerly purchased Arsène's herbarium sheets. Nearly 8,000 are at the Smithsonian, 15,000 at the National Museum in Paris, and 1000s more now reside in 26 herbaria in a dozen countries. In all, Arsène collected nearly

⁷ Albert Spear Hitchcock (1865-1935) was an American botanist; in 1912, he became Custodian of Grasses, Division of Plants, United States National Museum. He worked with his associate, Mary Agnes Chase (1869-1963).

⁸ Maurice Bouly de Lesdain (1869-1965) was a French botanist. He was the vice-president of the *Société botanique de France*. He was a lichenologist and completed some systematic studies on lichens; he determined particular species of lichens, especially those from Central America. He worked on some species of lichens provided by Brother Arsène. See for example (Bouly de Lesdain, 1921), in which he gave the name of Brother Arsène to two new species, *Endopyrenium brouardi* and *Tomasellia brouardi*.

200 new species. Standley wrote: 'Brother Arsène's contributions to botanical knowledge of Mexico are monumental. They will endure as long as the science itself remains'. (Johnson and Johnson)

Concerning some specimens kept at Santa-Fe College and in New Mexico, these authors wrote:

The collection at The College of Santa Fe comprises approximately 1,800 specimens of seed plants collected by Arsène and Brothers including 67 families and 319 genera. Although Arsène discovered only one new species of vascular plant in New Mexico (*Muhlenbergia arsenei* Hitchc), a half-dozen specimens were new to the State. They recorded no new species among the 128 species of mosses or 26 species of liverworts. Arsène extensively collected lichens, including more than 60 new species in New Mexico. Some of these lichens are at the Smithsonian; the Lichen Herbarium at Arizona State University houses nearly 500 specimens. (Johnson and Johnson)

Arsène sent his herbarium sheets to Europa where they often were disseminated or sold. Charles Le Gendre considered that Brother Héribaud plaid a central role in this dissemination.

Brouard's collections have been centralized in Clermont-Ferrand; they have been centralized and distributed thanks to Brother Héribaud. These collections included several samples of the same plants with polygraphed indications. Some was sent to the botanical garden of Montpellier, others sold to Prince Bonaparte. (Le Gendre, 1928-1929, p. 82)

About Brouard's collections, Johnson summarizes his discoveries:

We "discovered" boxes in a storage area with 2000 plant and lichen specimens collected by Brother Arsène. The specimens were mounted and labeled and apparently had not been examined since Brother Arsène's death in 1938 in Santa Fe. With permission of the Christian Brothers in Santa Fe, I worked with botanists at the University of New Mexico and Arizona State University to curate the specimens. The vascular plants and some lichens are deposited in the herbarium at the University of New Mexico⁹. The lichens are deposited at Arizona State

⁹ There in information about the Brother Arsène collection, as well as a list of his works, at the bottom of the website page of the Museum of Southwestern Biology of the University of New Mexico: <<https://msb.unm.edu/past-news.html>>, access in

University Lichen Herbarium¹⁰. Most of the plant and lichens were collected in New Mexico. (Johnson, 2018)

In the year 1913, Brother Arsène was a teacher in San Borja agricultural school, in the surroundings of Mexico City. In July 1914, the revolution obliged him to leave Mexico. Soon associated with the Lasallian district of Baltimore, he taught Biology, French, Spanish, and Design. In July 1919, he was appointed to Covington St Paul College, in Louisiana; then, during the 1926 holidays, he was in the Las Vegas Scholasticate. He probably arrived at Santa-Fe College in September 1933; he was still in charge of young teachers' training in science.

As he was obliged to give up his botanical excursions, he devoted himself to the classification of his plants to prepare better use. Experience taught him that natural history and botanical collections often disappear with their author. So, he fearless affirmed: "A sure way to work for practical usefulness in the botanical collections is to give them a refuge place in some great institutions, where they will present a scientific interest." His free distributions were worth to him some testimonies estimated by several scientific leading heads. Mr. Paul Standley¹¹, the botanical guardian at the Chicago Museum, wrote: "the enthusiasm of Brother Arsène was not discouraged by the abrupt interruption of his work in Mexico. In the United States" herbaria reached thousands of specimens, which he collected in Ammendale and Covington, as well as in the neighborhood of Santa Fe and Las Vegas; these collections were an incalculable help to increase the knowledge of the flora of these regions. I doubt that a single person in the Western hemisphere was able to collect in his life such a quantity of botanical materials, prepared with so much care and consequently of permanent value. The Natural History Museum of Paris benefited widely from his collections. His letters speak about 117 packages sent, accompanied

November 20, 2018. The *Albuquerque Journal* published a report on the transfer of the collection to the University of New Mexico in May 30, 2010: <<https://www.abqjournal.com/news/metro/30233824metro05-30-10.htm>>, access in November 20, 2018.

¹⁰ In 2002, the College of Santa Fe in New Mexico donated the lichen collections of Brother Arsène Brouard, including a number of lichen types that were thought to have been destroyed in World War II, to the Arizona State University Lichen Herbarium (<<https://biokic.asu.edu/lichen-herbarium>>).

¹¹ Paul Carpenter Standley (1884-1963) was an American botanist. He remained at New Mexico State College as an Assistant from 1908-1909. He was an Assistant Curator at the United States National Museum from 1909 to 1922.

with the handwritten catalog of 400 pages of tight writing. In 1930, our colleague appeared among seven corresponding members elected by the management of the Museum. The same title was awarded to him, next year, by the Academy of Science of Mexico City. (Frères des Écoles Chrétiennes, 1938, pp. 540-541)

About the numerous works of Brother Arsène, there are two academic theses, by Brother Bernard Adrian Reed and by Velarde (Reed, 1940; Velarde, 1981).

3 BROTHER QUADRAT-LÉON (1871-1955)

Joseph-Sylvestre Sauget (1871-1955) was born in Mesnay-lès-Arbois (Jura) on December 31st, 1871. He entered the novitiate of Besançon in 1887, and he received Brother Quadrat-Léon's name. At the school of the Brothers in Arbois, at the age of 13, he learned to compose a herbarium. In 1900, to favor his studies, the superiors sent him to the Boarding school of Dijon. There,

He gave some lessons to the pupils of the Agriculture course, being so a prelude to the lessons of zoology and botany which had to occupy a great part of his teaching career. (Frères des Écoles Chrétiennes, 1955, p. 283).

During the eviction of the members of his religious order and the secularization of schools, in July 1904, he left to Canada. Here, he was at the primary school of Hull, near Ottawa.

During the free days, he liked traveling the country, collecting insects and plants. He met Brother Marie-Victorin who began his scientific career too, and it was the beginning of a sustainable friendship. (Frères des Écoles Chrétiennes, 1955, p. 283).

Volunteer for a foundation in the Antilles, he studied Spanish in Longueuil (French-speaking Canada) and then he left for Cuba. The obituary note rather faithfully reports the scientific career of Brother Léon, from his beginnings in Cuba:

His first contact with the scientific world of Cuba took place at the experimental Agricultural station of Santiago of Vegas, a few kilometres away from Havana, where Mr. Barker welcomed him very kindly. "I shall help you, said the learned botanist; I shall lend you books and

material to collect and dry plants; you can rely on me for the identification of the rarer samples.” And here is launched our future scholar [...]. Mr. Baker put him in a relationship with Dr. Britton, director of the Botanical Garden of New York, himself first-rate botanist and very interested in the Flora of the Antilles. On the other hand, Brother Léon sent ferns to Dr. Maxon, and Grasses to Dr. Hitchcock, Smithsonian Institution of Washington. So began some relations which will last all his life; the confidence of these specialists in the scientific righteousness of our colleague will never contradict itself. (Frères des Écoles chrétiennes, 1955, pp. 285-286)

From 1906 until 1910, Brother Léon organized the systematic botanical and zoological exploration of Cuba. During his entire life and until he died in 1955, Brother Léon visited the whole Island, and he investigated Cuban geology, flora, and fauna. He worked with some other Brothers, who became his students: Brother Alain Joseph, who continued his works. Another was Brother Alban Joseph who became the district's visitor. Brother Alain (Alain Lioger, 1916-2009) became

[...] one the most important and knowledgeable plant taxonomists in the botanical history of the West Indies. He published the latest floras for the islands of Hispaniola (9 volumes, between 1981 and 2000) and Puerto Rico (five volumes, between 1985 and 1997 and a synopsis, in 1982–2000). (Ortega and Garrigo, 2016, pp. 23-24)

In 1910, he had the visit from M. Percy Wilson¹², from the Botanical Garden of New York: he too promised a help, either in equipment and in books, or for the determination of specimens. The Brother Léon's great merit would be that, beginning without a library, without herbarium, without money, he managed little by little to take up the best herbarium of the Island and to gather the essential books in his scientific work. From 1910, he sent to New York, for identification, two copies of the collected plants; one returned to him, stuck on a herbarium sheet, ready to be put in his collection; the other remained in New York. His first new species, a grass (*Paspalum leoninum* Chase) and a cactus (*Leptocereus leonii* Britton & Rose) share his name. There will be even a genus of grasses dedicated to him, the *Saugetia*. Dr. Britton, di-

¹² Percy Wilson (1879-1944) was an assistant at the Botanical Garden of New-York.

rector of the Botanical Garden of New York, came personally to Havana in 1911, and Brother Léon accompanied him in short excursions around¹³. Next year, together with J.-A. Shafer, from the Botanical Garden of New York, he botanized eight days on the West of the Island, and according to the testimony of the farmers, Brother Léon noted the medicinal properties of several new plants. (Frères des Écoles chrétiennes, 1955, pp. 287-288)

Concerning Dr. Britton, he died before publishing his works on Cuban Flora. Brother Léon published his Cuban Flora in 5 volumes (the two last volumes were published by Brother Alain).

In 1917, Hitchcock and Chase published a big paper about “Grasses of the West Indies”. They achieve a systematic presentation of the grass flora of Cuba and other Caribbean Islands. The authors wrote:

Among the more important collections examined may be mentioned Wright’s Cuba plants [...]; those of Brother León, of the Colegio de la Salle, Habana, the richest single collection of Cuba Grasses that has been made, a practically complete set of which Brother León has contributed to the National Herbarium. (Hitchcock and Chase, 1917, pp. 262-263).

Many plants received the name of Brother Léon, for example, a new genus, *Saugetia*, and a grass, *Paspalum leoninum* (Hitchcock and Chase, 1917, p. 313). The American scientists, in particular, those of the Botanical Garden of New York, were interested in the evaluation of the work of Brother Léon, because they were launched in the investigation of the Flora of the Central America and of the Caribbean themselves.

In 1927, Brother Léon was appointed as an honorary doctor of Columbia University, thanks to Dr. Britton. Other colleagues or collaborators also intervened: an eminent Cuban botanist, Don Carlos de la Torre, an Escolapian Missionary, the R. P. Modesto Rocca, two Brothers of the Christian schools, Brother Clément-Joseph, and, especially, Brother Marie-Victorin (1885-1944) who was the founder and the

¹³ Nathaniel Lord Britton (1859-1934), was an American botanist and taxonomist, director of the New York Botanical Garden. His researches were about the Caribbean Flora.

manager of the Garden and the Institute of Botany of the University of Montreal¹⁴. We stop our investigations in the years of the World War I, not to overflow over the 20th century, which could be the object of another paper.

4 CONCLUSION

If there is necessarily no direct link between the work of Brother Héribaud and the botanist's Brothers of the beginning of the 20th century, as Brother Sennen or Brother Marie-Victorin, however, he had followers or admirers among the French Brothers of the next generation, as Arsène Brouard (Brother Gerfroy-Arsène). During the 20th century, the scientific members of this religious order were more joined into the university landscape and more integrated into their research field, with the help of the professionalization of science. With the Brothers of the Christian schools and in the Catholic world, many priests and religious, some scientists of Brother Héribaud's generation nevertheless looked like predecessors to join the sciences completely into the Catholic schools' education and in a Christian view of Nature.

Brother Arsène Brouard and Brother Léon give two examples of some Brothers expelled from France with the secularization laws, after 1904, and who did researches in botany and zoology in Central America at the beginning of the 20th century. However, they did similar work to many botanists of the 19th century. With great erudition on botany, they did a lot of work collecting many plants, without the degree of experimental research required for a scientist in the 20th century. Here, we claim that, at that time, their identity (to be a scientist and a Brother of the Christian Schools) was a challenge. As Peter Harrison said:

Science-religion conflict could thereafter be understood not only in terms of supposedly conflicting doctrines, but also in terms of the putatively incompatible personae of those who “professed,” respectively, science and religion. (Harrison, 2016)

¹⁴ Conrad Kirouac was born at Kingsley Falls, in Canada in 1885. Entered the Institute of the Brothers of the Christian schools on August 15, 1901, he received Brother Marie-Victorin's name. He taught at the college of Longueuil from 1904; he met Brother Léon at that time. From 1908, Brother Marie-Victorin began his scientific publications, in particular in *The Canadian Naturalist*.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- BOULY de LESDAIN, Maurice. Lichenes Prope Habanam in Insula Cuba, anno 1914 a cl. Fratere Arsene Brouard Lecti. *The Bryologist*, **24** (5): 68-69, 1921.
- FLECK, John. UNM Gets Historical Collection. *Albuquerque Journal*, Sunday, May 30, 2010. Available at <<https://www.abqjournal.com/news/metro/30233824metro05-30-10.htm>>, access in November 20, 2018.
- FRÈRES DES ÉCOLES CHRETIENNES. Renseignements pour servir à la rédaction de la notice biographique de Frère Héribaud-Joseph. *Archives du District de Clermont-Ferrand*, Lyon : Archives Lasalliennes de France.
- . Notice du Frère Hermylus. *Notices nécrologiques*, **63**: 40-44, 1917.
- . Notice du Frère Gasilide de Jésus. *Notices nécrologiques*, **107**: 358-336, 1925.
- . Notice du Frère Adelme-Nicolas. *Notices nécrologiques*, **112**: 171-177, 1926.
- . Notice du Frère Gerfroy-Arsène. *Notices nécrologiques*, **170**: 530-543, 1938.
- . Notice du Frère Quadrat-Léon. *Notices nécrologiques*, **252**: 281-303, 1955.
- HARRISON, Peter. “Science” and “Religion”: Constructing the Boundaries. *The Journal of Religion*, **86** (1): 81-106, 2006.
- . Old Categories, New Territories, and Future Directions: A Response to Bernard Lightman. *Science and religion. Exploring the spectrum*. Posted at October 25, 2016. Available at: <<https://sciencereigion-spectrum.org/long-reads/harrison-lightman-territories-science-religion/#more-938>>, access in November 20, 2018.
- HÉRIBAUD-JOSEPH (Frère). Le Puy de Dôme et le Cantal ou Tableau comparatif des plantes vasculaires et spontanées de ces deux départements. Paris : *Association française pour l'avancement des sciences*, **5**: 477-486, 1876.
- . *Note sur une nouvelle espèce de fougère du genre Asplenium*. Riom : Leboyer, 1880.
- . Notes Sur quelques menthes observées dans le département du Cantal. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **27** (5) : 166-172, 1880.

- . *Les plantes parasites de la Flore d'Auvergne*. Clermont-Ferrand : Montlouis, 1889.
- . *Eléments de Botanique*. [1890]. Troisième édition. Tours et Paris : Mame et Poussielgue, 1898.
- . *Analyse descriptive des Rubus du plateau central de la France*. Clermont-Ferrand : J-B Rousseau, 1891.
- . *Les diatomées d'Auvergne*. Paris : Klincksieck, 1893.
- . Les Muscinées d'Auvergne. *Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand*, II, 14. Bellet : Clermont-Ferrand, 1899.
- . *Muscinées d'Auvergne*. Paris : Klincksieck, 1899.
- . La Flore d'Auvergne en 1901. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **48** (4): 275-325, 1901.
- HÉRIBAUD-JOSEPH et GUSTAVE (Frères). *Flore d'Auvergne*. Clermont-Ferrand: Thibaud, 1883.
- HITCHCOCK, A. S.; CHASE, A. Tropical North American Species of Panicum. *Contributions from the United States National Herbarium*, **17** (6): 459-539, 1901.
- . Grasses of the West Indies. *Contributions from the United States National Herbarium*, **18** (7): 261-471, 1917.
- JOHNSON, David W. Personal Communication, 2018.
- JOHNSON, David W.; JOHNSON, Margaret R. *Botanical collections of Brother Geofroy Arsène Brouard*. Available at <https://msb.unm.edu/news/_pdf/arsene-article.pdf>, access in November 20, 2018.
- LE GENDRE, Charles. Arsène Brouard. *La Revue scientifique du Limousin*, **32**: 72-82, 1928-29.
- MALVEZIN, Jean-Eugène. Aperçu sur l'histoire de la botanique dans le Cantal. *Bulletin de la Société botanique de France*, **26**: XXIII-XL, 1879.
- MARTY, Pierre. Frère Héribaud (1841-1917). *Revue de Haute-Auvergne*, **XIX**: 61-75, 1917-1918.
- ORTEGA, Javier Francisco; GARRIGO, José R. The Brothers of La Salle and Caribbean Botany. *The Tropical Garden*, **71** (4): 21-25, 2016.
- REED, Brother Bernard Adrian. *Brother Geofroy Arsène, F.S.C., Botanist*. San Antonio, 1940. M.A. Thesis – St. Mary's University, Texas, USA. 82 p.
- SERINDAT, Barthélémy (Frère Gustave). *Clef analytique de la Flore d'Auvergne*. Clermont-Ferrand: Ferdinand Thibaud, 1873.

TURNER, Frank M. The Victorian Conflict between Science and Religion: A Professional Dimension. *Isis*, **69** (3): 356-376, 1978.

VELARDE, S. E. P. 1981. *Las colecciones botánicas del Hermano B. Arsène in Mexico*. Mexico, 1981. Ph.D. Dissertation - Universidad Nacional Autónoma de México. 96 p.

