

• Alcimar do Lago Carvalho:
“Butterflies at the Mouth of Hell :
traces of biology of two species
of Nymphalidae (Lépidoptera)in
European paintings of the
fifteenth century”

• Ana Tereza Pinto Filipecki;
Carlos José Saldanha Machado;
Márcia de Oliveira Teixeira:
“Análise de uma experiência local
de acompanhamento e controle
de uso científico de animais na
pesquisa biomédica”

• André Luis Corrêa; Elaine
Nicolini Nabuco de Araujo;
Fernanda Aparecida Meghioratti;
Ana Maria de Andrade Caldeira:
“História e Filosofia da Biologia
como ferramenta no Ensino de
Evolução na formação inicial de
professores de Biologia”

• Antonio Carlos Sequeira
Fernandes; Cecília de Oliveira
Ewbank; Marina Jardim e Silva;
Deise Dias Rêgo Henriques:
“Uma lembrança de infância: os
‘fósseis colossais’ e o papel de
Frederico Leopoldo César
Burlamaque como primeiro
paleontólogo brasileiro”

• Francisco Rômulo Monte
Ferreira; Maria Inês Nogueira:
“Notas sobre o *modelo
implicacional da explicação* de
Morton Beckner e a teoria
neuronal de Santiago Ramon y
Cajal”

• Guillermo Folguera: “La relación
entre microevolución y
macroevolución desde las síntesis
biológica: entre las diferencias y
las similitudes”

• Gustavo Caponi: “Las *masas
lamarckianas* como
clases naturales”

• James Moore: “Darwin’s pitch to
the Christian world: his
transatlantic strategy”

• Lilian Al-Chueyr Pereira Martins:
“The dissemination of the
chromosome theory of Mendelian
heredity by Morgan and his
collaborators around 1915: a case
study on the distortion of science
by scientists”

• Marcos Rodrigues da Silva:
“Maurice Wilkins e a polêmica
acerca da participação de
Rosalind Franklin na construção
do modelo da dupla hélice do
DNA”

Filosofia e História da Biologia 5.2

Filosofia e História da Biologia 5.2

Filosofia e História
da Biologia
vol. 5, nº 2, 2010



Associação Brasileira
de Filosofia e História
da Biologia – ABFHIB

ISSN 1983-053X



9771983053000

Filosofia e História da Biologia

Volume 5, número 2

Jul.-Dez. 2010

Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia – ABFHiB

<http://www.abfhib.org>

DIRETORIA DA ABFHiB (GESTÃO 2009-2011)

Presidente: Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

Vice-Presidente: Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (PUC-SP)

Secretário: Gustavo Andrés Caponi (UFSC)

Tesoureiro: Roberto de Andrade Martins (UNICAMP)

Conselheiros: Ana Maria de Andrade Caldeira (UNESP/Bauru)

Anna Carolina Krebs Pereira Regner (Unisinos)

Nélio M. V. Bizzo (USP)

Ricardo Waizbort (COC/Fiocruz)

A Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB) foi fundada no dia 17 de agosto de 2006, durante a realização do 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 (PUC-SP)

Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

Editor associado: Roberto de Andrade Martins (Unicamp)

Conselho editorial: Aldo Mellender de Araújo (UFRGS), Ana Maria de Andrade Caldeira (Unesp), Anna Carolina Regner (Unisinos), Charbel Niño El-Hani (UFBA), Gustavo Caponi (UFSC), Marisa Russo (Unifesp), Nadir Ferrari (UFSC), Nélio Bizzo (USP), Pablo Lorenzano (UBA, Argentina), Palmira Fontes da Costa (UNL, Portugal), Ricardo Waizbort (Fiocruz), Susana Gisela Lamas (UNLP, Argentina)

ISSN 1983-053X

Filosofia e História da Biologia

Volume 5, número 2

Jul.-Dez. 2010



Filosofia e História da Biologia

V. 5, n. 2, jul./dez. 2010

homepage/
e-mail da instituição:

www.booklink.com.br/
abfhib
fil-hist-biol@abfhib.org

ABFHiB

Associação Brasileira de
Filosofia e História da Biologia

Rua Coronel Quirino, 1586
13025-002 Campinas, SP
Caixa Postal 6059
13083-970 Campinas, SP
www.abfhib.org
admin@abfhib.org

Copyright © 2010 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.