Submission date: 5/17/2018

Approved for publication: 11/04/2018

Raízes históricas da Medicina Evolutiva, a hipótese do *trade-off* entre virulência e transmissão, de Paul Ewald

Ricardo Waizbord *

Felipe Porto ^α

Resumo: As implicações da teoria da evolução por seleção natural de Darwin para entender problemas relacionados à saúde humana, e sugerir possíveis soluções, não receberam grande atenção até as últimas duas décadas do século XX. O objetivo desse trabalho é apresentar historicamente a Medicina Evolutiva e a hipótese do *trade-off* sobre a virulência dos parasitos, de Paul Ewald, ressaltando seus principais conceitos. Segundo Alcock (2012), a Medicina Evolutiva é uma “nova disciplina científica” que utiliza o arcabouço da teoria da evolução por seleção natural para compreender, explicar e propor soluções a doenças humanas. No caso de Paul Ewald, contrariando o estabelecido pelo conhecimento epidemiológico da década de 1980, ele considera que à luz da teoria da seleção natural um parasito *pode* se tornar mais virulento e mortal ao longo do tempo, se sua forma de transmissão *não depender da mobilidade do hospedeiro*. Isso levou Paul Ewald a considerar a possibilidade do manejo da virulência dos parasitos no sentido de torná-los menos agressivos, mais benignos. Ele sugere, em face ao conhecimento da teoria da evolução por seleção natural, a adoção de políticas públicas de saúde com o objetivo de tornar certas doenças menos virulentas. Por utilizar sistematicamente o raciocínio evolutivo de Darwin, das variações aleatórias selecionadas por fatores ecológicos, Ewald pode ser considerado um predecessor da Medicina Evolutiva, campo do conhecimento pouco conhecido no Brasil, que vem crescendo exponencialmente desde 1991 até os dias de hoje.

Palavras-chave: Medicina evolutiva; Ewald, Paul; evolução da virulência; seleção natural

* Instituto Oswaldo Cruz - Fundação Oswaldo Cruz. Rua das Laranjeiras 384, ap., 603, Laranjeiras, CEP 22240-006, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: ricw@ioc.fiocruz.br

^α Colégio de Aplicação, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rua J. J. Seabra, s/nº, Lagoa, CEP 22470-130, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: portofilipe@gmail.com

Historical Roots of Evolutionary Medicine, the Hypothesis of the Trade-off between Virulence and Transmission, by Paul Ewald

Abstract: The implications of Darwin's evolutionary theory to understand problems related to human health, and to suggest possible solutions, did not receive much attention until the last two decades of the 20th century. The objective of this work is to present historically Evolutionary Medicine and the trade-off hypothesis on the virulence of parasites, by Paul Ewald, highlighting its main concepts. According to Alcock (2012), Evolutionary Medicine is a “new scientific discipline” that uses the theory of evolution by natural selection framework to understand, explain and propose solutions to human diseases. In the case of Paul Ewald, contrary to the epidemiological knowledge of the 1980s, he considers that in the light of natural selection theory parasites may become more virulent and deadly over time if their form of transmission do not depend on mobility of the host. This led Paul Ewald to consider the possibility of handling the virulence of the parasites in order to make them less aggressive, more benign. He suggests, in the face of the knowledge of natural selection theory, the adoption of public health policies with the aim of making certain diseases less virulent. By systematically using Darwin's evolutionary reasoning, random variations selected by ecological factors, Ewald can be considered a predecessor of Evolutionary Medicine, a field of knowledge little known in Brazil, which has been growing exponentially since 1991.

Keywords: history of evolutionary medicine; Ewald, Paul; evolution of virulence; natural selection

1 INTRODUÇÃO: A MEDICINA EVOLUTIVA

[...] se debelo a grã cidade, não regresso,
mas compro glória eterna;
se torno ao doce ninho,
murcha a glória, terei velhice longa e fim tardio.
Homero, *A Ilíada*, Livro IX.

As implicações da teoria evolutiva de Darwin ficaram evidentes logo após a publicação de *A origem das espécies*, em novembro de 1859, como se depreende pela quase instantânea polêmica relacionada ao então suposto parentesco entre os homens e outros animais, principalmente os grandes primatas (Ellegard, 1990; Desmond & Moore, 1995; Mayr, 1998; Browne, 2011). Embora o mecanismo da seleção natural tivesse sido questionado quase imediatamente após a publicação de *A*

origem (Bowler, 1988; Caponi, 2011), ao longo das décadas ele ganhou aceitação e credibilidade científica e filosófica, não sem antes ter passado por um período de eclipse (Bowler, 1983), até finalmente se integrar em várias explicações envolvendo inclusive a mente (*a psique*) e o comportamento da espécie humana (Tooby, Cosmides & Barlow, 1992; Laland & Brown, 2002).

Todavia, o uso da teoria da evolução por seleção natural para explicar e compreender problemas relacionados à saúde humana, e para sugerir possíveis soluções, não recebeu grande atenção até as últimas duas décadas do século XX (Zampieri, 2009; Méthot, 2011; Cournoyea, 2013), excetuando-se aplicações isoladas como a da evolução da resistência a antibióticos (Blaser, 2013) e a co-evolução entre a malária e o genótipo heterozigoto para anemia falciforme (Haldane, 1949; Alisson, 1954). Em que pese os deploráveis usos eugênicos do evolucionismo não-darwinista entre fins do século XIX e a Segunda Guerra Mundial (Bowler, 1988), e algumas outras utilizações pouco ortodoxas nas primeiras décadas do século passado (Zampieri, 2009; Méthot, 2011), os médicos em geral não utilizaram, até os últimos anos do século XX, a estrutura conceitual da teoria da seleção natural para contribuir na interpretação de afecções que ceifaram e ceifam a vida e a saúde de milhões de pessoas, e de outros animais e plantas.

Em 1991, o biólogo evolucionista George Williams e o médico psiquiatra Randolph Nesse publicaram o artigo “The dawn of Darwinian medicine”, considerado o trabalho fundador da assim chamada medicina darwinista, ou medicina evolucionista (Williams & Nesse, 1991; Méthot, 2011; Zampieri, 2009; Cournoyea, 2013; Méthot *et al.*, 2015), e que deu origem ao que Alcock chamou em 2012 de nova disciplina científica. Williams e Ness apresentaram sua visão da seleção natural como teoria preditiva da biologia humana, aplicando a teoria da evolução a quatro categorias de causas de doenças: 1) toxinas; 2) fatores genéticos; 3) desajustes (*mismatches*) adaptativos do corpo humano ao ambiente moderno (ocidental); e, 4) infecções por parasitos (Williams & Nesse, 1991, pp. 1-2). Nesse trabalho eles chamam a atenção para a importância da vulnerabilidade das adaptações evolutivas de nossos corpos, que estão sujeitos a inúmeras doenças. Williams e Nesse também chamam a atenção para problemas de saúde decorrentes do desajuste, *mismatch*, entre o ambiente evolutivo que moldou nosso fenótipo

fisiológico (nas savanas) e o ambiente em que vivemos agora, profundamente modificado pelo advento do trabalho e das linguagens falada e escrita (Martins, 2017).

As adaptações evolutivas não devem ser confundidas com as adaptações fisiológicas. A adaptação fisiológica é a resposta de um corpo biológico individual, humano ou não, às circunstâncias ambientais específicas que ele enfrenta. O aumento das batidas do coração durante uma atividade física é uma adaptação fisiológica. O mesmo se aplica à acomodação da visão humana quando se adentra em um ambiente escuro ou a “aclimação” do corpo a um ambiente mais quente ou mais frio; a formação de calosidades nos dedos das mãos de um trabalhador; o curtimento da pele exposta ao sol.

Os exemplos são virtualmente infinitos e variados, e todos são explicados por causas próximas, por mudanças fisiológicas que envolvem uma expressão genética ligeiramente diferente do que ocorria antes da adaptação. Por outro lado, as capacidades que nos proporcionam realizar tais adaptações fisiológicas foram herdadas de nossos progenitores, que por sua vez as herdaram de seus progenitores e assim ascendentemente. Essas capacidades são produtos de processos evolutivos, são adaptações evolutivas, são quiçá o resultado de longos processos de variação intrapopulacional sujeita à ação ambiental das pressões de seleção natural (Caponi, 2014).

As doenças não são o resultado da seleção natural, não são adaptações evolutivas. As doenças podem resultar de vulnerabilidades que as adaptações evolutivas nos legaram, no sentido de que nenhuma adaptação evolutiva é perfeita, por mais sofisticada que seja. Além disso, todas as adaptações evolutivas são relativas ao ambiente em que se encontram. Mudanças mais ou menos radicais no ambiente podem levar a desajustes adaptativos mais ou menos graves. A seleção natural não opera tendo em vista a saúde dos indivíduos de uma população ou sua longevidade. Sendo um mecanismo cego, a seleção natural, na média, favorece aqueles indivíduos (genes) em uma população que melhor trazem na prole o aproveitamento dos recursos do ambiente, ou seja, que utilizam esses recursos e deixam mais descendentes nas gerações vindouras.

Ao longo de sua história a medicina evolutiva se envolveu no estudo de doenças variadas como malária, anemia falciforme, sarampo,

varíola, cólera, vários tipos de câncer, obesidade, diabetes, doenças ortopédicas, cardiovasculares, psicológicas, entre outras. A intensa produção bibliográfica sobre o assunto fica evidente no estudo bibliométrico realizado por Alcock (2012), em artigos e livros no período entre 1991 e 2010. O número de publicações anuais recuperadas com o termo de busca “evolutionary medicine” em bases de dados saltou de apenas um (01) em 1991, para mais de quinhentos (+500) em 2011, indicando tratar-se de uma área de pesquisa bem consolidada, embora não inserida oficialmente em currículos de Faculdades de Medicina.

Antolin e colaboradores (2012), em trabalho que tem como alvo os estudantes universitários, buscaram apresentar conceitos evolutivos chave em termos de saúde humana, para que os exemplos biomédicos pudessem ser mais facilmente incorporados em cursos de evolução ou cursos mais especializados em medicina evolutiva. O objetivo deles era “ajudar na construção da fundamentação científica em biologia evolutiva para todos os alunos, e para incentivar os biólogos evolutivos a participarem na integração de evolução e medicina” (Antolin *et al.*, 2012, p. 2). Para Méthot:

Embora a introdução de cursos evolutivos no currículo médico ainda esteja por ser alcançada, é digno de nota que os programas dedicados a questões de saúde e doença de um ponto de vista evolutivo estão crescendo em várias instituições distintas (por exemplo: o Centro de Evolução Humana, Adaptação e Doença, da Universidade de Auckland; o Centro de Medicina Evolutiva da Universidade de Zurique; e o Centro de Medicina Evolutiva, da Universidade Estadual do Arizona). (Méthot, 2015, p. 589)

O tema tem sido tratado em trabalhos mais recentes das áreas relacionadas à saúde, biologia e medicina (por exemplo, Howells *et al.*, 2017; Leclercq, 2018; Ziadie, 2018). No Brasil, raras publicações trataram do tema: um trabalho, de 1995, dedicou-se a apresentar a Medicina Evolutiva na perspectiva das infecções por parasitos (Giorgio, 1995). Outro apresentou as variadas faces da epidemiologia evolutiva (Struchiner *et al.*, 2008). Uma apresentação mais geral da Medicina Evolutiva foi publicada em 2017 por pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz (Waizbord & Luz, 2017).

É importante, frisar que a Medicina Evolutiva não pretende substituir a medicina tradicional, nem é uma nova forma de exercer a medicina, nem um método milagroso e muito menos ainda algo relacionado a ideia de aperfeiçoar a espécie humana. É uma tentativa de compreender as causas históricas de doenças específicas complementando a busca de causas próximas, muitas vezes bem sucedida, da medicina tradicional. Compreender as causas históricas de um agravo à saúde significa buscar no passado pressões seletivas específicas relacionadas a certas circunstâncias histórico-ambientais que permitiram a doença em questão emergir e se manter em populações humanas. A partir da narrativa resultante desse empreendimento, busca-se testar a narrativa, que pode ser rejeitada ou refutada pelas evidências decorrentes do teste.

Nesse e Williams (1997, p. 3) expuseram de uma maneira mais ampla as bases dessa nova forma de conceber a saúde e as doenças humanas. No prefácio, Williams explicou que seu interesse sobre as aplicações médicas das ideias evolucionistas surgiu após a leitura de artigo de Paul Ewald (1980)¹. Já no trabalho fundador de 1991, Williams e Nesse salientaram a importância da hipótese de Ewald, sugerindo inclusive termos e categorias (Williams & Nesse, 1991, p. 3) elaboradas a partir das propostas de Ewald, que permitem compreender que os sintomas ou sinais das relações parasito-hospedeiros podem ser adaptações que favorecem o parasito, ou adaptações que favorecem o hospedeiro, ou ser ainda um efeito não correlacionado a nenhuma adaptação.

Antes, todavia, de entrarmos de modo efetivo no trabalho de Ewald, teceremos alguns breves esclarecimentos sobre os conceitos mais centrais com que vamos lidar, parasito e virulência. Apresentaremos também brevemente a hipótese da avirulência, contra a qual Ewald propõe sua hipótese do *trade-off* entre virulência e transmissão.

¹ Professor de Biologia e diretor do Programa de Evolução da Doença (*Program on Disease Evolution*) da Universidade de Louisville, a partir de 1980 publicou vários artigos e um livro tratando, inicialmente, da evolução de doenças infecciosas, focando as relações entre a evolução da virulência e as formas de transmissão dos parasitos. A partir da década de 2000, Ewald tem produzido trabalhos que relacionam alguns tipos de câncer com determinadas infecções parasitárias específicas. Nosso interesse está em suas publicações de 1980 até meados dos anos 2000.

2 BREVE ESCLARECIMENTO REFERENTE A ALGUNS CONCEITOS

Os termos “parasito” e “virulência”, importantes para a hipótese de Ewald, são de definição problemática para parasitologistas, bacteriologistas, médicos, biólogos e outros cientistas que lidam com doenças infecciosas, tanto de um ponto de vista teórico (matemático) quanto empírico (Alizon *et al.*, 2009; Méthot & Alizon, 2014; Cressler, *et al.*, 2016). A princípio, pode-se definir parasito como qualquer espécie de organismo, microscópico ou macroscópico, cujos indivíduos exploram indivíduos de outra espécie para sobreviver (Anderson & May, 1979, p. 361; Ferreira & Araújo, 2013, p. 352). Essa exploração do hospedeiro pelo parasito traz consigo algum dano ou perda de aptidão para o hospedeiro. Aptidão (outro termo cuja definição é muito discutida) é por vezes entendida como a capacidade de um indivíduo de deixar prole fértil. A diminuição de aptidão do hospedeiro é uma definição corrente de virulência (Read, 1994; Alizon *et al.*, 2009; Cressler *et al.*, 2016).

Todas as espécies de vírus que conhecemos são parasitos, mas também há muitas espécies de parasitos entre bactérias, protozoários, fungos, helmintos, insetos, aves, entre outros grupos de animais e vegetais. Existem parasitos obrigatórios e facultativos, mas também há muitas espécies de bactérias, protozoários, fungos e vermes, que não são parasitos, mas têm vida livre, habitando o solo, ou as águas dos mares e lagos entre outros ambientes; ou podem habitar também cavidades e superfícies corporais de várias espécies, animais e vegetais, sem trazerem custos à aptidão do hospedeiro. Nas últimas décadas começou-se a perceber que o parasitismo é um processo complexo que depende da interação não só entre parasitos e hospedeiros, mas também entre eles e o ambiente, biótico e abiótico, que os incluem. Espécies que compõem a microbiota simbiótica e comensal, no passado chamado de “flora bacteriana”, de um indivíduo multicelular podem, em certas circunstâncias (por ex.: pelo uso de antibióticos, estresse, má alimentação), tornarem-se virulentas (Alizon *et al.*, 2009; Méthot, 2012; Keen, 2012). A fronteira entre virulência e benignidade não está contida em uma essência do parasito ou do hospedeiro. Circunstâncias ambientais podem deflagrar mudanças no tipo de interação entre os indivíduos

humanos e microrganismos das mais variadas espécies. Como salienta Méthot (2012):

As interações parasita-hospedeiro são mais bem descritas como formando um *continuum* que vai do comensalismo e mutualismo ao parasitismo e patogenicidade, não como categorias biológicas discretas. (Méthot, 2012, p. 690)

Como mencionado acima, a definição mais corrente de virulência é a diminuição de aptidão do hospedeiro. Mas a aptidão, por sua vez, é um conceito difícil de mensurar. Em muitos casos virulência é definida como o número de mortes de hospedeiros causados por uma espécie de parasito. Todavia, há outras situações em que o parasito impõe uma perda de aptidão ao hospedeiro sem, contudo, leva-lo à morte, como quando o hospedeiro contrai uma doença que embora não seja letal o debilita sensivelmente. É nesse cenário que Andrew Read, afirma que a virulência significou coisas diferentes para cientistas diferentes (Read, 1994, p. 74). Por exemplo, Alizon e colaboradores (2014) mostram, como Read, a importância de discernir entre virulência e transmissão, embora enfatizem confusão entre os termos:

Atualmente quase parece que cada campo desenvolveu sua própria definição de virulência. Biólogos teóricos utilizam a taxa de mortalidade do hospedeiro induzida pela doença [...] enquanto biólogos experimentais frequentemente usam medidas sub-letais porque são mais fáceis de quantificar ou por razões éticas [...]. Ainda mais confusamente, no estudo de patógenos vegetais e em muitos estudos de genética de populações, há uma tradição de usar a virulência não para se referir aos danos causados por um parasito, mas à sua transmissibilidade, sua capacidade de infectar. (Alizon *et al.*, 2009, p. 249)

Vamos assumir aqui a definição de virulência como mortalidade do hospedeiro, pois essa é a definição de Ewald (1994, p. 9). Mas ficaremos atentos para a situação em que tanto o parasito quanto a virulência a ele associado devem ser entendidos como processos populacionais dinâmicos, evolutivos e ecológicos, sem um fim único predeterminado. É que determinadas espécies que habitualmente não são parasitos podem vir a sê-lo e vice-versa. Enfatizamos que todas as espécies multicelulares conhecidas são habitadas por uma rica microbiota (sobretudo seus respectivos tubos gastrointestinais), composta, principal, mas não exclusivamente, por bactérias comensais e simbióticas. No entanto, em

determinadas circunstâncias, tais bactérias podem tornar-se infecciosas. Também é digno de referência, embora de forma incidental, o fato de que muitas vezes os parasitos causam menos mal ao hospedeiro do que o seu próprio sistema imunológico, que pode suscitar uma resposta autoimune, exagerada ou desproporcional, levando a danos e conseqüente perda de aptidão do hospedeiro (Méthot & Alizon, 2014, p. 776).

Estamos utilizando o termo *trade-off* porque não encontramos uma tradução adequada para a língua portuguesa. Para Elisson (2014), nos sistemas biológicos, as características estão frequentemente ligadas de maneira que impede sua otimização simultânea. Em suas palavras:

Os *trade-offs* evolutivos resultantes refletem os necessários compromissos entre as funções de múltiplas características. Tais compromissos são particularmente claros quando a energia deve ser alocada entre funções metabólicas concorrentes. A energia alocada para o crescimento não está disponível para reprodução, para funções imunológica ou outros processos que consomem energia. Uma importante implicação dos *trade-offs* evolutivos para a medicina é o fato de que uma saúde ótima em todos os domínios pode não ser possível. (Elisson, 2014, p. 93)

Já para C. S. Stearns (1989), os *trade-offs* representam os custos pagos, na moeda da aptidão, por uma mudança benéfica em uma característica, relacionada a uma mudança prejudicial em outra característica. Como se fosse um jogo de compensações, ou um balanço financeiro: com um determinado recurso, você pode comprar um bem, mas não pode, ao mesmo tempo, comprar outro. Para Stearns o mais proeminente *trade-off* da história de vida envolve o custo da reprodução. Ele possui dois grandes componentes: os custos pagos na sobrevivência e os custos pagos na reprodução futura (Stearns, 1989, p. 259). A relação entre virulência e transmissão de parasitos indica esse jogo de contrapartidas entre custos e benefícios, para própria aptidão dos parasitos, de uma alta reprodução desses microrganismos, considerando os hospedeiros como parte dos recursos que esses parasitos exploram. Dessa perspectiva, contrariando o consenso epidemiológico da década de 1980, a virulência poderia aumentar ou se manter em níveis altos ao longo do tempo, dependendo da forma de transmissão do parasito.

Segundo Alizon e colaboradores (2009) a hipótese do *trade-off*, desenvolvida por Ewald, baseia-se na ideia de que não é possível para o parasito aumentar a duração de uma infecção sem pagar um custo. Para eles, pode-se

[...] fazer uma analogia com o dilema de Aquiles, o herói grego que tem que escolher entre uma vida curta, mas gloriosa, e uma vida longa, mas maçante. (Alizon *et al.*, 2009, p. 246)

Para aumentar a duração de uma infecção o custo que o parasito deve pagar está relacionado com a sua transmissão para outro hospedeiro.

3 A HIPÓTESE DA VIRULÊNCIA OU DA BENIGNIDADE

Até os primeiros anos da década de 1980, na epidemiologia, parasitologia e outros campos médicos e biológicos que lidavam com doenças infecciosas, considerava-se que a virulência de um parasito em relação ao seu hospedeiro decrescia obrigatoriamente com o passar das gerações (Odum, 1971; Palmieri, 1982; Pianka, 1983; Doyle & Lee, 1985; Cimerman & Cimerman, 2002; Neves 2005). O prêmio Nobel Joshua Ledeburger, em artigos de 1999 e 2000, era tributário dessa visão (Ledeburger, 1999; 2000). De modo análogo, o geneticista Sérgio Pena, da UFMG afirmava:

Parasitas bem-sucedidos e hospedeiros bem-sucedidos estão sempre em um “equilíbrio” competitivo que permite a sobrevivência de ambos. (Pena, 2005, p. 143)

É essa interpretação da evolução da virulência para a benignidade ou avirulência que Paul Ewald combateu nos anos iniciais de sua vida acadêmica. No cenário em que a avirulência é o desfecho de toda relação parasito-hospedeiro, a alta virulência seria um indício de uma infecção recente, e virulências mais brandas seriam adaptações que favoreceriam os parasitos, por matarem menos os hospedeiros, sua fonte de recursos fundamental. Parasitos que nunca tivessem encontrado populações humanas seriam invariavelmente muito agressivos quando de um primeiro contato. Assim, uma diminuição da virulência seria o desfecho evolutivo inevitável, pois se a virulência aumentasse ou se mantivesse alta o parasito acabaria matando seu hospedeiro e morrendo

junto com ele. Sob essa perspectiva, o desfecho evolutivo de longo prazo de uma relação de parasito-hospedeiro deveria ser o comensalismo, o mutualismo ou a simbiose.

O exemplo mais conhecido e citado de uma suposta evolução da avirulência refere-se ao vírus da mixomatose (Fenner, 1956, 1983; Ewald, 1991b, 1994; Alizon *et al.*, 2009; Méthot & Alizon, 2009; Cressler *et al.*, 2016). A história é bem conhecida. Resumidamente, em fins do século XIX, fazendeiros australianos, entediados com as imensidões de seu continente, importaram umas duas dezenas de coelhos para servirem de caça. Logo a prole dos pequenos mamíferos fugiu do controle e sua reprodução virou uma praga. Já em meados do século XX, alguns cientistas propuseram importar um *pox vírus*, o vírus de uma doença conhecida como mixomatose, transmitido primordialmente por mosquitos e pulgas, mas também diretamente, por contato, entre coelhos. O vírus da mixomatose é totalmente incapaz de infectar células humanas e de outros mamíferos. A princípio a doença quase exterminou todas as populações de coelhos. No entanto, após algumas gerações, a virulência diminuiu. Este fato foi utilizado para corroborar a hipótese da avirulência.

A hipótese da avirulência, no entanto, envolve aspectos que não são de consenso entre os biólogos evolutivos. George Williams considerava que a adaptação evolutiva é um conceito especial e oneroso que não deve ser usado desnecessariamente e que a adaptação não deve ser atribuída a nenhum nível superior de organização do que aquele demandado pela evidência (Williams, 1966, p. v). Ou seja, explicações envolvendo o nível do grupo só devem ser toleradas se explicações no nível do indivíduo e, sobretudo, no nível do gene, fracassarem.

William Hamilton (1964) também desenvolveu ideias análogas na mesma época. Desde então, toda uma corrente da biologia evolutiva, apesar de receber críticas (Sober & Wilson, 1999), tem afirmado que o nível fundamental em que a seleção natural opera é o nível do gene. Ewald baseia seu trabalho na evolução da virulência das doenças infecciosas sobre essa base genética e procura mostrar que uma alta virulência pode favorecer determinados tipos de parasitos contrariando a hipótese da avirulência.

4 A HIPÓTESE DO *TRADE-OFF* ENTRE VIRULÊNCIA E TRANSMISSÃO

Paul Ewald introduziu na literatura médica a expressão “epidemiologia evolutiva”. Considerou a diversidade de patógenos e suas diferentes habilidades para causar doenças severas a partir de uma nova perspectiva que integrava saúde pública, ecologia e biologia evolutiva (Ewald, 1988; Restif, 2009; Cressler *et al.*, 2016).

Inicialmente (Ewald, 1980) não tratou da hipótese do *trade-off* propriamente, mas da interpretação de sinais e sintomas de doenças infecciosas à luz da teoria da evolução. Considerou os hospedeiros como ilhas temporárias para os agentes patogênicos. Para sobreviver por um período maior do que o tempo de vida de seus hospedeiros, os patógenos deveriam ter mecanismos que permitissem sua dispersão de um hospedeiro para outro. Esses mecanismos poderiam envolver a manipulação do comportamento e da fisiologia dos hospedeiros (Ewald, 1980, p. 171). Para testar a hipótese de que se um sintoma animal (como a febre, a rinorréia, a diarreia, por exemplo) fosse uma adaptação para enfrentar algum parasito, suprimi-la favoreceria o parasito. Caso o sintoma fosse um sinal de que o organismo estivesse sendo manipulado pelo parasito, a eliminação do sinal poderia contribuir para uma evolução positiva do paciente. Utilizou dados disponíveis na literatura científica sobre doenças específicas que envolvem sintomas como febre e diarreia.

Foi a partir de 1983 que ele começou efetivamente a questionar a ideia de que toda relação de parasitismo evolui para a benignidade ou avirulência. Ele não concordava com a generalização encontrada na literatura epidemiológica de que uma doença grave representaria uma falta de coadaptação entre o hospedeiro e o parasito, porque parasitos que não prejudicam seus hospedeiros teriam a melhor chance de sobreviver a longo prazo:

A gravidade da doença é analisada em termos de sobrevivência da espécie ou de um grande subgrupo das espécies em vez de efeitos na frequência de genes dentro da espécie. A teoria evolutiva, por outro lado, enfatiza que são os efeitos na frequência de genes que produzem as mudanças evolutivas dentro de uma espécie. (Ewald, 1983, p. 465)

A teoria evolutiva a que Ewald está se referindo é a que considera o gene como o nível fundamental de seleção natural. Isso é mostrado pela referência aos trabalhos de George Williams (1966) e William Hamilton (1964), à teoria evolutiva que posteriormente foi popularizada no livro *O gene egoísta* de Richard Dawkins (1979). No artigo de 1983, Ewald aplica essa teoria à evolução da virulência de parasitos transmitidos por vetores artrópodes. Ele se refere a McNeill (1976), que defendia que o comensalismo é o ponto final evolutivo ideal do parasitismo. McNeill sugeriu que a transmissão por vetores pode estar relacionada à severidade da doença, mas propôs que um parasito não seria capaz de evoluir para um equilíbrio benigno tanto no vetor quanto no hospedeiro vertebrado. Mas, para Ewald:

De acordo com essa hipótese, a evolução do parasitismo para a benignidade ocorre no vetor e não no hospedeiro dos vertebrados, porque um vetor saudável é mais importante para a transmissão do que um hospedeiro saudável. Essa hipótese de adaptação restrita (AR) e a hipótese da severidade adaptativa (SA) proposta neste artigo produzem diferentes previsões sobre a gravidade associada a populações de parasitos relacionadas sob o ponto de vista taxionômico, que diferem no grau em que usam humanos como seu hospedeiro vertebrado. De acordo com SA, uma população de parasitos que usa os seres humanos com mais frequência deve causar uma doença mais grave. (Ewald, 1983, p. 472)

A hipótese do *trade-off*, de Ewald, entre virulência e transmissão considera que doenças que não necessitam da mobilidade do hospedeiro para serem transmitidas podem se tornar mais virulentas com o passar do tempo, ou seja a adaptação do parasita ao hospedeiro pode levar a um aumento na severidade da doença (SA). Como assinalado acima, a hipótese de McNeill (AR), de acordo com o pensamento hegemônico da época, parte do pressuposto de que a evolução da relação parasito-hospedeiro leva a uma maior benignidade ou avirulência do parasito em relação ao hospedeiro, embora a benignidade favoreça primeiro os vetores do que os hospedeiros. Todavia, para Ewald, com a transmissão dos parasitos feita por vetores não-humanos, o custo de uma alta virulência, que debilita e/ou mate muito, diminui, e pode ser pago pelo mecanismo que envolve a transmissão do parasito por intermédio de um vetor, o que significa que a doença em questão pode se tornar mais

mortal ao longo do tempo. Ewald tem como pressuposto que há variações na virulência do parasito no interior das populações dos próprios parasitos. Para ele, circulam linhagens que variam na virulência. O que vai abrir a possibilidade, em sua obra, mais adiante, para que mudanças (intencionais, humanas) nas formas de transmissão do parasito possam favorecer determinadas variantes (linhagens) de parasito, implicando na ideia de que é possível fazer uma espécie de manejo da virulência, por intermédio de uma seleção (indireta) das vias de transmissão.

Ewald (1983) procurou averiguar se as doenças transmitidas por vetores artrópodes (terrestres) e picadores são mais severas do que doenças transmitidas sem vetores. Concluiu que, em média, doenças intermediadas por vetores artrópodes são mais virulentas. Procurou averiguar a partir dos dados disponíveis na literatura especializada sobre parasitos unicelulares e subcelulares se a sua hipótese (AS) era mais consistente do que a de McNeill (AR) (Ewald, 1983, p. 473). Seis parasitos principais foram incluídos no estudo: os protozoários *Plasmodium* (transmitidos por mosquito, *Anopheles*), *Leishmania* (transmitidos por mosquito, *Phlebotomus*), e *Trypanosoma* (transmitidos por barbeiro: *Triatoma*, *Rhodnius*); as bactérias *Borrelia* (transmitidas por carrapato, piolho) e *Rickettsia* (transmitidas por carrapato, pulga, piolho); e o vírus da febre amarela (transmitidos por mosquito, *Aedes*). Nesse caso, também, os dados eram mais favoráveis à sua hipótese (Ewald, 1983, pp. 447-478), ou seja, doenças transmitidas por vetores tornam-se mais virulentas no decorrer das gerações.

De acordo com Ewald, o aumento da virulência pode ser uma adaptação do parasito – da população ou linhagem de parasitos que invade um novo hospedeiro, uma nova ilha – ou seja, por que confere uma vantagem para os parasitos, tornando a doença mais severa. Naturalmente nenhum agente infeccioso terá sucesso evolutivo se matar seu hospedeiro antes que possa ser transmitido a um novo hospedeiro. Assim, há como que um jogo de compensações (um *trade-off*) entre o aumento (ou diminuição) da virulência e a taxa de transmissão.

Em diversas publicações Ewald foi encontrando mais evidências de que a inclusão de vetores em ciclos de doenças infecciosas levava a um aumento da severidade da doença (Ewald, 1987a, 1987b, 1991a, 1991b, 1995, Ewald & Schubert, 1989; Ewald *et al.*, 1998). Ele enfatizou a im-

portância de vetores de agentes infecciosos, que podem ser encontrados tanto a água, como mosquitos e outros artrópodes (pulgas, barbeiros, carrapatos, por exemplo), moluscos (caramujos), seringas, luvas, outros objetos, médicos ou não (tais como moedas, corrimãos, canetas, copos, os fômites) e mesmo médicos, enfermeiros, parentes e outras pessoas que por ventura tenham contato com os indivíduos que contraíram o agente infeccioso. Ou seja, parasitos podem ser veiculados tanto por vetores naturais como culturais (Ewald, 1994).

Há uma clara preocupação em todos os textos de Ewald em testar suas hipóteses. Nesse sentido, por exemplo, ele compilou moléstias causadas por vírus, bactérias e protozoários e avaliou a percentagem de mortalidade entre as doenças que são transmitidas por artrópodes terrestres e aquelas transmitidas por contágio direto. Como previsto por sua hipótese evolutiva, as doenças transmitidas por artrópodes terrestres são mais letais do que aquelas transmitidas por contágio direto (Ewald, 1987a; 1994, pp. 37-38). A disseminação do cólera pela América do Sul nos anos 1990 se constituiu em outro teste para a hipótese evolutiva (Ewald, 1991b; 1994; Ewald *et al.*, 1998). Nesse caso, o vetor não é mais um inseto ou outro animal, mas a própria água que se usa para consumo humano. Ewald e colaboradores relacionaram a virulência das diferentes variedades de *Vibrio cholerae* espalhados por diferentes localidades com o acesso à água potável (Ewald *et al.*, 1998). Eles focaram primeiro o Brasil, por que neste país a qualidade da água varia de lugar para lugar e o Ministério da Saúde brasileiro produzia censos da proporção de pessoas com acesso à água potável. Além disso, as dimensões continentais do país ofereciam o potencial para o *V. cholerae* evoluir em diferentes direções. A hipótese evolutiva prevê que nos lugares onde as chances de transmissão do cólera pela água contaminada forem maiores, a seleção natural deve favorecer a proliferação das linhagens mais virulentas. Isso ocorreria porque, nessa situação, vibriões que provocam excessivas diarreias poderiam ser beneficiados evolutivamente, mesmo levando seus hospedeiros à morte, já que esse custo seria compensado pela maior chance de os vibriões contaminarem outros hospedeiros, cujo acesso à água contaminada é mais frequente. Da mesma forma, onde o acesso à água potável é dominante, o esperado seria que o vibrião evoluísse para formas menos virulentas. Sendo o caso, a abordagem médica proposta por Ewald não sugere a tentativa

de eliminar o agente patogênico, mas seu manejo ou domesticação, pois ao modificar o ambiente e as vias de transmissão, indiretamente foram favorecidas linhagens de vibriões menos letais ou menos debilitantes para a vida humana. Também neste caso a hipótese evolutiva é corroborada: nas localidades com maior incidência de água potável, menos patogênicas são as variedades de *Vibrio cholerae*. O padrão se repetia em outros países da América Latina. Onde a água era tratada, como no Chile, o vibrião evoluiu para uma forma menos virulenta, enquanto no Peru, onde o tratamento da água era precário, houve um aumento na virulência (Ewald *et al.*, 1998).

Essa abordagem parecia apontar para repercussões práticas e diretas na prevenção das doenças a que estamos nos referindo. Por exemplo, no que diz respeito à malária, seria preferível, segundo Ewald, investir em mosquiteiros do que apenas em medicamentos, cujo efeito colateral, além dos físicos, é a seleção de variantes de *Plasmodium* mais resistentes. Ewald argumenta que construir casas e hospitais à prova de mosquitos seria a maneira mais viável para alcançar o objetivo de deter os agentes patogênicos transmitidos por tais vetores. Ewald desenvolve esse raciocínio em seu livro:

No Sri Lanka, por exemplo, mostrou-se que as pessoas que vivem em casas com paredes de barro ou de palma incompletas, com telhados de colmo, tinham duas vezes mais a doença e o mosquito dentro de casa, do que as pessoas que vivem em casas com paredes de tijolos e gesso e telhados de telha completos. Fazer casas ainda melhor construídas, mais à prova de mosquitos, com telas em todas as janelas, deve diminuir ainda mais a exposição a doenças transmitidas por vetores. Na Tailândia, os moradores de casas com blindagem completa e portas que se abriam para fora sofriam de dengue cinco vezes menos que pessoas que vivem em casas sem blindagem. (Ewald, 1994, pp. 52-53)

Isso pode parecer óbvio, pois impedir que o mosquito pique pessoas é uma medida direta para evitar a doença. Mas as consequências mais importantes devem ser vistas em uma escala mais ampla, a da causalidade e da adaptação evolutiva (Mayr, 1998). Segundo Ewald, se o uso sistemático de telas e mosquiteiros fosse implementado, os mosquitos que veiculam as variantes da malária que afetam as pessoas tão adversamente a ponto de elas precisarem ficar de cama, não teriam mais oportunidade de se propagar (Ewald, 1994, p. 53). Seria como

“prender” a variante mais agressiva do *Plasmodium* dentro de casa (no hospedeiro doente), com o mosquito fora de casa. Considerando que o aumento da virulência é ao menos parcialmente devido a diferenças genéticas herdáveis, nesse caso, seria possível dirigir os patógenos transmitidos por vetores a uma menor virulência. Como ressalta Ewald, nós teríamos manejado a virulência do parasito, nós os teríamos domesticado.