Publicada com apoio da
Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo (FAPESP)

Preparação dos originais deste
volume: Márcia das Neves e Andreza
Polizello

Direitos exclusivos desta edição:
Booklink Publicações Ltda.
Caixa Postal 33014
22440-970 Rio de Janeiro, RJ
Fone 21 2265 0748
www.booklink.com.br
booklink@booklink.com.br

Filosofia e História da Biologia. Vol. 5, número 2 (jul./dez. 2010).
Campinas, SP: ABFHiB, São Paulo: FAPESP, Rio de Janeiro: Booklink, 2010.

Semestral
vii, 208 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

Sumário

Alcimar do Lago Carvalho	177
“Butterflies between heaven and hell: traces of biology of two species of Nymphalidae (Lepidoptera) in paintings of 15th century”	
Ana Tereza Pinto Filipecki, Carlos José Saldanha Machado e Márcia de Oliveira Teixeira	195
“Análise de uma experiência local de acompanhamento e controle de uso científico de animais na pesquisa biomédica”	
André Luis Corrêa, Elaine Nicolini Nabuco de Araujo, Fernanda Aparecida Meghioratti e Ana Maria de Andrade Caldeira	217
“História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação inicial de professores de Biologia”	
Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Cecilia de Oliveira Ewbank, Marina Jardim e Silva e Deise Dias Rêgo Henriques	237
“Uma lembrança de infância: os “fósseis colossais” e o papel de Frederico Leopoldo César Burlamaque como primeiro paleontólogo brasileiro”	
Francisco Rômulo Monte Ferreira e Maria Inês Nogueira	259
“Notas sobre o <i>modelo implicacional da explicação</i> de Morton Beckner e a teoria neuronal de Santiago Ramon y Cajal”	
Guillermo Folguera	275
“La relación entre microevolución y macroevolución desde la síntesis biológica: entre las diferencias y las similitudes”	

Gustavo Caponi	293
“Las <i>masas</i> lamarckianas como <i>clases naturales</i> ”	
James Moore	307
“Darwin’s pitch to the Christian world: his transatlantic strategy”	
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins	325
“The dissemination of the chromosome theory of Mendelian heredity by Morgan and his collaborators around 1915: a case study on the distortion of science by scientists”	
Marcos Rodrigues da Silva	367
“Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA”	

Apresentação

Dando prosseguimento à série de volumes intitulada *Filosofia e História da Biologia*, o volume 5, número 2 contém 10 trabalhos que foram submetidos para publicação e foram selecionados após passarem por arbitragem.

Os artigos que tratam especificamente de História da Genética Clássica, História da Biologia Molecular, História da Evolução nos séculos XIX e XX, História da Paleontologia no Brasil, Filosofia e História da Neurociência, Bioética, História e Filosofia da Ciência no Ensino e interface da Arte e Biologia na História representam uma amostra significativa do que vem sendo produzido na área em nosso país.

Neste fascículo são encontrados artigos em três idiomas, português, espanhol e inglês, de acordo com as normas desta publicação.

Os Editores
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins
Maria Elice Brzezinski Prestes
Roberto de Andrade Martins

Butterflies at the mouth of hell: traces of biology of two species of Nymphalidae (Lepidoptera) in European paintings of the fifteenth century

Alcimar do Lago Carvalho*

Abstract: The main focus of this study is the three-part altar piece "The Last Judgment" of the Flemish painter Hans Memling (ca. 1430-1494), exhibited in the Muzeum Narodowe, Gdansk, Poland. In that work demons were painted, *sui generis*, with wings of dark butterflies compatible with those of the nymphalidae *Aglais urticae* (small tortoiseshell) and *Vanessa atalanta* (red admiral), species widely distributed in Europe. Coincidentally, the larvae of both feed mainly on *Urtica dioica* (nettle), a plant traditionally used by monks and Catholic saints in practices of self-flagellation. This feature connects these butterflies with the sin of lust and the fires of hell portrayed in the right panel. The position of the wings of *V. atalanta* on the buttocks of one of the demons can be a reference to the habits of the species landing on excrements. Biological knowledge arising from empirical observation was probably taken into account by Memling in choosing individuals of these species as models, distinguishing such nymphalidae from other butterflies with previously established positive symbolism, as in the case of whitish pieridae and papilionidae.