Dito de modo mais geral, esta abordagem propõe que podemos aumentar artificialmente o custo, em aptidão, que os patógenos incorrem ao nos fazerem mal. Quando os custos são muito altos a seleção natural deve favorecer as variantes do patógeno que não imobilizem o hospedeiro e que, portanto, não incorram nesses custos. Em teoria, a mesma abordagem pode ser utilizada para dirigir diretamente os patógenos transmitidos a terem efeitos mais brandos dos que agora provocam. Se políticas públicas nas escolas e nos locais de trabalho tornassem obrigatório que estudantes e funcionários fossem para casa se se sentissem ainda que levemente doentes, os agentes patogénicos que causaram tal doença tenderiam a ser purgados de circulação. O resultado líquido deveria ser uma redução evolutiva na nocividade inerente das infecções transmitidas entre pessoas. (Ewald, 1994, p. 55)

Note-se que Ewald apontava para uma solução de nível populacional, o que poderia ter um grande apelo epidemiológico. A estratégia deveria ser implementada por políticas públicas, se fosse para que o uso de mosquiteiros tivesse um impacto evolutivo e ecológico, transformando as linhagens dos patógenos em questão em linhagens menos agressivas. A ideia de domesticar patógenos se baseia na premissa da variabilidade da virulência (de linhagens) do próprio parasito e das pressões ecológicas que o ambiente exerce sobre essa variabilidade, o que é a própria definição de seleção natural.

Voltemos por um instante, ao exemplo clássico da mixomatose em coelhos, referido no início do presente ensaio. No livro de 1994, Paul Ewald discute se a diminuição da virulência ocorreu por conta de uma diminuição da virulência do vírus ou por conta da evolução do sistema imunológico dos coelhos. De qualquer forma, ele argumenta que a doença não estaria evoluindo gradualmente para uma forma cada vez mais branda:

A mortalidade que ocorre nos coelhos, depois da diminuição evolutiva na virulência do vírus e do aumento da resistência entre os coelhos, foram comparáveis à mortalidade das mais virulentas doenças humanas mediadas por vetores; foi, por exemplo, maior do que a mortalidade associada ao *Plasmodium falciparum* e ao vírus da febre amarela. Talvez mais importante que isso, a tendência para a diminuição da virulência documentada durante a primeira década do estudo [de Fenner] não continuou. Na verdade, a virulência inerente ao vírus pode ter aumentado durante as décadas subsequentes. (Ewald, 1994, pp. 45-46)

Sem dúvida a diminuição da virulência pode ter se dado por causa da extrema agressividade do vírus. Considerando que animais mortos não costumam transmitir doenças, vírus que sejam muito rapidamente fatais poderiam não dar oportunidade para sua própria transmissão para outros hospedeiros, sendo, nesse caso, favorecidas linhagens menos virulentas que não matavam tão rapidamente e, portanto, ofereciam maiores oportunidades para a transmissão dos vírus para outros hospedeiros. De qualquer forma, como assinalado, não é observada uma tendência para uma diminuição constante ou progressiva dessa virulência. Na realidade cepas menos virulentas foram eliminadas por outras mais virulentas, e embora de fato a virulência tenha diminuído desde a primeira introdução do vírus, Ewald salienta que ela continua mais alta do que as mais altas virulências de doenças humanas.

Desde a década de 1990, esse caso se transformou no modelo para a hipótese do *trade-off* entre virulência e transmissão porque ele parece mostrar exatamente que um parasito não pode se reproduzir indefinidamente no interior de um hospedeiro sem que isso acabe se tornando um custo para a própria aptidão do parasito (Anderson & May, 1982). Então, não é o caso do parasito não aumentar sua virulência por que isso mata ou diminui o tempo de vida do hospedeiro, mas porque o aumento da virulência pode diminuir a própria aptidão dos parasitos. O caso da mixomatose pode ser encontrado em vários livros-texto da Medicina Evolutiva atuais e todos sugerem que não há uma evolução inexorável para que a relação parasito-hospedeiro acabe se tornando comensal, mutual ou simbiótica (Perlman, 2013, pp. 84-85; Gluckman *et al.*, 2016, p. 243; Stearns & Medzhitov, 2016, p. 141).

Dentre a literatura que pesquisamos, o trabalho de Hastings (2014) é o que mais diretamente exemplifica a importância das ideias desenvolvidas por Ewald. Orientada academicamente pelo próprio Ewald

em seu processo de doutoramento, Hastings desenvolveu uma pesquisa sobre a evolução da virulência da bactéria *Clostridium difficile* (Cdiff), que eventualmente pode se tornar perigosamente mortal para pacientes internados em hospitais. Em alguns artigos e no livro de 1994 Ewald predisse que a virulência do Cdiff tenderia a aumentar. Hastings avaliou as diferenças entre as mortalidades das infecções hospitalares de Cdiff e as infecções relativas à comunidade. Ela descobriu, entre outras coisas, que havia diferentes linhagens de Cdiff e que algumas delas eram mais virulentas do que outras. Não por acaso os surtos epidêmicos que acometeram o Canadá, EUA e países europeus, a partir do ano 2000, foram causados por uma linhagem hipervirulenta conhecida ribotipo 027. Essa terminologia se refere a uma técnica usada para tipificar epidemiologicamente o Cdiff, baseada nas diferenças no RNA ribossomal de diferentes linhagens. Hastings estudou as distribuições dessas linhagens para saber se a transmissão, intermediada por atendentes (médicos, enfermeiros) em hospitais dos EUA e instalações de cuidados prolongados, favorecia ribotipos de Cdiff altamente virulentos ou não. Sua análise da literatura corrente sobre Cdiff revela que as infecções hospitalares eram significativamente mais virulentas e associadas a uma mortalidade maior. Além disso, seus dados indicaram que os ribotipos 027 e 001/snz são particularmente bem adaptados para a transmissão em ambientes de saúde, dado seu papel proeminente nas infecções hospitalares e sua quase ausência em portadores saudáveis de Cdiff na comunidade externa. Esses achados sugerem que as intervenções que impeçam a transmissão mediada por atendentes podem auxiliar na redução da incidência e na própria virulência de infecções por Cdiff (Hastings, 2014).

Em vários textos, Ewald sugeriu abertamente a ideia de intervenção pública na saúde usando suas bases darwinistas (Ewald, 1991a, p. 107; 1991b, p. 10; 1993, p. 93; 1994, pp. 52-53; 1996, p. 254; Ewald *et al.*, 1998, p. 571). Essa intervenção demandaria investimento financeiro e, portanto, implicaria decisões políticas para alocação de verbas em determinadas estratégias e não em outras, em um cenário de recursos sempre limitados. Além disso, qualquer intervenção de saúde, em nível populacional, está associada a riscos, devido ao fato de que mudanças ambientais e sociais, visando à melhoria da saúde, podem ter efeitos

inesperados, causados pela multitude de variáveis relacionadas a qualquer situação humana, social e evolutiva.

Ideia radical, parcialmente apoiada na hipótese de Ewald, sugere que ao contrário de tentar matar os mosquitos seria mais inteligente atraí-los para alimentadores artificiais (Egeath & Kurzban, 2012). Ao contrário do que se pode imaginar, as populações de mosquito são frequentemente limitadas por fatores ecológicos outros que não a oferta de sangue, tais como locais viáveis para a eclosão dos ovos. Nesse sentido, alimentar mosquitos não levaria ao aumento do número total de mosquitos, mas poderia reduzir muito o número de mosquitos que retiram seu alimento de sangue humano. Assim como as armadilhas, os alimentadores poderiam desviar os mosquitos das pessoas por meio de iscas, mas depois desse desvio, prevenir subseqüentes picadas em humanos, saciando os mosquitos ao invés de tentar matá-los.

Sobretudo, nos interessa sublinhar aqui, que os alimentadores reduziriam o problema de controlar a evolução da resistência: em um cenário ecológico com alimentadores de mosquitos, que provê calorías seguras e abundantes para fêmeas adultas de mosquito, poderia haver uma pressão seletiva para as fêmeas preferirem, ao invés de evitarem, os alimentadores. Tal situação poderia levar eventualmente a uma população de mosquitos que preferisse não se nutrir em pessoas, tendo em vista que a perpétua “corrida armamentista” entre as defesas do hospedeiro e os ataques dos parasitos implica custos energéticos para os parasitos, que estão sempre tentando burlar as defesas adaptativas de seus hospedeiros e vice-versa. Alimentadores artificiais também oferecem a chance de introduzir substâncias químicas na dieta dos mosquitos, tais como drogas antimaláricas. Assim, alimentadores podem reduzir diretamente as picadas enquanto aproveitam o poder da seleção natural, favorecendo seletivamente os mosquitos que se alimentam nos alimentadores (Egeath & Kurzban, 2012). Entretanto, até agora, nenhuma abordagem experimental foi tentada com essa estratégia aparentemente paradoxal.

A ideia de manejo da virulência suscitou muitas críticas à hipótese do *trade-off*. Elas parecem se acentuar a partir do livro de Ewald, de 1994, *Evolution of infectious disease*. Em 2003, Carl Zimmer, em um comentário publicado no periódico *Science*, mostra como, nessa época, a

comunidade científica estava dividida a respeito da hipótese que estamos examinando (Zimmer, 2003). As críticas podem ser resumidas, um tanto esquematicamente, em cinco pontos: 1) A hipótese de Ewald é muito simples, ela reduz toda a complexidade das doenças infecciosas a duas dimensões apenas, virulência e transmissão, quando há outros fatores em jogo, como a densidade de hospedeiros suscetíveis na população, a taxa de reprodução do parasito, a taxa de morte natural do hospedeiro e a taxa de recuperação do hospedeiro devido ao seu sistema imunológico, além das histórias de vida (evolutivas) das espécies de parasitos, de hospedeiros e eventuais vetores (Alizon *et al.*, 2009 p. 246; van Baalem & Sabelis, 1995; Ebert & Bull, 2003); 2) Ela não leva em conta o fato de que, na realidade, um hospedeiro pode estar infectado por várias espécies de parasitos diferentes (van Baalem & Sabelis, 1995; Ebert & Bull, 2003); 3) Ela não leva em consideração a estrutura espacial das populações biológicas envolvidas em uma doença (Cressler *et al.*, 2006); 4) Ela não leva em consideração de que há *trade-offs* entre outros fatores relacionados com a doença, como por exemplo, entre virulência e recuperação “natural” (imunológica) da doença (van Baalem & Sabelis, 1995; Alizon *et al.*, 2009; Cressler *et al.*, 2006, p. 246); 5) Ela não leva em consideração que uma infecção por um parasito é um processo que ocorre em fases e níveis muito mais complexos que os modelos epidemiológicos poderiam prever até pouco tempo atrás (Hall, Bento & Ebert, 2017).

Muitas das críticas à teoria do *trade-off* de Ewald são de uma complexidade que estão além do escopo deste trabalho. Isso é bem captado por uma revisão publicada no ano de 2016 por Cressler e colaboradores, em que os autores afirmam que existem inúmeras análises da evolução da virulência na literatura, mas que é difícil encontrar um tratamento amplo da teoria e dos dados sobre o assunto que seja acessível a não especialistas. Eles desenvolvem, então, uma avaliação abrangente da literatura teórica e empírica disponível que testa previsões relacionadas com a hipótese do *trade-off* de Ewald. De forma significativa, para os nossos objetivos, as palavras-chaves desse artigo de revisão são: “doença infecciosa”, “hipótese do *trade-off*” e “medicina evolutiva”. Embora ao longo desse trabalho não haja referências explícitas à Medicina Evolutiva (exceto nessas palavras-chaves), todo o texto se estrutura em torno de pressões seletivas sobre variações: 1) na virulência;

2) na transmissão; e 3) na defesa imunológica das populações hospedeiras ao longo das gerações. Os autores apontam que há uma espécie de disjunção entre modelos matemáticos e empíricos, e que eles pouco dialogam entre si: “Experimentos raramente medem as características exploradas pela teoria [matemática], e a teoria raramente modela as características medidas pelos experimentalistas” (Cresler *et al.*, 2016, p. 916). Eles então examinam as previsões e os experimentos, testando essas previsões, sobre como a virulência evolui em resposta ao modo de transmissão (transmissão pelo ambiente, por vetores e transmissão vertical), à taxa de mortalidade do hospedeiro, à dinâmica epidemiológica, à estrutura espacial e à vacinação. Para cada tópico, eles apresentam a previsão geral da teoria do *trade-off* e articulam as nuances descobertas pelos modelos matemáticos e, em seguida, resumem a evidência experimental relacionada a essas previsões. Assim, eles mostram que há vários desenlaces possíveis para a relação parasito-hospedeiro que articulam outros fatores além da virulência e transmissão, sem que esses fatores, todavia, possam jamais serem desprezados.

5 CONCLUSÃO

A Medicina Evolutiva é uma disciplina científica ativa e em pleno desenvolvimento. Ultimamente, o arcabouço da teoria da evolução tem sido utilizado para questões relacionadas à obesidade e nutrição (Basile *et al.*, 2017), à nefropatia (Kruzel-Davila, Wasser, Skorecki, 2017), à psiquiatria (Nesse, 2017), tendo sido também aplicado em terapia intensiva (Padilla-Cuadra, 2018) e à relação entre helmintos e câncer (Scholte, Pascoal-Xavier, Nahum, 2018), para ficar em apenas alguns exemplos. Este último, se refere a um artigo de revisão científica realizado por um grupo de brasileiros radicados em instituições nacionais, publicado em periódico norte-americano, *Frontiers in Medicine*, sobre a importância da teoria da evolução para se encontrar marcadores moleculares relacionados a certos tipos de câncer causados por helmintos. Como indicado acima, o próprio Ewald publicou em 2018 uma atualização de sua doutrina do *trade-off*, em capítulo de livro sobre ecologia e evolução de doenças infecciosas, sob a perspectiva do controle público de patógenos.

A hipótese do *trade-off* de Ewald (Ewald, 2018), desenvolvida a partir de 1983, é a primeira tentativa explícita e sistemática de aplicar a

teoria da evolução por seleção natural a problemas médicos. Infelizmente, praticamente nada da Medicina Evolutiva, e de sua história, é conhecida no Brasil. Ewald não foi o primeiro autor a usar o pensamento evolutivo na elucidação de problemas de saúde. Também em princípios da década de 1980, Anderson e May desenvolveram trabalhos teóricos (com modelação matemática) na mesma direção (Anderson & May, 1982; Alizon *et al.*, 2009), embora sem usar explicitamente o arcabouço da teoria da evolução. Artigos de John Tooby (1982) e William Hamilton e Marlene Zuk (1982), destacaram também a importância dos parasitos como um componente ambiental que constituía uma pressão de seleção sobre populações naturais não humanas. Para Hamilton e Zuk, por exemplo, no caso de certas espécies de aves, os indivíduos menos parasitados exibiam plumagens mais exuberantes. Os mais parasitados apresentavam uma plumagem menos viçosa e colorida e na média eram preteridos pelas fêmeas que preferiam os mais vistosos. Embora esses trabalhos não tenham relações diretas com a saúde humana, eles discutem, à luz de evidência empírica, a importância das adaptações, da seleção natural e da seleção sexual para questões relacionadas à doença e à saúde de espécies animais. O próprio George Williams também já havia publicado em 1957 o artigo no qual ele discutia a possibilidade de genes que seriam adaptativos em determinados estágios iniciais da vida humana pudessem trazer malefícios à saúde mais tarde, a chamada pleiotropia antagônica (Williams, 1957).

Ewald trabalhou por mais de dez anos sobre a hipótese do *trade-off* entre virulência e transmissão e, segundo nosso argumento, a qualidade e importância de seus artigos o qualificam como um dos predecessores da própria Medicina Evolutiva. Ele contribuiu fortemente para um modo de pensar a evolução da virulência que não pode ser ignorada. Sob esse aspecto, embora muitas das críticas à hipótese do *trade-off* pareçam pertinentes, deve se levar em consideração que Ewald contribuiu muito para desmistificar a ideia de que a evolução de um parasito seria sempre na direção da avirulência, da benignidade. A lógica da evolução de uma doença não é a lógica da seleção de grupo, de parasitos atenuando uma doença para que suas gerações vindouras tenham onde se albergar, mas a lógica dos parasitos e genes, lutando também metaforicamente (no sentido de Darwin), aqui e agora, para deixar represen-

tantes genéticos para a próxima geração, mesmo que isso custe, eventualmente, a vida das próprias populações constituídas pelas espécies de parasitos e hospedeiros envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOCK, Joe. Emergence of Evolutionary Medicine: Publication Trends from 1991-2010. *Journal of Evolutionary Medicine*, **1**: 1-12, 2012².
- ALISSON, Anthony C. The distribution of the sickle-cell trait in East Africa and elsewhere, and its apparent relationship to the incidence of subtertian malária. *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, **48** (4): 312-318, 1954³.
- ALIZON, Samuel; HURFORD, Amy; MIDEO, Nicole; van BAALEN, Minus. Virulence evolution and the trade-off hypothesis: history, current state of affairs and the future. *Journal of Evolutionary Biology*, **22**: 245–259, 2009⁴.
- ANDERSON, Roy M.; MAY, Robert M. Population biology of infectious diseases: Part I. *Nature*, **280** (2): 361-367, 1979⁵.
- _____. Coevolution of hosts and parasites. *Parasitology*, **85**: 411-426, 1982⁶.
- ANTOLIN, Michael F.; JENKINS, Kristin P.; BERGSTROM, Carl T.; CRESPI, Bernard J.; DE, Subhajyoti; HANCOCK, Angela; HANLEY, Kathryn A.; MEAGHER, Thomas R.; MORENO-ESTRADA, Andres; NESSE, Randolph M; OMENN, Gilbert S.; STEARNS, Stephen C. Evolution and Medicine in Undergraduate

² Disponível em: <<http://www.ashdin.com/journals/JEM/235572.pdf>>. Acesso em: 13/11/2017.

³ Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0035920354901017>>. Acesso em: 10/12/2017.

⁴ Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1420-9101.2008.01658.x>>. Acesso em: 10/10/2017.

⁵ Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/280361a0.pdf>>. Acesso em: 10/12/2017.

⁶ Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/224043344_Coevolution_of_Hosts_and_Parasites>. Acesso em: 11/04/2016.

- education: a prescription for all biology students. *Evolution*, **66** (6): 1991-2006, 2012.
- BASILE, Anthony J.; SCHWARTZ, David B.; RIGDON, Joseph; STAPELL, Hamilton M. Evolutionary Medicine's place in Nutrition and Dietetics. *Journal of Evolution and Health*, **2** (1): 1-3, 2017⁷.
- BLASER, Martin J. *Missing Microbes: How the Overuse of Antibiotics Is Fueling Our Modern Plagues*. New York: Henry Holter, 2013.
- BOWLER, Peter J. *The eclipse of Darwinism*. Baltimore & London: The John Hopkins University Press, 1983.
- _____. *The non-darwinian revolution: reinterpreting a historical myth*. Baltimore & Londres: The John Hopkins University Press, 1988.
- BROWNE, Janet. *Charles Darwin: o poder do lugar*. São Paulo: Editora Unesp, 2011.
- CAPONI, Gustavo. *La segunda agenda darwiniana: contribución preliminar a una historia del programa adaptacionista*. México, DF: Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano, 2011.
- _____. Contra el neolamarckismo escolar: la representación fisiológica de la adaptación como obstáculo para la comprensión de la Teoría de la Selección Natural. *Acta Scientiae*, **16**, (2): 189-199, 2014⁸.
- CIMERMAN, Benjamin; CIMERMAN, Sérgio. *Parasitologia humana e seus fundamentos gerais*. São Paulo: Ateneu, 2002.
- COURNOYEA, Michael. Ancestral assumptions and the clinical uncertainty of evolutionary medicine. *Perspectives in Biology and Medicine*, **56** (1): 36-52, 2013⁹.
- CRESSLER, Clayton E.; MCLEOD, David V.; ROZINS, Carly; van den HOOGEN, José; DAY, Troy. The adaptive evolution of virulence: a review of theoretical predictions and empirical tests. *Parasitology*, **143**: 915-930, 2016¹⁰.

⁷ Disponível em: <<http://jevohealth.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=journal>>. Acesso em: 12/03/2017.

⁸ Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/269095771>>. Acesso em: 08/07/2016.

⁹ Disponível em: <<http://muse.jhu.edu/article/509323/pdf>>. Acesso em: 08/05/2017.

¹⁰ Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge>

- DAWKINS, Richard. *O gene egoísta*. Belo Horizonte: Itatiaia, São Paulo: Edusp, 1979.
- DESMOND, Adrian; MOORE, James. *Darwin: a Vida de um Evolucionista Atormentado*. São Paulo: Geração, 1995.
- DOYLE, Ronald Jennings; LEE, Nancy. Microbes, warfare, religion and human institutions. *Canadian Journal of Microbiology*, **32**: 193-200, 1985.
- EBERT, Dieter; BULL, James J. Challenging the trade-off model for the evolution of virulence: is virulence management feasible? *Trends in Microbiology*, **11** (1): 15-20, 2003¹¹.
- EGETH, Marc; KURZBAN, Robert. Artificial Natural Selection: Can Supplemental Feeding Domesticated Mosquitoes and Control Mosquito-Borne Diseases? *Evolutionary Psychology*, **10** (3): 602-610, 2012¹².
- ELLEGÅRD, Alvar. *Darwin and the general reader: the reception of Darwin's theory of evolution in the British periodical press, 1859-1872*. Chicago: University of Chicago Press, 1990.
- ELLISON, Peter T. Evolutionary Tradeoffs. *Evolution, Medicine, and Public Health*, **1**: 93, 2014¹³.
- EWALD, Paul W. 1980. Evolutionary biology and the treatment of signs and symptoms of infectious disease. *Journal of Theoretical Biology*, **86**: 169-76, 1980¹⁴.

core/content/view/30EC8AB1717BF7A173CF5E051DBB498F/S003118201500092Xa_hi.pdf/_div_class__title__The_adaptive_evolution_of_virulence_a_review_of_theoretical_predictions_and_empirical_tests_div_.pdf>. Acesso em: 12/03/2017.

¹¹ Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S0966842X02000033/1-s2.0-S0966842X02000033-main.pdf?_tid=07f4684d-facb-4d42-aff0-79a64cfcf5c7&acdnat=1528475093_6ecc584f42c267891dd66cc5167ea282>. Acesso em: 10/04/2016.

¹² Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/147470491210100315>>. Acesso em: 31/03/2016.

¹³ Disponível em: <https://academic.oup.com/emph/article/2014/1/93/1845606>. Acesso em: 12/07/2017.

¹⁴ Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022519380900739>>. Acesso em: 10/05/2016.

- _____. Host-parasite relations, vectors, and the evolution of disease severity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **14**: 465-85, 1983¹⁵.
- _____. Transmission modes and evolution of the parasitism-mutualism continuum. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **503**: 295-306, 1987 (a)¹⁶.
- _____. Pathogen-induced cycling of outbreak insect populations. Pp. 269-286, *in*: BARBOSA, Pedro; SCHULTZ, Jack C. *Insect outbreaks*. San Diego: Academic Press, 1987 (b).
- _____. Cultural vectors, virulence, and the emergence of evolutionary epidemiology. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*, **5**: 215-245, 1988.
- _____. Waterborne transmission and the evolution of virulence among gastrointestinal bacteria. *Epidemiology and Infection*, **106**: 83-119, 1991 (a)¹⁷.
- _____. Transmission modes and the evolution of virulence, with special reference to cholera, influenza and AIDS. *Human Nature*, **2**: 1-30, 1991 (b)¹⁸.
- _____. The evolution of virulence. *Scientific American*, **268** (4): 86-93, 1993.
- _____. *Evolution of infectious disease*. Oxford: Oxford University Press, 1994.
- _____. The evolution of virulence: a unifying link between parasitology and ecology. *Journal of Parasitology*, **81**: 659-669, 1995.
- _____. Guarding against the most dangerous emerging pathogens: insights from evolutionary biology. *Emerging Infectious Diseases*, **2** (4): 245-258, 1996¹⁹.

¹⁵ Disponível em: <<https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.es.14.110183.002341>>. Acesso em: 13/09/2016.

¹⁶ Disponível em: <<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1749-6632.1987.tb40616.x>>. Acesso em: 01/06/2015.

¹⁷ Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2271857/pdf/epidinfec00025-0085.pdf>> Acesso em: 04/07/2017.

¹⁸ Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF02692179.pdf>>. Acesso em: 02/04/2016.

¹⁹ Disponível em: <<https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/2/4/pdfs/96-0401.pdf>>. Acesso em: 23/02/2017.

- _____. Evolutionary control of infectious disease in low-income countries. Pp. 127-143, *in*: ROCHE, Benjamin; BROUTIN, Helene; SIMARD, Frederic (Eds.) *Ecology and Evolution of Infectious Disease: pathogen control and public*. Oxford: Oxford University Press, 2018.
- EWALD, Paul W., & SCHUBERT, J. Vertical and vector-borne transmission of insect endocytobionts, and the evolution of benignness. Pp. 21-35, *in*: SCHWEMMLER, Werner (ed.). *CRC handbook of insect endocytobiosis: Morphology, physiology, genetics and evolution*. Boca Raton: CRC Press, 1989.
- EWALD, Paul W.; SUSSMAN, Jeremy. B.; DISTLER, Matthew. T.; LIBEL, Camila; CHAMMAS, Wahid. P.; DIRITA, Victor J.; SALLES, Carlos André; VICENTE, Ana Carolina; HEITMANN, Ingrid; CABELLO, Felipe. Evolutionary Control of Infectious disease: prospects for vectorborne and waterborne pathogens. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **93**: 567-576, 1998²⁰.
- FENNER, Frank. Evolutionary aspects of Myxomatosis in Australia. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, **54**: 271-278, 1956²¹.
- _____. Biological control, as exemplified by smallpox eradication and myxomatosis. *Proceedings of Royal Society of London B*, **218**: 259-285, 1983²².
- FERREIRA, Luiz Fernando; ARAÚJO, Adauto. Parasito ou bactéria? Bactéria também é um parasito. *Revista História, Ciências, Saúde - Manguinhos*, **20** (1): 351-352, 2013²³.
- GIORGIO, Selma. Moderna visão da evolução da virulência. *Revista de Saúde Pública*, **29** (5): 398-402, 1995²⁴.

²⁰ Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/mioc/v93n5/24m.pdf>>. Acesso em: 17/05/2017.

²¹ Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/mioc/v54n1/tomo54\(f1\)_269-276.pdf](http://www.scielo.br/pdf/mioc/v54n1/tomo54(f1)_269-276.pdf)>. Acesso em: 20/05/2017.

²² Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/218/1212/259.full.pdf>>. Acesso em: 20/05/2017.

²³ Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v20n1/22.pdf>>. Acesso em: 21/06/2017.

²⁴ Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v29n5/10.pdf>>. Acesso em: 04/08/2016.

- GLUCKMAN, Peter; BEEDLE, Alan; BUKLIJAS, Tatjana; LOW, Felicia; HANSON, Marc. *Principles of Evolutionary Medicine*. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 2016.
- HALDANE, John Burdon Sanderson. The rate of mutation of human genes. *Hereditas*, **35**: 267-273, 1949²⁵.
- HALL, Matthew D; BENTO, Gilberto; EBERT, Dieter. The Evolutionary consequences of stepwise infection processes. *Trends in Ecology and Evolution*, **32** (8): 612-623, 2017²⁶.
- HAMILTON, William. The genetical evolution of social behavior, I and II. *Journal of Theoretical Biology*, **7**: 1-52, 1964.
- HAMILTON, William; ZUK, Marlene. Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science*, **218**: 384-387, 1982.
- HASTINGS, Lindsey E. Epidemiology and virulence of *Clostridium difficile*: an evolutionary perspective. *College of Arts & Sciences Senior Honors Theses*, **87**: 1-27, 2014²⁷.
- HOWELLS, Michaela E.; OCOBOCK, Cara; LYNN, Christopher; ROBINSON, Carolyn A. Jost; WOOLARD, Katherine. It's a dead man's party: Integrative evolutionary education through Darwin Day. *EvoS Journal: The Journal of the Evolutionary Studies Consortium*, **7** (1): 132-149, 2017²⁸.
- KEEN, Eric C. Paradigms of pathogenesis: targeting the mobile genetic elements. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **2**: 1-3, 2012²⁹.
- KRUZEL-DAVILA, Ety; WASSER, Walter G.; SKORECKI, Karl. APOL1 Nephropathy: A population genetics and evolutionary

²⁵ Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1601-5223.1949.tb03339.x>>. Acesso em: 23/06/2016.

²⁶ Disponível em: <[https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/pdf/S0169-5347\(17\)30134-9.pdf](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/pdf/S0169-5347(17)30134-9.pdf)>. Acesso em: 29/03/2018.

²⁷ Disponível em: <<https://ir.library.louisville.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1066&context=honors>>. Acesso em: 14/08/2016.

²⁸ Disponível em: <https://ir.ua.edu/bitstream/handle/123456789/3473/CLynn_Its%20a%20Dead%20Mans%20Party_Anthropology.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 10/03/2018.

²⁹ Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3522046/pdf/fcimb-02-00161.pdf>>. Acesso em: 14/09/2017.

- medicine detective story. *Seminars in Nephrology*, **37** (6): 490-507, 2017.
- LALAND, Kevin; BROWN, Gillian. *Sense and nonsense: evolutionary perspectives on human behavior*. Oxford: Oxford University Press, 2002.
- LECLERCQ, José Sebastian Romero. “Evolución?” nuevos y diferentes puntos de vista de la ciência para el estudiante de Medicina de pregrado. *Morfologia*, **10** (1): 27-33, 2018³⁰.
- LERDERBERG, Joshua. Infectious Disease as an Example of Evolution. Pp. 13-17, *in*: DESALLE, Robert (Ed.). *Epidemic! The World Infectious Disease*. New York: The New Press & The American Museum of Natural History, 1999.
- _____. Infectious history. *Science*, **288** (5464): 287-293, 2000.
- MARTINS, Maurício V. *Marx, Espinosa e Darwin: Pensadores da Imanência*. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2017.
- MAYR, Ernst. *O desenvolvimento do pensamento biológico*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- McNEILL, William H. *Plagues and people*. New York: Anchor, 1976.
- MÉTHOT, Pierre-Olivier. Understanding pathogens in the era of next generation sequencing. *The Journal of Infection in Developing Countries*, **6** (9): 689-691, 2012³¹.
- _____. Research traditions and evolutionary explanations in medicine. *Theoretical Medicine and Bioethics*, **32** (1): 75-90, 2011³².
- _____. Darwin, Evolution, and Medicine: Historical and Contemporary Perspectives. Pp. 587-616, *in*: HEAMS, Thomas; HUNEMAN, Philippe; LECOINTRE, Guillaume; SILBERSTEIN, Marc (Ed.). *Handbook of Evolutionary Theory in the Sciences*. Dordrecht: Springer, 2015.

³⁰ Disponível em: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/morfologia/article/viewFile/72246/66037>>. Acesso em: 04/04/2018.

³¹ Disponível em: <<https://jdc.org/index.php/journal/article/view/23000871/776>>. Acesso em: 18/09/2017.

³² Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11017-010-9167-4.pdf>>. Acesso em: 10/09/2017.

- MÉTHOT, Pierre-Olivier; ALIZON Samuel. What is a pathogen? Toward a process view of host-parasite interactions. *Virulence*, **5** (8): 775-785, 2014³³.
- NESSE, Randolph M. Evolutionary foundations for psychiatric research and practice. Pp. 769-780, *in*: SADOCK, Benjamin J.; SADOCK, Virginia Alcott; RUIZ, Pedro (Eds.). *Kaplan & Sadock's comprehensive textbook of psychiatry*. 10 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2017.
- NESSE, Randolph. M.; WILLIAMS, Geogre. C. *Por que adoecemos: a nova abordagem da medicina darwinista*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- NEVES, Davi Pereira. Relação parasito-hospedeiro. Pp. 7-13, *in*: NEVES, Davi Pereira; MELO, Alan Lane; LINARDI, Pedro Marcos; VITOR, Ricardo. W. de Almeida. *Parasitologia médica*. São Paulo: Atheneu, 2005.
- ODUM, Eugene. P. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: Saunders College, 1971.
- PADILLA-CUADRA, Juan Ignacio. Medicina evolucionista en terapia intensiva: un nuevo paradigma. *Acta Médica Costarricense*, **60** (1): 7-14, 2018³⁴.
- PALMIERI, James R. Be fair to parasites. *Nature*, **298**: 220, 1982.
- PENA, Sérgio. Parasitos e hospedeiros: evolução genômica sob o jugo da Rainha Vermelha. Pp. 143-147, *in*: COURA, José Rodrigues. *Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- PERLMAN, Robert. *Evolution and Medicine*. Oxford: Oxford University Press, 2013.
- PIANKA, Eric R. *Evolutionary ecology*. Nova York: Harper & Row, 1983.
- READ, Andrew F. The evolution of virulence. *Trends in Microbiology*, **2** (3): 73-76, 1994³⁵.

³³ Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.4161/21505594.2014.960726?needAccess=true>>. Acesso em: 05/07/2017.

³⁴ Disponível em: <http://actamedica.medicos.cr/index.php/Acta_Medica/article/view/986/901>. Acesso em: 10/09/2017.

³⁵ Disponível em: <[https://www.cell.com/trends/microbiology/pdf/0966-842X\(94\)90537-1.pdf](https://www.cell.com/trends/microbiology/pdf/0966-842X(94)90537-1.pdf)>. Acesso em: 07/07/2016.

- RESTIF, Olivier. Evolutionary epidemiology 20 years on: Challenges and prospects. *Infection, Genetics and Evolution*, **9**: 108-123, 2009³⁶.
- SCHOLTE, Larissa L. S.; PASCOAL-XAVIER, Marcelo A.; NAHUM, Laila A. Helminths and cancers from the evolutionary perspective. *Frontiers in Medicine*, **5**: 1-6, 2018³⁷.
- SOBER, Eliot; WILSON, David Sloan. *Unto others*. Harvard: Harvard University Press, 1999.
- STEARNS, Stephen C. Trade-Offs in Life-History Evolution. *Functional Ecology*, **3** (3): 259-268, 1989³⁸.
- STEARNS, Stephen C.; MEDZHITOV, Ruslan. *Evolutionary Medicine*. Sunderland: Sinauer Associates, 2016.
- STRUCHINER, Claudio José; LUZ, Paula Mendes; CODEÇO, Claudia Torres; MASSAD, Eduardo. The many faces of epidemiology: evolutionary epidemiology. *Ciência & Saúde Coletiva*, **13**, (6): 1743-1752, 2008³⁹.
- TOOBY, John. Pathogens, Polymorphism, and the Evolution of Sex. *Journal of theoretical Biology*, **97**: 557-576, 1982⁴⁰.
- TOOBY, John; COSMIDES, Leda, BARKOW, John (orgs.) *The adapted mind: evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press, 1992.
- van BAALEN, Minus; SABELIS, Maurice W. The scope of virulence management: a comment on Ewald's view on the evolution of virulence. *Trends in Microbiology*, **3** (11): 414-416, 1995⁴¹.

³⁶ Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S1567134808001809/1-s2.0-S1567134808001809-main.pdf?_tid=d8eefcf1-9ac3-4746-9627-ff502373403e&acdnat=1528480511_7d5f42ee9a390d3274fc4cec498d7e84>. Acesso em: 22/05/2017.

³⁷ Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5911458/pdf/fmed-05-00090.pdf>>. Acesso em: 08/05/2018.

³⁸ Disponível em: <<http://cescos.fau.edu/gawliklab/papers/StearnsSC1989.pdf>>. Acesso em: 27/03/2016.

³⁹ Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v13n6/a09v13n6.pdf>>. Acesso em: 14/11/2016.

⁴⁰ Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/0022519382903587/1-s2.0-0022519382903587-main.pdf?_tid=78546707-5da9-4940-bef4-59998de7ff5e&acdnat=1528480939_8bda3709714b26c991204c159b7307a7>. Acesso em: 04/12/2016.

⁴¹ Disponível em: <[https://www.cell.com/trends/microbiology/pdf/S0966-842X\(00\)88991-X.pdf](https://www.cell.com/trends/microbiology/pdf/S0966-842X(00)88991-X.pdf)>. Acesso em: 09/10/2017.

- WAIZBORT, Ricardo F.; LUZ, Maurício Roberto Motta Pinto da. Medicina Evolutiva: Incorporando a Teoria da Evolução na Formação de Profissionais de Saúde Brasileiros. *Revista Brasileira de Educação Médica*, **41** (4): 487-496, 2017⁴².
- WILLIAMS, George C. Pleiotropy natural selections and the evolution of senescence. *Evolution*, **11**: 398-411, 1957⁴³.
- _____. *Adaptation and natural selection*. New Jersey: Princeton University Press, 1966.
- WILLIAMS, George C ; NESSE Randolph. The Dawn of Darwinian Medicine. *The Quarterly Review of Biology*, **66** (1): 1-22, 1991⁴⁴.
- ZAMPIERI, Fabio. Origins and History of Darwinian Medicine. *Humanamente*, **9**: 13-38, 2009⁴⁵.
- ZIADIE, Michelle. A.; ANDREWS, Tessa C. Moving Evolution Education Forward: A Systematic Analysis of Literature to Identify Gaps in Collective Knowledge for Teaching. *Life Sciences Education*, **17**: 1-10, 2018⁴⁶.
- ZIMMER, Carl. Taming pathogens: an elegant idea, but does it work? *Science*, **300**: 1362-1364, 2003⁴⁷.