Key-words: iconography; iconology; Christian art; insects; demons; Memling, Hans

Borboletas na boca do inferno: traços da biologia de duas espécies de Nymphalidae (Lepidoptera) em pinturas européias do século XV

Resumo: O principal objeto do presente estudo refere-se ao quadro tríptico "O Juízo Final" do pintor flamengo Hans Memling (ca. 1430-1494), exposto no *Muzeum Narodowe*, Gdansk, Polônia. Nessa obra, demônios foram pintados, de forma *sui generis*, com asas de borboletas escuras perfeitamente compatíveis com as dos ninfalídeos *Aglais urticae* e *Vanessa atalanta*, espécies de ampla distribuição na Europa. Coincidentemente, as larvas de ambas alimentam-se principalmente de *Urtica dioica* (urtiga), planta tradicionalmente utilizada por monges e santos católicos em práticas de autoflagelação. Tal característica relaciona essas borboletas com o pecado da luxúria e

* Departamento de Entomologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Corresponding address: Caixa Postal 68044, 21944-970, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. E-mail: <alagoc@acd.ufjr.br>.

as chamas do inferno retratadas no painel direito. A posição das asas de *V. atalanta* nas nádegas de um dos demônios, ímpar na iconografia do período, pode se tratar de uma referência aos hábitos da espécie de pousar sobre excrementos. Conhecimentos biológicos advindos de observação empírica foram provavelmente considerados por Memling para a escolha desses modelos, discriminando tais ninfálídeos de outras borboletas com simbolismo positivo então estabelecido, como no caso dos pierídeos e papilionídeos de cor clara.

Palavras-chave: iconografia; iconologia; Arte Cristã; insetos; demônios; Memling, Hans

1 INTRODUCTION

The biology of insects was poorly recorded in Europe during the Late Middle Ages and early Renaissance, between the 13th and 15th centuries. Great encyclopedists of the thirteenth century, such as Albertus Magnus (1193-1280), simply made compilations of the writings of Aristotle (384-322 BC) concerning natural history, and there are few novelties in their works (Papavero, Scrocchi, Llorente-Bousquets, 1995, pp. 136-148). The bestiaries of the period recorded moralizing and sometimes unrealistic narratives, mainly having to do with large animals. In these handwritten works information on insects are scarce, derived from observation of some useful forms such as bees and silkworms. Advances in biological knowledge and taxonomy of insects only occurred from the 16th century on, with the printing of illustrated works by Ulisse Aldrovandi (1522-1605), Konrad Gessner (1516-1565), and Thomas Muffet (1553-1604), among others.

The pictorial record of small plants and animals between the 13th and 15th centuries is quite scant, and is virtually restricted to the realistic backgrounds of paintings and ornamental borders of illuminated domestic prayer books (e.g. *Books of hours*, 1996). This naturalistic current was mainly typical of Northern Europe, especially in the region of the Burgundian Netherlands, which between 1384 and 1530 occupied the area that today comprises Belgium, most of the Netherlands, Luxembourg and parts of northern France (Prevenier & Blockmans, 1983; Kemperdick, 2007, p. 10). European painters of other regions and schools were strongly influenced by the realistic northern tradition during the second half of the fifteenth century, in especial northern Italians (Meijer, 2008) and Germans (Landolt, 1968, p. 115). Thus, the study of this pictorial *corpus* offers one of the few opportunities to investigate the relationship between man and nature

in the period, and especially popular knowledge and views concerning insects and other small animals.

Due to their great diversity in morphology and lifestyles, insects were mostly used with symbolic meaning among other natural forms, especially those easily recognized (Dicke, 2000; Impelluso, 2004). Their small size also was an important feature to be considered, since they could be represented discreetly but in proportion to the main elements of the scene, an esthetical requirement of realism of required beginning in the 15th century in visual arts (Kemperdick, 2007, p. 6). Among insects, butterflies were the most frequently found in the backgrounds of the paintings, with a consensus among scholars of Catholic symbols that they represent the resurrection of Christ or, more generally, the resurrection of all men. This is a clear allusion to holometabolous development, where the caterpillar, the chrysalis and the butterfly were seen, respectively, as symbols for earthly life, death and resurrection (Cornwell & Cornwell, 2009, p. 120; Ferguson, 1989, p. 13; Impelluso, 2004, p. 330; Manguel, 2003, p. 167; Steffler, 2002, p. 33; Zöllner, 2005, pp. 28-29).

In looking at the painted devils with wings of butterflies in the triptych “The Last Judgement” by the fifteenth century Flemish painter Hans Memling, the objectives of this study are to identify the species used as models by Memling; to verify if biological features of these butterflies could have been considered in choosing them; to investigate representations of butterflies clearly used as positive icons in Flemish, German and Northern Italian paintings of the 15th and first half of 16th centuries; and record other possible cases where butterflies in this period were used as negative icons.