Data de submissão: 11/06/2018

Aprovado para publicação: 15/09/2018

⁴² Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbem/v41n4/0100-5502-rbem-41-04-0487.pdf>>. Acesso em: 05/02/2018.

⁴³ Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1558-5646.1957.tb02911.x>>. Acesso em: 25/06/2016.

⁴⁴ Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~nesse/Articles/DawnDarwinianMed-QRB-1991.pdf>>. Acesso em: 28/10/2011.

⁴⁵ Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.535.9588&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 06/04/2017.

⁴⁶ Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.17-08-019>>. Acesso em: 20/05/2018.

⁴⁷ Disponível em: <https://www.academia.edu/2744845/Taming_pathogens_An_elegant_idea_but_does_it_work?auto=download>. Acesso em: 13/11/2016.

Agregados, mistos e organismos vivos em Aristóteles: um delineamento de *Scala Naturae*

Rodrigo Romão de Carvalho *

Resumo: Neste artigo, procurarei investigar as naturezas próprias ou distintivas das composições elementares, dos mistos ou corpos homogêneos inanimados, e dos organismos vivos, de modo a traçar um paralelo entre esses tipos de composições naturais em Aristóteles. Assim, pretenderei discernir as diferenças composicionais entre os compostos mais básicos, a saber: as composições elementares; os compostos intermediários, isto é, os mistos; e os organismos vivos, considerados, esses últimos, como os compostos naturais mais expressivos. Com esta análise, traçarei um tipo de *scala naturae*, na qual haveria uma mescla de continuidade e de descontinuidade nas passagens entre os compostos elementares para os mistos, e do misto para os organismos vivos.

Palavras-chave: composições elementares; corpos homogêneos inanimados; organismos vivos; *scala naturae*; compostos naturais; Aristóteles

Aggregates, mixed and living organisms in Aristotle: an outline of *Scala Naturae*

Abstract: In this paper, I will investigate the proper or distinctive natures of elemental compositions, inanimate homogeneous or mixed bodies, and living organisms, in order to draw a parallel between these types of natural compositions in Aristotle. Thus, I will discern the compositional differences between the most basic compounds, namely: the elemental compositions; the intermediate compounds, that is the mixed compounds; and the living organisms, the latter considered as the most expressive natural compounds. With this analy-

* Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Av. Prof. Luciano Gualberto, 315, sala 1007, CEP 05508-010, São Paulo, SP. E-mail: romaodc@gmail.com

sis, I will trace a type of *scala naturae*, in which there would be a mix of continuity and discontinuity in the passages between the elementary compounds for the mixed, and the mixed for living organisms.

Keywords elementary compositions; inanimate homogeneous bodies; living organisms; *scala naturae*; natural compounds; Aristotle

1 INTRODUÇÃO

No *De Caelo*, Aristóteles assim se pronunciou a respeito dos elementos (fogo, ar, água e terra), os quais são os componentes básicos de toda e qualquer composição natural:

É elemento, entre os corpos, aquele no qual nos demais corpos se dividem e que está intrinsecamente presente, [...] enquanto que ele mesmo é formalmente indivisível em outro [*sc.* corpos]¹. (Aristóteles, *De Caelo*, III.3, 302a15-18)

Nesse sentido, os quatro elementos são os componentes materiais últimos, a partir dos quais todos os compostos naturais vêm a ser constituídos. No entanto, eles mesmos não seriam constituídos por outros componentes materiais mais elementares, ou mais fundamentais, sendo o alicerce em função dos quais todas as demais substâncias naturais são formadas. Assim, os quatro elementos seriam a matéria prima para todos os tipos de arranjos composicionais que ocorrem na natureza.

Como Mary Louise Gill bem salientou, a matéria primeira não corresponderia a um ingrediente material que, em si, seria indeterminada (a pura matéria, sem qualquer determinação formal)² e que comporia

¹ Com relação às citações das obras de Aristóteles traduzidas para o português, utilizei a edição “Bekker P”, as traduções para o inglês das edições bilíngues da “Loeb Classical Library”, as traduções para o espanhol das edições “Gredos”, e as traduções para o português de L. Angioni dos Livros I e II da *Física* e do Livro I das *Partes dos Animais*.

² Há diferentes posições, entre os estudiosos da literatura aristotélica, em torno da questão de saber se haveria ou não um substrato material, que serviria como suporte às propriedades essenciais ou formais dos quatro elementos. Não entrarei, aqui, no mérito da discussão. No entanto, penso que há boas razões para assumir a posição, defendida por Mary Louise Gill em seu livro *Aristotle on Substance: the paradox of unity*, de que a matéria prima ou a matéria primeira corresponde aos quatro elementos: fogo, ar, água e terra.

os quatro elementos. Esta matéria não corresponderia a um componente ou a um subjacente constituinte, em relação ao qual o princípio formal ou essencial seria expresso por meio de um arranjo ou de uma estrutura composicional (Gill, 1989, p. 77). Se é possível falar em (i) matéria e (ii) forma dos quatro elementos, essa díade, característica do *hilemorfismo* aristotélico, deveria ser estritamente entendida, neste caso, com (i) o item que persiste à mudança entre os elementos e (ii) as propriedades essenciais ou determinantes do elemento que resultou de tal mudança (Gill, 1989, p. 82).

As propriedades essenciais ou formais de caráter qualitativas dos quatro elementos são as seguintes: (i) fogo: o quente e o seco, (ii) ar: o quente e o úmido, (iii) água: o frio e o úmido e (iv) terra: o frio e seco (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II. 3, 330b3-5). Cada um destes elementos é identificado com uma propriedade que lhe é mais própria ou característica: (i) o fogo possui a afecção mais do quente que a do seco; (ii) o ar, a do úmido mais que a do quente; (iii) a água, a do frio mais que a do úmido; e (iv) a terra, a do seco mais do que a do frio (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II.3, 331a3-6). No entanto, apesar de os elementos possuírem, cada qual, um par de qualidades contrárias como características definidoras (fator formal), eles não consistiriam em composições, uma vez que não são constituídos por componentes mais básicos (Gill, 1989, p. 82).

Os quatro elementos se formam uns a partir dos outros. A matéria pela qual eles vêm a ser gerados não possui uma existência separada em relação ao par de qualidades contrárias que os caracterizam como tais. Isto é, ela é intrinsecamente associada às propriedades formais que os definem e que os determinam como fogo, ou ar, ou água, ou terra (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II.1, 329^a24-26)³. O que se altera no processo de mudança que implicará na geração de um elemento por meio de outro é uma das duas qualidades, ou uma das duas afecções, essenciais que o elemento ainda preserva no estado de transição. Este processo de mudança é descrito da seguinte maneira:

³ Segundo David Charles, não seria necessário “postular um subjacente material imperceptível para explicar as mudanças elementares. Basta que haja um objeto lógico, o subjacente, em virtude do qual diferentes tipos de matéria perceptível são (de tempos em tempos) capazes de sofrer geração e corrupção deste tipo.” (Charles, 2003, p. 146).

O ar resultará do fogo ao alterar uma das duas qualidades (este último é quente e seco e aquele, quente e úmido, de modo que haverá ar se o seco é dominado pelo úmido) e, por sua vez, a água procederá do ar se o quente é dominado pelo frio (o segundo é quente e úmido, e a primeira, fria e úmida; portanto, haverá água ao produzir-se a alteração do quente). Ocorre de igual modo quando a terra surge da água e o fogo da terra, pois em ambos pares cada elemento possui características que se correspondem com as do outro. A água, de fato, é úmida e fria, enquanto que a terra é fria e seca, de maneira que ao ser dominado o úmido haverá terra. Por sua parte, dado que o fogo é seco e quente, e a terra fria e seca, se o frio vem a se destruir, surgirá o fogo a partir da terra. (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II.4, 331^a26-331b2)

Desta maneira, os quatro elementos interagem uns em relação aos outros, de modo a produzir, entre eles, uma constante e dinâmica cadeia gerativa autossustentável. A seguir, procuraremos fazer uma breve caracterização dos tipos de compostos naturais, gerados a partir dos quatro elementos, de modo a indicar as suas principais diferenças, para, em seguida, delinear um tipo de *scala naturea* com base nesta caracterização.

2 OS AGREGADOS

A partir dos quatro elementos, vêm a ser gerados, de acordo com um modelo básico, três tipos de composições naturais: (i) os agregados, (ii) os mistos ou as substâncias homogêneas inanimadas e (iii) os organismos vivos (Cohen, 1996, p. 88). O agregado (*sugkrínein*) é um tipo de composição simples na qual as partes se conservam como são numa relação de mera justaposição (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II.7). O fogo, o ar, a terra e a água seriam exemplos de composições deste tipo (Aristóteles, *Metafísica*, VII.16, 1040b8-10), porém não enquanto corpos que correspondem aos elementos de natureza, respectivamente, ígnea, aérea etc., mas sim aquelas combinações constatadas empiricamente como, por exemplo, o fogo de uma fogueira, a terra de uma colina etc.:

O fogo, o ar e cada um dos corpos mencionados não são simples, mas combinações. Os corpos simples são como estes últimos, mas não são idênticos a eles; por exemplo, o corpo simples semelhante ao fogo é

ígneo, não fogo, e o que é semelhante ao ar é aéreo, e o mesmo ocorre nos demais casos. (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II.3, 330b21-25)

Estas combinações perceptivelmente indiferenciadas se enquadrariam em um nível mais básico de composições naturais, pois o substrato de todas elas é idêntico, ou seja, o fogo de uma fogueira seria apenas constituído pelo elemento Fogo de natureza ígnea, a terra de uma colina ou do solo, apenas pelo elemento Terra de natureza terrosa etc.

No entanto, tais composições elementares não constituiriam *em efetividade* certas unidades, a não ser se consideradas como sendo *em potência* efetivas unidades, ou *em potência* propriamente substâncias, uma vez que os componentes materiais através dos quais elas são compostas só se manteriam associados entre si segundo uma relação de simples contiguidade, ou de simples justaposição (Cohen, 1996, p. 131). Os agregados elementares constituiriam verdadeiras unidades, ou verdadeiras substâncias, somente na medida em que, por um processo de cocção, alguma outra coisa deles viesse a ser gerada (Aristóteles, *Metafísica*, VII.16, 1040b5-10), como por exemplo o ferro, que é uma mistura homogênea inanimada.

3 OS MISTOS OU COMPOSTOS HOMOGÊNEOS INANIMADOS

Os compostos homogêneos inanimados, tal como o bronze e a prata, situam-se em meio aos agregados elementares e às composições orgânicas. Apesar de não apresentarem um conjunto complexo e articulado de partes constituintes, os compostos homogêneos inanimados representam determinadas misturas, nas quais os componentes envolvidos sofrem alterações (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, I.10, 328b21-22), de modo a gerar um todo distinto das partes que o constituem⁴.

⁴ Theodore Scaltsas, no seu artigo *Mixing the elements*, afirma que, embora seja criada uma nova entidade com a geração do misto por meio de seus componentes elementares, não se trataria de uma composição substancial (Scaltsas, 2013, p. 4). Ao contrário do que ele afirma, penso que, a partir da geração de uma composição homogênea inanimada ou de um misto, tem-se, de fato, uma composição substancial. Os compostos naturais que não comportariam o caráter de ser, de fato, substâncias se restringiriam aos agregados elementares. O misto teria o caráter de substância, justamente na medida

Estas alterações acontecem no momento em que, na mistura (*mixis*), ocorre certo grau de equilíbrio entre os poderes (*dynámeis*) dos componentes, fazendo com que as diversas propriedades destes componentes se convertam em algo comum (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, I.10, 328^a28-31).

Na mistura, os elementos composicionais deixam de apresentar suas características próprias - tais como quente, frio, úmido e seco - para assumir outras características comuns ao composto homogêneo como um todo. Por exemplo, certa viscosidade, certa dureza etc. No entanto, estas características próprias dos elementos composicionais não são destruídas na mistura. Elas se mantêm em potência na mistura, podendo vir a se tornarem em ato na medida em que o corpo homogêneo se desfaz:

Dado que há entes que são em potência e entes que são em ato, é possível que as coisas misturadas sejam em um sentido e, em outro sentido, não sejam, resultando o produto de sua combinação diverso delas em ato, mas podendo cada ingrediente ser em potência o que era antes de se misturar, e não ser destruído. (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, I.10, 327b22-26)

De um modo geral, as composições homogêneas vêm a ser formadas em função do frio e do calor naturais (Aristóteles, *Meteorológicos*, IV.1, 378b15-16, 379^a1-3; IV.8, 384b24-25; *Geração dos Animais*, II.6, 743^a3-5), na medida em que determinada mistura de elementos sofre o efeito do calor natural (Aristóteles, *Meteorológicos*, IV.11, 389b7-9), que desencadeia um processo de cocção (Aristóteles, *Meteorológicos*, IV.1, 379b19-21), e é esfriada após esse processo. O calor natural, ao ser incorporado na composição (Aristóteles, *Partes dos Animais*, II.2, 649^a24-25), é capaz de gerar uma substância homogênea, na qual as propriedades essenciais dos componentes elementares se convertem em determinadas propriedades características comuns ao composto como um todo (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, I.10, 328^a28-31), por exemplo, certa solidez, fundibilidade, fragmentabilidade, viscosidade etc. (Aristóteles, *Meteorológicos*, IV.8, 385^a11 e ss.).

em que as propriedades essenciais que o caracterizam como tais passam a ser distintas daquelas propriedades próprias de seus componentes materiais, mesmo que de uma maneira rudimentar relativamente aos organismos vivos.

4 AS COMPOSIÇÕES ORGÂNICO-ANIMADAS

As composições orgânicas também vêm a ser formadas mediante calor por um processo de cocção⁵, mas se trata de um calor específico, a saber, o calor vital, que tem uma natureza distinta daquela do calor do fogo (Aristóteles, *Geração dos Animais*. II.3, 736b34 e ss.). A incorporação e a preservação do calor vital nas composições orgânicas não dependem de condições externas do meio ambiente, mas, como observou Gad Freudenthal, de uma fonte internalizada de fornecimento (Aristóteles, *Geração dos Animais*, II.3, 650^a3-7; Freudenthal, 1995, p. 65).

Nas plantas⁶, esta fonte corresponderia à absorção do calor que se encontra na terra pela raiz (Aristóteles, *Geração dos Animais*, II.3, 650^a20-23), e, nos animais, ao coração ou ao análogo⁷ (Aristóteles, *Parva Naturalia*, 469b10-12), mediante, ao que tudo indica, os movimentos pulsativos. Com efeito, de acordo com Aristóteles, o coração entre os animais sanguíneos, e entre os não sanguíneos o análogo, é a primeira parte diferenciada do desenvolvimento embrionário a se for-

⁵ Relativamente à formação dos tendões e dos ossos ver: *Geração dos Animais*, II.6, 743^a18-21.

⁶ Com relação ao processo reprodutivo das plantas, Aristóteles escreveu o seguinte: “Nas plantas estas faculdades [sc. sexuais] estão mescladas, e não está diferenciada a fêmea do macho. Por isso se reproduzem a partir de si mesmos, e não expõem sêmen, mas sim um embrião, as chamadas sementes. [...] O ovo é um embrião e de uma parte dele se forma o animal e o resto é alimento; também, de uma parte da semente se forma a planta, e o resto se converte em alimento para o talo e à primeira raiz” (Aristóteles, *Geração dos Animais*, I.23, 731a1-9). Sobre o caráter hermafrodita das plantas, é dito seguinte: “Não há nenhuma outra função nem atividade na entidade das plantas que a produção da semente, de modo que como isto sucede ao unir-se a fêmea e o macho, a natureza os mesclou e os colocou juntos: por isto, nas plantas a fêmea e o macho são inseparáveis” (Aristóteles, *Geração dos Animais*, I.23, 731a24-29). Entretanto, quanto a algumas propriedades de caráter qualitativas da plantas, Aristóteles parece distinguir entre um aspecto masculino e outro feminino. No pequeno tratado “Sobre as Plantas”, o filósofo afirma, a respeito das tâmaras, a presença de atributo masculino quando as folhas delas crescem primeiro relativamente às do que seriam do gênero feminino, e, além disso, as tâmaras “macho” exibiriam um maior odor exalado (Aristóteles, *Sobre as Plantas*, 821a17-20).

⁷ Por exemplo, o análogo do coração nos insetos seria aquela parte que desempenharia a mesma função em um mamífero, embora careça de um nome específico. Esta ideia valeria, também, para outras partes além do coração.

mar, de modo a servir de princípio gerativo para as demais partes orgânicas, tanto as homogêneas (por exemplo, a carne, o osso, o sangue, etc. (Aristóteles, *Partes dos Animais*, I.1, 640b19-20)), quanto às não homogêneas (por exemplo, o rosto, a mão, o pé, etc. (*ibid.*, 640b20-21), os quais vêm a ser constituídos pelas partes homogêneas (*ibid.*, II.1, 646b25-26) (Aristóteles, *Geração dos Animais*, II.4, 740^a18-20; II.5, 741b15-16).

Estreitamente associado ao calor vital está o *pneuma*, ou sopro vital. No ato conceutivo, o *pneuma*, contido no *sperma* proveniente do progenitor, imprime ou transmite ao substrato *katamenial*, isto é, ao resíduo menstrual fornecido pela fêmea, os movimentos *morfogenéticos* e o calor vital (Aristóteles, *Geração dos Animais*, I.20, 729^a29-34; II.3, 736b34-37; II.6, 743^a27-29; II.6, 743a1-26; III.11, 762b17-18):

O calor está presente no resíduo espermático e contém o movimento e a atividade em quantidade e qualidade na devida proporção para se adequar a cada uma das partes. (Aristóteles, *Geração dos Animais*, II.6, 743a27-29)

Tais movimentos e o calor vital atuam de modo a gerar, nos animais, primeiramente o coração ou o análogo. A partir deste, servindo como fonte e preservação do calor no interior do organismo em formação, é desencadeado o processo de geração das outras partes que compõem o todo orgânico. Iniciada a fecundação, a geração das partes que compõem a compleição orgânica se dá, então, de uma maneira estritamente necessária, tal como “os mecanismos automáticos” (*tà autó-mata tòn thaumáton*) que, tendo uma de suas partes movidas, a parte seguinte imediatamente se põe em atividade (Aristóteles, *Geração dos Animais*, II.1, 734b10-13, 741b6-9).

5 *SCALA NATURAE*

O complexo arranjo ou disposição composicional do organismo vivo se distingue sobremodo do tipo mais básico de composições naturais, ou seja, os agregados elementares tais como, por exemplo, a água de uma poça. Mas, apesar de haver uma grande diferença entre o caráter composicional das constituições orgânicas e os agregados elementares situados em um primeiro e mais, digamos, rudimentar nível de composições naturais, não haveria, em certo sentido, uma escala

descontínua entre os seres inanimados e animados (Aristóteles, *Partes dos Animais*, IV.5, 681^a12-28; Freudenthal, 1995, pp. 66-67).

Parece que Aristóteles, em seus escritos, não procurou desenvolver de um modo preciso e sistemático a ideia ou a noção de uma *scala naturae*. Porém, por meio de algumas poucas passagens dispersas aqui e ali, seria possível notar alguns traços relativos a uma noção de “escala da natureza”, como, por exemplo, na seguinte passagem da *História dos Animais*:

A natureza passa gradualmente dos seres inanimados aos dotados de vida, de tal modo que esta continuidade torna imperceptível a fronteira que os separa, não permitindo decidir a qual dos dois grupos pertence a forma intermédia. De fato, depois do gênero dos seres inanimados vem, em primeiro lugar, o dos vegetais. Entre estes, uma planta se distingue da outra porque parece que participa mais do caráter da vida. O reino vegetal no seu conjunto, se comparado com os corpos inertes, quase parece animado; em comparação com o reino animal, parece inanimado. (Aristóteles, *História dos Animais*, VIII.1, 588b4-10)

De acordo com o trecho supracitado, Aristóteles compartilharia a ideia de que não há uma escala descontínua entre os seres naturais, partindo gradativamente dos seres inanimados aos dotados de vida. Entretanto, tem-se a impressão que o filósofo naturalista não estaria se referindo, neste âmbito de discussão, a uma análise da complexidade interna inerente a cada tipo de substância natural. Por outro lado, parece que ele estaria levando em consideração apenas os tipos de unidades substanciais, em função de suas capacidades dinâmico-comportamentais. Esta apreciação poderia ser corroborada por outras passagens que tratam da mesma questão, e que seguem mais ou menos uma mesma linha de raciocínio:

De uma maneira geral, todo o gênero dos testáceos se parece com as plantas, por comparação com os animais que se deslocam. (Aristóteles, *História dos Animais*, VIII.1, 588b16-17)

As ascídias pouco se diferenciam das plantas em sua natureza, porém, estão mais próximas dos animais do que as esponjas: de fato, estas têm totalmente as características de uma planta. A natureza passa, certamente, sem interrupção dos seres inanimados aos animais através de seres vivos que não são animais, de tal modo a parecer que um ser se

diferencia de outro de forma mínima, ao estarem relacionados uns aos outros. (Aristóteles, *Partes dos Animais*, IV.5, 681a9-15)

Nestes trechos, é possível notar a ideia de uma escala natural gradual e contínua no sentido de que, na base, os seres inanimados, **tal como** os metais ou os minerais, e os primeiros seres dotados de vida, as plantas, passariam despercebidamente, ou de uma maneira pouco manifesta, de um estado inerte para um estado quase-inerte na natureza. Da mesma forma, as esponjas com relação às plantas, situadas (as esponjas) em um nível um pouco mais acima da série gradual em questão. As ascídias, por sua vez, manifestariam rudimentos de comportamento animal, embora ainda mantivessem aspectos condicionais de ser, semelhantes aos das esponjas. Assim, seguir-se-ia dos animais mais simples até os animais mais complexos, culminado naqueles providos de vontade consciente ou deliberativa, ou seja, nos seres humanos.

No entanto, como Freudenthal observou, além desta concepção de escala natural, gradual e contínua, seria possível, também, depreender a ideia de outra *escala naturae* não mais contínua e sim discreta, mas agora restrita somente aos seres vivos, no âmbito das faculdades anímicas (Freudenthal, 1995, pp. 66-67). É comum a todos os seres vivos, das plantas, passando pelos animais inferiores, aos superiores, a capacidade de nutrir-se e de reproduzir-se. Estas atividades anímicas da faculdade nutritiva estariam na base de uma escala de funções vitais, as quais se apresentam de uma maneira exclusiva nas plantas, mas, nos animais, dão suporte a uma série de outras funções gradativamente mais complexas e discretas.

Nos animais, a faculdade nutritiva está como que contida na faculdade sensitiva. De um modo mais estrito, a capacidade da faculdade sensitiva não se restringe apenas à função de perceber, mas também a de sentir prazer ou dor e, portanto, de desejar (Aristóteles, *De Anima*, II.3, 414b1-2). Ademais, haveria outras funções derivadas da faculdade sensitiva, que existem na maior parte dos animais, mas não em todos: a imaginação, a partir da qual se desenvolve a memória, e a atividade de locomover-se (Aristóteles, *De Anima*, II.3, 414b16-17; *Parva Naturalia*, 450^a22-24), que possibilita a fuga da dor e a busca pelo prazer.

Estes fatores funcionais ligados, estritamente, à faculdade sensitiva fazem com que os animais não simplesmente existam como viventes, na medida em que eles não vivem somente para aproveitarem-se do

alimento e para se reproduzirem, mas, além disso, e de uma forma mais característica, *para viverem bem* (Aristóteles, *De Anima*, 435b19-20; 434b24). Antes de tudo, o animal deve possuir a capacidade do tato, de modo a comportar as condições mínimas de sobrevivência (Aristóteles, *De Anima*, III.12, 434b13-14). No entanto, para além do tato, os outros sentidos têm como finalidade proporcionar uma existência melhor ao vivente:

Os demais sentidos⁸ [...] possuem o animal não simplesmente com o fim de poder subsistir, mas para que goze de uma existência melhor: por exemplo, a vista para ver, já que vive no ar ou na água ou – de um modo geral – em um meio transparente; o gosto⁹ em função do prazer e da dor para que, os percebendo no alimento, apeteça e se mova; a audição para captar sinais dirigidos a ele e a língua, enfim, para emitir sinais dirigidos a outros. (Aristóteles, *De Anima*, III.13, 435b19-25)

Através da percepção visual, gustativa, da locomoção, e da percepção auditiva, é possível que o animal procure melhores fontes de alimentos, ou evite riscos de morte por causa da ação climática ambiente ou de atividades predatórias etc.

Os seres que têm sensibilidade, além de vida, têm uma forma mais variada, e alguns mais que outros, e é mais complexa naqueles cuja natureza participa não só de vida, mas do viver bem. (Aristóteles, *Partes dos Animais*, II.10, 656a3-6)

Agora, penso que há, ainda, outro tipo de *scala naturae*, o qual poderia, também, ser depreendido da concepção aristotélica de natureza. Este tipo de escala da natureza levaria em conta tanto (i) o aspecto da unidade e da coesão interna, bem como (ii) o aspecto de independência das propriedades essenciais relativamente às características próprias dos componentes materiais, ou relativamente a outros tipos de unida-

⁸ Afora o tato.

⁹ De acordo com Aristóteles, o gosto ou paladar (*gensis*) é uma espécie de tato, pois tal como esse, o gosto é percebido por um contato direto entre o objeto tangível e o corpo, e não através de um meio transmissor, como acontece no caso do olfato, da audição e da visão (*De Anima*, II.10, 422^a8-11, III.12, 434b13 e ss.; *Parte dos Animais*, II.10, 657^a1, II.17, 660^a23).

des “entitativas”, como dois aspectos fundamentais para a caracterização geral das substâncias naturais (Aristóteles, *Metafísica*, V.8, 1017b25)¹⁰.

Alguns autores observaram que as substâncias naturais difeririam entre si segundo níveis graduais de unidade e de coesão interna (Angioni, 2000, p. 161; Cohen, 1996, pp. 128-135; Freudenthal, 1995, pp. 65-70), representando uma escala crescente de complexidade composicional, que partiria das composições elementares, passando pelos compostos homogêneos inanimados, aos organismos vivos (Gill, 1989, p. 42). Contudo, além deste fator “unidade”, acrescentaria, também, o fator “independência”, como procurarei expor nos parágrafos seguintes.

Com relação ao aspecto da unidade, haveria, por um lado, certa descontinuidade entre os agregados elementares e os mistos e, por outro, certa continuidade entre os mistos e os organismos vivos: os agregados elementares, ainda que de uma maneira precária, possuiriam certa unidade mas não coesão interna, dado que seus componentes se associam de uma forma contígua e não mesclada; as misturas homogêneas inanimadas comportariam unidade e um efetivo princípio de coesão interna; e os organismos vivos apresentariam unidade e um alto grau de coesão interna.

Todavia, considero que, no que se refere ao aspecto de independência das propriedades essenciais ou formais dos compostos naturais, a escala não seria também inteiramente contínua, mas agora, discreta, na medida em que se passa dos mistos aos organismos vivos. Na base, as propriedades próprias dos componentes que constituem os agregados elementares preservam-se como tais, visto que neste tipo de composição natural os elementos estão associados entre si em uma relação

¹⁰ Nesta passagem, Aristóteles vale-se das expressões (i) *tóde ti* e (ii) *keboristôn*, as quais, de uma maneira literal, poderiam ser traduzidas por (i) “um isto” e por (ii) “separado”. Entendo que “um isto” e “separado” remeteriam, de um modo direto, às ideias ou aos sentidos de, respectivamente, “algo uno” ou “uma unidade”, e “o que é independentemente de outra coisa”, justamente por ser separado. Penso que tais expressões, além disso, estariam estreitamente vinculadas à noção de forma ou de essência, na medida em que aquilo que define “o que algo é” é a sua natureza própria, específica, ou seja, algo que é uno e independente de outras características.

de mera justaposição. Entre os agregados elementares e os organismos vivos encontram-se, em uma posição intermediária, os mistos ou compostos homogêneos inanimados, tais como o ferro, o bronze, a prata etc. As propriedades formais destas composições diferem das características essenciais dos elementos materiais que as constituem, porém de uma maneira mais próxima. Por exemplo, a dureza do ferro ou a fundibilidade do bronze (propriedades formais dos mistos) resulta diretamente da atuação do calor ou do frio sobre o úmido e o seco (propriedades formais dos elementos). Isto ocorreria na medida em que, na mistura dos elementos composicionais, atinge-se um termo médio entre as qualidades contrárias, de acordo com a proporção de elementos de dada mistura (Aristóteles, *Geração e Corrupção*, II.2, 329b32-34; II.7, 334b24-30).

Por outro lado, na extremidade desta escala, as propriedades formais de natureza orgânico-funcionais dos organismos vivos diferem sobremaneira das propriedades próprias de suas partes composicionais: em um primeiro momento, as propriedades de caráter orgânico-funcionais, do conjunto articulado de funções vitais que as partes não homogêneas do organismo são capazes de realizar, distinguem-se notadamente das características essenciais, de natureza qualitativa (como certa fragmentabilidade, certa fundibilidade etc.), das partes homogêneas que compõem as partes não homogêneas; e, em um segundo momento, as propriedades formais do organismo vivo distingue-se ainda mais das características próprias dos elementos (calor, frio, úmido e seco), que estão na base de todo o complexo composicional (partes homogêneas, partes não homogêneas e o todo orgânico).

6 CONCLUSÃO

A *scala naturae* que aqui examino e exponho a partir da filosofia natural de Aristóteles seria, então, quanto ao fator “unidade”, contínua entre os mistos e os organismos vivos, mas descontínua entre os agregados elementares e os mistos. Por outro lado, no tocante ao fator “independência”, a escala teria certa continuidade entre os agregados elementares e os mistos, mas seria descontínua ou discreta entre os mistos e os organismos vivos. Com o intuito de procurar deixar mais claro este ponto, recapitulo sinteticamente o que foi exposto:

- i. O *fator unidade*: os agregados elementares manifestam unidade, mas não uma coesão interna que lhes assegurassem uma unidade “de fato”, no sentido pleno da expressão; os mistos manifestam unidade e um princípio de coesão interna; os organismos vivos manifestam unidade e um alto grau de unidade interna.
- ii. O *fator independência* : os agregados elementares apresentam as mesmas propriedades características de seus componentes; os mistos apresentam propriedades formais distintas daquelas de seus componentes materiais, porém próximas; os organismos vivos apresentam propriedades formais bastante distintas de sua complexa matéria composicional, tanto de um modo mais direto, relativamente às características próprias dos compostos homogêneos animados, quanto de um modo mais indireto, relativamente aos elementos.

No tocante ao fator *unidade* haveria, portanto, uma (i) descontinuidade entre os compostos elementares (pseudo-unidades) e os mistos, mas (ii) continuidade entre os mistos e os organismos vivos. Isto porque (i) os compostos elementares não comportariam, propriamente, uma unidade e os mistos já apresentariam, de fato, uma unidade composicional simples, ou básica; e (ii) dos mistos aos organismos vivos haveria um aumento gradativo relativamente a uma consistência unitária entre os dois tipos de compostos, partindo de uma unidade mais simples para uma, mais complexa.

Contudo, quanto ao fator *independência*, haveria certa (i) continuidade entre os compostos elementares e os mistos (propriedades qualitativas), mas uma (ii) descontinuidade entre os mistos e os organismos vivos (propriedade funcional). Isto porque (i) tanto os compostos elementares, quanto os mistos exibem certas características essenciais de natureza qualitativa, mesmo que entre as propriedades próprias do todo composicional dos mistos e as propriedades próprias de seus componentes materiais sejam distintas, pois ambas possuem características comuns, sendo que umas (propriedades essenciais do todo) são diretamente derivadas das outras (propriedades essenciais das partes); e (ii) entre as propriedades formais da compleição orgânica animada

(atributos funcionais) e as propriedades formais de suas partes constituintes, a saber, os elementos e as partes homogêneas (atributos de caráter qualitativos), haveria uma distinção de natureza e não de grau, mas entre as propriedades formais do todo composicional dos mistos (por exemplo, dureza, brandura, viscosidade etc.) e as propriedades formais das partes elementares (quente, frio, seco e úmido) haveria uma diferença de grau e não de natureza. Sendo assim, nesta escala ocorreria um misto de continuidade e de descontinuidade nos pontos interseccionais de sua linha gradativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGIONI, Lucas. O hilemorfismo como modelo de explicação científica na filosofia da natureza em Aristóteles. *Kriterion*, **41** (102): 136-164, 2000.
- _____. *As noções aristotélicas de substância e essência*. Campinas: Editora Unicamp, 2008.
- ARISTÓTELES. *Opera*. Vols. I-II, in: BEKKER, August Immanuel (ed.). *Aristotelis Opera edidit Academia Regia Borussica*. 5 vols. Berlim: Academia Regia Borussica, 1831-1871.
- _____. *Generation of Animals*. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1953.
- _____. *Minor works – On colours; On things heard; Physiognomics; On plants; Mechanical problems; On indivisible lines; Situations and names of winds; On Melissus; Xenophanes, and Gorgias*. Trad. H. S. Hett. London: Harvard University Press, 1955.
- _____. *On Sophistical refutations; Or coming-to-be and passing away; On the cosmos*. Trad. E. S. Foster; D. J. Furley. London: The Loeb Classical Library, 1955.
- _____. *On the soul; Parva Naturalia, On breath*. Trad. W. S. Hett. London: The Loeb Classical Library, 1957.
- _____. *Parts of animals; Movement of animals; Progression of animals*. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1961.
- _____. *History of animals*. Books I-III. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1965.
- _____. *History of animals*. Books IV-VI. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1970.
- _____. *History of animals*. Books VII-X. Trad. D. M. Balme. London: The Loeb Classical Library, 1991.

- _____. *Investigación sobre los animales*. Trad. J. P. Bonet. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1992.
- _____. *Reproducción de los Animales*. Trad. E. Sánchez. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1994.
- _____. *Acerca del cielo; Meteorológicos*. Trad. M. Candel. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1996.
- _____. *Acerca de la generación y la corrupción; Tratados Breves de Historia Natural*. Trad. E. La Croce, e A. B. Pajares. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1998.
- _____. *As partes dos animais*. Livro I. Trad. L. Angioni. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 9 (3) (n. especial), 1999.
- _____. *Partes de los animales; Marcha de los animales; Movimiento de los animales*. Trad. E. J. Sánchez-Escariche; A. A. Miguel. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2000.
- _____. *Física*. Trad. G. R. de Echandía. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2002.
- _____. *Acerca del alma*. Trad. T. C. Martínez. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2003.
- _____. *Metafísica*. Trad. T. C. Martínez. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2006.
- _____. *Física*. Livros I-II. Trad. L. Angioni. Campinas: Editora Unicamp, 2009.
- _____. *De Partibus Animalium I and De Generatione Animalium I (with passages from II.1-3)*, in BALME, D. (ed.). *Aristotle*. Oxford: Clarendon Press, 2001.
- CHARLES, David. Geração simples e matéria prima em G.C.I. Trad. Luis Marcio Nogueira Fontes. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 13 (2) 131-156, 2003.
- COHEN, Sheldon. *Aristotle on nature and incomplete substance*. New York: Cambridge University Press, 1996.
- FREUDENTHAL, Gad. *Aristotle's theory of material substance: heat and pneuma, form and soul*. Oxford: Clarendon Press, 1995.
- GILL, Mary Louise. *Aristotle on substance: The paradox of unity*. Princeton: Princeton University Press, 1989.
- SCALTSAS, Theodore. Mixing the elements. Pp. 242-259, in: ANAGNOSTOPOULOS, G. (ed.). *A companion to Aristotle*. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.

Data de submissão: 15/05/2018

Aprovado para publicação: 12/07/2018

Sobre política, raças humanas e biologia

José Costa Júnior *

Resenha do livro de Francisco Bethencourt, *Racismos: Das Cruzadas ao século XX*. Tradução de Luís Oliveira Santos e João Quina Edições. São Paulo: Companhia das Letras, 2018. 603 páginas. ISBN: 978-85-359-3046-7.