2 THE OBJECT OF STUDY AND ITS HISTORY

The focus of the present study is the three-part altar piece “The Last Judgment” of the Flemish, German-born, painter Hans Memling (ca. 1430-1494), exhibited at the *Muzeum Narodowe*, Gdansk, Poland. The large size triptych (ca. 3.06 x 2.24 m, opened) was probably finished between 1467 and 1471, being considered one of the masterpieces of the “Flemish primitive” (Michiels, 2007, p. 153). Commissioned by the Florentine agent Angelo Tani, who was working for the Medici Bank in Bruges, the city where Memling had his workshop, it

was intended to be sent to his native town. Tani was replaced in his post by his assistant and rival Tommaso Portinari in 1465, before his order has been concluded. Although Tani continued to be a partner in the Bruges branch of the bank, he returned to Bruges again only to liquidate his share in the firm in 1481. There are strong indications that Portinari took possession of the painting and promoted some changes before shipping it to Florence in April 25, 1473 (Lane, 1991, p. 632). On the second day of travel, along the south coast of England, the galley *St Thomas* was seized by the famous corsair Paul Benecke of the “Hanseatic League” and escorted to Gdansk, the city where the work still is today (Lane, 1991, p. 623; Michiels, 2007, p. 153). For many years, its authorship was controversial, but technical examination supports the traditional attribution to Memling (Lane, 1991, p. 623).

3 GENERAL DESCRIPTION

In the middle of the central panel, in the forefront, are represented Christ in heaven and St Michael the Archangel on earth as traditional to this subject, especially frequent in Western painting from the 12th to the 15th centuries (Giorgi, 2005, pp. 206-213; Michiels, 2007, pp. 170-181). The Archangel, in armor and luxurious mantle, weighing the souls of the dead, represented by a crowd of naked humans barely out of their graves, with a scale. With the help of angels and St Peter, positioned in the left panel, the blessed are conducted to the Gothic portal of heaven, after being dressed. In the interior right panel in turn, positioned to the left of the Archangel, is the Mouth of Hell in the form of a large pit emanating huge flames. The damned fall down all the way inside, naked, driven by demons wielding sharp, fiery instruments. The demons are variable in appearance but unanimously black, naked, tailed, and with feet inspired by those of birds of prey. In addition to this, a stylized bear tortures one of the sinners. Five demons invade the central panel. Human facial expressions are so varied and detailed that recent studies of aesthetic surgery were undertaken based on this painting (Jankau & Grzybiak, 2002). Two African men, one among the saved and the other among

the damned, stand out among the judged crowd in the central panel (Hahn, 2001, p. 5).

All the angels are conventionally winged, bearing typical bird wings. Several demons are also winged, with wings inspired by those of bats, a feature considered as a diabolical iconographic standard from the 14th century on (Link, 1998, p. 80). In such cases, they are positioned in the back, like in the angels, or as posterior expansions of the arms. In contrast, there are five demons with wings of insects, three inspired by butterflies. This condition is *sui generis*, not known in other depictions of demons of the period. Examining the butterflies' wings more closely, two distinct coloration patterns can be distinguished, clearly referred to models found in nature. One of the insect "non-butterfly" wings sets was clearly based on that of a dragonfly and is positioned on the back. The other, on the buttocks of another demon, is diaphanous and very simple.

4 THE BUTTERFLIES REPRESENTED

The devil contending for a male soul with an angel in the central panel (Figure 1), behind St Michael the Archangel has orange wings on the back, reversed, with the dorsal surface directed ventrally. The anterior border of fore wing is black with three large black bands interspersed with yellowish areas, and the central area has three dark spots, one much larger than the others. The two other sets of wings are apparently different, but clearly portrayed from the two sides of a single butterfly model, positioned in the back of one of the demons (under side) and on the buttocks of another (upper side), both located on the interior right panel, very close to each other (Figure 2). These wings are dark brown, irregularly patterned. The fore wing has two transversal bands, a white discontinued and a red, very characteristic in shape, distinguished both dorsally and ventrally. The under side of the hind wing is also quite distinctive, with a pattern composed of rows of ocelli and light spots on the posterior border.



Figure 1. Hans Memling, “The Last Judgment” (central panel, detail), 1467-1471. *Muzeum Narodowe*, Gdansk (from: <http://dspace.anu.edu.au/handle/1885/14440>; modified).