About politics, human races and biology

Book review: Francisco Bethencourt, *Racismos: Das Cruzadas ao século XX*. Tradução de Luís Oliveira Santos e João Quina Edições. São Paulo: Companhia das Letras, 2018. 603 páginas. ISBN: 978-85-359-3046-7

Pode-se tentar compreender o fenômeno do racismo a partir de diversas possibilidades de investigação. Nos termos das ciências sociais, por exemplo, pode-se pesquisar (i) os modos e critérios a partir dos quais seres humanos se classificam e se separam, (ii) as consequências sociais de tais classificações e (iii) a história de tais práticas. Já nos termos das ciências naturais, pode-se investigar se existem realmente diferenças entre os agrupamentos humanos que permitem que nos classifiquemos em “raças” diferentes, com traços físicos e comportamentais distintos. Também podemos abordar os modos como tais ciências, ao longo da história, desenvolveram hipóteses que acabaram por criar ou justificar posições em relação à existência ou não de raças humanas, justamente com suas consequências. Já nos termos da filosofia, podemos abordar os conceitos e as justificativas envolvidas nos processos de diferenciação e segregação humanas, entre outras possibilidades conceituais e normativas. Por fim, em termos da psicologia, para ficarmos num último exemplo, pode-se pesquisar como as identidades sociais e raciais se constroem e perpetuam nos indivíduos, juntamente com o impacto social de tais circunstâncias.

* Núcleo de Filosofia e Ciências Sociais, Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Ponte Nova. Praça José Emiliano Dias, 87, Centro, CEP 35430-034, Ponte Nova, MG. E-mail: jose.junior@ifmg.edu.br

O historiador português Francisco Bethencourt oferece em *Racismos: Das Cruzadas ao século XX* uma pesquisa que envolve uma vasta investigação interdisciplinar sobre o fenômeno, que contempla tanto a história e as consequências do racismo, quanto o papel e o lugar das ciências naturais na estipulação de pressupostos racistas, além de conceitos e identidades envolvidos no fenômeno. Para além das análises tradicionais sobre o tema, Bethencourt defende que o racismo foi historicamente motivado por projetos políticos, com vistas à dominação social e à manutenção de estruturas políticas e econômicas. Em relação ao papel das ciências naturais, sua análise também rompe com a visão relativamente consensual da área, de que a teoria das raças antecede o racismo. Nesse aspecto, o autor busca mostrar como o discurso das biociências foi utilizado para manutenção e justificativa de práticas racistas, a partir de bases científicas questionáveis e limitadas. No que segue, apresento de maneira resumida os passos da investigação de Bethencourt para elucidar sua posição e, posteriormente, ofereço algumas observações, especificamente sobre a sua análise do papel das teorias científicas sobre raças e racismo.

O livro está dividido em uma introdução, cinco partes e uma conclusão. Bethencourt inicialmente elucida o termo “raça”, palavra de significado instável, “que começou a ser utilizada na Idade Média como sinônimo de casta, aplicada à cultura de plantas e à criação de animais” (Bethencourt, 2018, p. 29), e “racista”, descrição que designava, em finais do século XIX e início do século XX, aqueles que “promoviam a teoria racial de então combinada com a hierarquia de raças” (*Ibid.*, p. 28). Ao longo do tempo, tal terminologia foi além do discurso científico e passou a categorizar seres humanos (“raça branca”, “raça negra”) e práticas sociais vinculadas a tal categorização (“políticas racistas”, “ciência racista”). O autor acompanha a contestação científica contemporânea da base biológica de raças humanas e destaca o fato de que a variação genética dentro das raças consideradas nos parâmetros tradicionais é maior do que entre raças distintas, embora se aceite a existência de aglomerados étnicos específicos com predisposições clínicas em termos de imunidade e vulnerabilidade a doenças. No entanto, o racismo, definido como a atribuição de conjuntos de traços físicos e/ou mentais reais ou imaginários a grupos étnicos específicos, com base na crença de que são características que passam de geração para geração e tornam tais grupos inferiores, não encontra apoio nas publicações científicas.

Na primeira parte, intitulada “As Cruzadas”, o autor aborda em quatro capítulos os conceitos envolvidos nas percepções clássicas gregas e romanas sobre as diferenças e classificações dos seres humanos, juntamente com o impacto da chegada dos “bárbaros” e muçulmanos aos seus territórios. Trata também da reconquista e expansão cristã e do curioso conflito entre o dito universalismo cristão e a discriminação e segregação de judeus e muçulmanos, simbolizado na cidade de Jerusalém. O objetivo de Bethencourt aqui, ao discutir e apontar exemplos de tais diferenciações, é evidenciar o caráter político e social das práticas segregacionistas, com vistas ao domínio socioeconômico.

Já na segunda parte (“Exploração oceânica”), Bethencourt apresenta o contato com novos povos por parte dos europeus e a constante “personificação dos continentes”, a partir de características físicas e comportamentais, numa forma de etnocentrismo que hierarquiza os diferentes povos a partir de critérios específicos. Em diferentes capítulos, o autor aponta as descrições e classificações de africanos, americanos, asiáticos e até mesmo de grupos europeus que não partilhavam de determinadas práticas e culturas. Tais discriminações buscavam evidenciar a pretensa superioridade de determinados povos e a consequente necessidade de cuidado e dominação por parte de alguns humanos sobre outros.

Explorando a principal consequência da expansão marítima, temos na terceira parte do livro (“Sociedades coloniais”), uma análise das classificações e estruturas étnicas realizadas nas diversas colônias europeias pelo mundo, juntamente com os diversos projetos e políticas de discriminação e segregação estruturados nos continentes sob domínio político e militar. Aqui o argumento de Bethencourt encontra bons exemplos na iconografia da época, nas descrições realizadas por naturalistas e viajantes sobre as “gentes e práticas” de diversos locais, além dos processos de escravização. Como contraponto, o autor analisa também as reações a tais projetos, como o caso das lutas abolicionistas na América e as revoltas anticoloniais em diversos continentes.

Na quarta parte, “Teorias da raça”, Bethencourt apresenta e examina as abordagens científicas e naturalistas das classificações dos seres humanos partindo da sistematização desenvolvida por Carl Von Linné (1707-1778), em 1753, cuja diferenciação em quatro categorias já evidenciava algum grau de hierarquização (“branco europeu, americano vermelho, asiático escuro e africano negro”). O autor descreve algumas análises classificatórias realizadas por diferentes filósofos, incluindo os que se dedicavam aos estudos da então chamada filosofia natural,

como Voltaire (1694-1778), Conde de Buffon (1707-1788), Petrus Camper (1722-1789), Immanuel Kant (1724-1804), George Cuvier (1769-1832), Alexander Von Humboldt (1769-1859), entre outros, que antecederam às hipóteses do racialismo científico, como aquela desenvolvida por Joseph Arthur de Gobineau (1816-1882) (numa defesa da desigualdade entre as raças humanas). O arianismo, posição que defendia a pretensa superioridade de uma civilização, também é discutido por Bithencourt, que evidencia os mitos e as origens dessa construção que assolou a Europa entre a segunda metade do século XIX e início do século XX. Por fim, temos uma análise das consequências da hipótese de Charles Darwin, que escapam de uma teoria científica sobre a origem da diversidade das formas de vida para uma teoria social que pressupunha a superioridade e desenvolvimento de algumas raças sobre outras. A face mais conhecida desse escape é o darwinismo social teorizado por Herbert Spencer (1820-1903) e desenvolvido por outros teóricos.

Cabe aqui uma observação acerca da análise de Bethencourt sobre os modos como a teoria evolucionista darwiniana foi apropriada por posicionamentos políticos e sociais questionáveis. Primeiramente, deve-se ressaltar que, como homem de seu tempo, Darwin partia de posicionamentos antropológicos questionáveis sobre o grau de desenvolvimento do homem europeu e aqueles que denomina como “selvagens”. No entanto, sua hipótese científica não avança consequências políticas e/ou morais sobre essa situação. Ao propor uma origem comum para a espécie humana, Darwin acaba por afastar pressuposições inatas de superioridade ou condição, superando visões que naturalizavam diferenças e, portanto, domínios. Além disso, o conceito de “progresso” que envolve a teoria social dos darwinistas sociais também é problemático na teoria darwiniana, pois mesmo que exista na concepção de Darwin uma ideia de evolução que envolve a passagem do mais simples ao mais complexo, a hipótese darwiniana de evolução não possui a mesma carga progressiva e teleológica pressuposta por Spencer e os defensores do darwinismo social. Dessa forma, “progresso” é uma concepção estranha à descrição do processo natural e contingente que encontramos descrito nas páginas de *A Origem das Espécies*. Trata-se do “mau uso das ideias de Darwin”, uma apropriação da teoria do naturalista inglês para explicação de certos aspectos que não correspondem à teoria evolucionista originalmente proposta.

Na quinta seção, intitulada “Nacionalismo e mais além”, Bethencourt aborda a questão das raças em meados do século XX, considerando os desenvolvimentos políticos na Europa e no Oriente Médio do período, que possibilitam formas diferenciadas de racismo. Um exemplo é o antissemitismo, uma forma de racismo que vai além de considerações físicas, que atinge seu ápice nesse período. Juntamente com o arianismo, o antissemitismo será essencial na construção de uma das primeiras experiências de construção de um estado racial – a Alemanha nazista. Bethencourt defende de maneira inovadora que, mais que o darwinismo social, foi o racialismo científico que viria a influenciar as posições nazistas sobre a superioridade e necessidade de domínio e controle, elementos fundamentais da eliminação dos judeus.

O autor destaca o surpreendente e rápido apoio que tais práticas violentas e discriminatórias receberam na Alemanha de então, conseguido a partir da imagem de risco e ameaça propagandeada pelo regime. Bethencourt não desenvolve análises sobre a apropriação e construção de preconceitos nas sociedades, que seria mais voltada para uma compreensão da psicologia social. No entanto, trata-se de um tipo de análise relevante nesse contexto. Os estudos da filósofa Hannah Arendt (1906-1975) e dos psicólogos sociais Stanley Milgram (1933-1984) e Philip Zimbardo abordam conceitos relevantes sobre o papel do indivíduo e do grupo na construção de preconceitos e categorizações de seres humanos, que poderiam ser citados para explicar o amplo e decisivo apoio da sociedade alemã para a organização do estado racial naquele país. Por fim, temos também um conjunto de comparações globais de formas de racismo e segregação, através de migrações forçadas e trabalho escravo, discriminação contemporânea nas Américas, *apartheid* e genocídios na África e políticas de castas e segregações na Ásia. Tais práticas atuais possuem raízes em racismos anteriores e ainda possuem, na visão de Bethencourt, a dominação política e socioeconômica como denominadores comuns (um de seus exemplos é a manutenção e ampliação do racismo no Brasil, mesmo após a abolição da escravidão).

Conforme a leitura de livro nos mostra, o fenômeno do racismo parece ser uma constante na experiência humana. Em diversos tempos e lugares existe segregação e diferenciação entre grupos humanos, com base na cor da pele, no conjunto de crenças, na ascendência ou em diversos outros critérios. Uma questão pode surgir aqui: não seria o racismo um traço comum da humanidade? Bethencourt rejeita a ideia

do racismo inato partilhado por toda a humanidade, defendendo o caráter transitório e histórico da prática. No entanto, a constância do fenômeno do racismo pode nos levar a refletir sobre a possibilidade de haver um traço comum na natureza dos seres humanos que o fomenta. Um desafio aqui, como sempre, é investigar uma possível natureza humana.

Publicado originalmente em inglês pela Cambridge University Press em 2013, o estudo de Bethencourt é um esforço original para a compreensão do racismo, uma vez que levanta hipóteses inovadoras sobre os modos e as motivações a partir dos quais classificamos seres humanos ao longo da história, dialogando com diversas áreas de pesquisa. A tradução do livro é boa, assim como a cuidadosa edição do material. A publicação de *Racismos* é muito bem-vinda para os pesquisadores brasileiros que se dedicam ao estudo do tema, pois trata-se de uma referência essencial para os estudos sobre esse fenômeno complexo e de consequências tão violentas, mostrando os perigos e mitos que nossas categorizações arbitrárias podem esconder. Mostra também a necessidade de nossas práticas científicas estarem atentas e críticas, pois mesmo quando empenhamos esforços em compreender o que somos, podemos sustentar e justificar grandes absurdos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETHENCOURT, Francisco. *Racismos: Das Cruzadas ao século XX*. Tradução de Luís Oliveira Santos e João Quina Edições. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.
- COSTA JÚNIOR, José. *Como viver depois de Darwin? Limites e possibilidades das abordagens evolucionistas da moralidade*. Belo Horizonte, 2017. Tese (Doutorado em Filosofia) – Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Universidade Federal de Minas Gerais.
- SYMONS, Donald. “On the use and misuse of Darwinism in the study of human behavior”. Pp. 137-159, *in*: BARKOW, Jerome; COSMIDES, Leda; TOOBY, John. *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. Oxford: Oxford University Press, 1992.

Data de submissão: 23/07/2018

Aprovado para publicação: 13/08/2018

Normas para publicação

O periódico *Filosofia e História da Biologia* se destina à publicação de artigos resultantes de pesquisas originais referentes à filosofia e/ou história da biologia e temas correlatos, bem como sobre o uso de história e filosofia da biologia na educação. Publica também resenhas de obras recentes, sobre esses temas.

Somente textos inéditos (e que não estejam sendo submetidos para publicação em outro local) poderão ser submetidos para publicação em *Filosofia e História da Biologia*. Ao submeter o manuscrito, os autores assumem a responsabilidade de o trabalho não ter sido previamente publicado e nem estar sendo analisado por outra revista.

Os artigos devem resultar de uma pesquisa original e devem representar uma contribuição efetiva para a área. Todos os trabalhos submetidos serão enviados para análise de dois árbitros. Em caso de divergência entre os pareceres, o trabalho será analisado por um terceiro árbitro.

A análise dos originais levará em conta: (1) pertinência temática do artigo; (2) obediência às normas aqui apresentadas; (3) originalidade e profundidade da pesquisa; (4) a redação do trabalho.

Os trabalhos submetidos podem ser aceitos, rejeitados, ou aceitos condicionalmente. Os autores têm direito a recorrer da decisão, quando discordarem da mesma, e nesse caso será consultado um novo membro da Comissão Editorial, que emitirá um parecer final.

São aceitos para publicação em *Filosofia e História da Biologia* artigos em português, espanhol ou inglês. Os artigos submetidos devem conter um resumo no idioma original e um abstract em inglês. Os artigos em inglês devem vir acompanhados de um resumo em português, além do abstract. Os resumos e abstracts devem ter cerca de 200 palavras. Devem também ser indicadas cerca de cinco palavras-chave (e *keywords*) que identifiquem o trabalho. As palavras-chave, separadas por ponto-e-vírgula, devem especificar a temática do artigo e as subáreas amplas em que ele se enquadra (por

exemplo: filosofia da genética), em ordem direta; também devem ser indicados, se for o caso, personalidades centrais do artigo, em ordem indireta (por exemplo: Darwin, Charles).

Todos os agradecimentos devem ser inseridos no final do texto, em uma seção denominada “Agradecimentos”. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Não devem ser inseridas notas de rodapé com agradecimentos. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (por exemplo: teses) devem ser indicados nesta seção. No caso de artigos em coautoria no qual as contribuições do diferentes autores foram diferenciadas, isso também deve ser mencionado na mesma seção, que será intitulada “Agradecimentos e créditos”.

Os artigos devem ter um máximo de 6.000 palavras (incluindo as notas de rodapé) e devem ser copiados ou digitados diretamente dentro do arquivo *Word* modelo da ABFHiB, Modelo-Fil-Hist-Biol.doc, que está disponível em <http://www.abfhib.org/Publicacoes/Modelo-Fil-Hist-Biol.doc>, versão atualizada em 20/06/2013. As resenhas devem ter um máximo de 2.000 palavras. Excepcionalmente, os Editores poderão aceitar trabalhos que ultrapassem esses limites.

Os originais devem ser enviados em formato DOC ou RTF para o seguinte e-mail: fil-hist-biol@abfhib.org.

A mensagem encaminhando o artigo deve informar que se trata de um original inédito que está sendo submetido para publicação no periódico ***Filosofia e História da Biologia***.

As ilustrações devem ser fornecidas sob a forma de arquivos de alta resolução (pelo menos 1.200 pixels de largura, para ocupar toda a largura de uma página), com imagens nítidas e adequadas para reprodução. Devem ser acompanhadas de legenda e com indicação de sua fonte. Os autores devem fornecer apenas imagens cuja reprodução seja permitida (por exemplo, que sejam de domínio público).

Na versão impressa do periódico, todas as ilustrações serão publicadas em preto e branco (e tons de cinza) e todas as imagens coloridas que forem enviadas serão convertidas. Na versão eletrônica, podem ser incluídas ilustrações coloridas, que também devem ser de alta resolução.

Estudos envolvendo seres humanos ou animais deverão ter a aprovação do Conselho de Ética da instituição em que o estudo foi feito. Deve ser informado o número de protocolo correspondente.

Conflito de interesses: quando existe alguma relação entre os autores e qualquer entidade pública ou privada de que pode derivar algum conflito de interesse, essa possibilidade deve ser comunicada e será informada no final do artigo.

As referências bibliográficas devem aparecer em lista colocada ao final do artigo, em ordem alfabética e cronológica. Devem seguir as normas da ABNT e devem ser completas – contendo, por exemplo, as páginas inicial e final de artigos e capítulos de livros, nomes dos tradutores de obras, cidade e editora de publicação de livros, etc. Os nomes dos autores devem ser fornecidos por extenso e não com o uso de iniciais. Os títulos de periódicos devem ser fornecidos por extenso e não abreviados. O modelo fornecido pela ABFHIB apresenta mais informações sobre o modo de apresentar as referências bibliográficas e de mencioná-las no corpo do texto. Consulte também edições recentes da revista, para ver exemplos de referências bibliográficas.

Os autores que não seguirem rigorosamente o modelo utilizado por *Filosofia e História da Biologia* serão solicitados a adequarem seus originais às normas da revista e a completarem as informações incompletas, quando for o caso. Isso pode resultar em atraso na publicação do artigo.

A submissão de um trabalho para publicação em *Filosofia e História da Biologia* implica na cessão do direito de publicação à *Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia* (ABFHIB). Os artigos publicados nesta revista não poderão ser publicados em livros ou outros periódicos sem autorização formal dos Editores. Após a aceitação do trabalho para publicação, todos os autores devem assinar o termo de cessão de direitos autorais à ABFHIB.

Para enviar uma mensagem para o periódico *Filosofia e História da Biologia*, utilize este endereço: fil-hist-biol@abfhib.org

Informações adicionais:
<http://www.abfhib.org/FHB/>
fil-hist-biol@abfhib.org