The two patterns described above correspond respectively to the nymphalidae *Aglais urticae* (L.), the small tortoiseshell, and *Vanessa atalanta* (L.), the red admiral, species widely distributed in the Northern Hemisphere (Lewis, 1987, pp. 1, 3, 210-211). Coincidentally, the larvae of both species feed mainly on leaves of *Urtica dioica* L. (nettle) (Gathmann *et al.*, 2006, p. 32; Lewis, 1987, pp. 210-211). They are black or very dark, very conspicuous on the green leaves. The adults of *V. atalanta* habitually feed on fluids derived from the decomposition of organic matter and is known to relish bird excreta, a very distinctive aspect among the European Lepidoptera (Sybil T, s. d.). When in land both tend to flap the wings slowly or keep them expanded, displaying their upper color pattern, a common behavior within this butterfly family, related with interactions between sexes, thermoregulation (Dennis, 2004) and probably aposematism (Hagen; Leinaas & Lampe, 2003).



Figure 2. Hans Memling, “The Last Judgment” (interior right panel, detail), 1467-1471. *Muzeum Narodowe*, Gdansk (from: Lucie-Smith, 2009, p. 96; modified).

5 DISCUSSION

5.1 Butterflies as positive icons

From the perspective of Catholic symbolism an association between butterflies and demons in the 15th and early 16th centuries in northern Europe may seem unsuitable. Generally, in the paintings of the period, an isolated butterfly in the background was used as a positive sign or icon, upholding the belief in the life after death or resurrection of Jesus Christ (Ferguson, 1989, p. 13; Hogue, 1987, p. 185), or as a badge of purity (Dicke, 2000, p. 231), mainly associated with

the Virgin Mary, but also some saints. A white butterfly with wings closed resting near the Virgin Mary was included in the following examples from the German school: “The Little Garden of Paradise” by an anonymous Frankfurter master, about 1410 (*Städelsches Kunstinstitut*, Frankfurt, Impelluso; 2004, p. 14); “Rest on the Flight into Egypt” by Lucas Cranach the Elder (1472-1553), 1504 (*Staatliche Museen*, Berlin; Michiels, 2007, p. 123); “Madonna with the Iris” associated with the workshop of Albrecht Dürer (1471-1528), between 1500 and 1510 (*The National Gallery*, London); “Holy Family in a Landscape” by Hans Baldung Grien (ca.1484-1545), ca. 1514 (*Gemäldegalerie der Akademie der Bildenden Künste*, Vienna; Impelluso, 2004, p. 162). Similarly, “St. Jerome Penitent” by Albrecht Dürer, ca. 1497 (*The National Gallery*, London) includes, in addition to a large lion, an iconographic attribute of this saint, a small white butterfly with closed wings, resting on the ground. Analogous examples in the Flemish school are a *Madonna* related to the workshop of Rogier van der Weyden (1400-1464), painted between 1470 and 1475 (*Saint Louis Art Museum*, St. Louis) (Dicke, 2000, p. 229), and also “The Rest on the Flight into Egypt” of Maerten van Heemskerck (1498-1574), ca. 1530 (*National Gallery of Art*, Washington, DC) (Hand & Wolff, 1986, pp. 111-117), including likewise a light butterfly, but with outspread wings, in the Child’s hand. Remarkably, all the above registered representations of butterflies were clearly inspired exclusively by cabbage whites and other pieridae.

Positive associations with butterflies are also recorded in the Northern Italian painting of the period. In the *Pietà* of Bartolomeo Montagna (1449/1450-1523), ca. 1500 (*Santuario di Monte Berico*, Vicenza), and also in the *Vergine col bambino* of Francesco di Gentile da Fabriano (op. ca. 1475-1515), s.d., (*Musei Vaticani*, Rome), there are representations perfectly compatible with the papilionid *Iphiclides podalirius* (L.), the scarce swallowtail. In those cases, the whitish butterfly is an unmistakable symbol of Christ’s resurrection. The few representations of the period in which angels bear butterfly wings were also painted in Northern Italy. In the frescoes of Andrea Mantegna (ca. 1431-1506) made in the *Camera picta* of Ducal Palace in Mantua, a scene in *trompe-l’oeil* includes nine tiny angels who work in

the pageantry of a commemorative plaque. While two of them have bird wings, following the standard iconography of the period (Giorgi, 2005), the seven others have butterfly's wings on the back, not very realistic, but with distinct patterns inspired by nymphalidae, papilionidae and pieridae.

5.2 Butterflies as negative icons

The accuracy in the representation of wings of *Aglais urticae* and *Vanessa atalanta* in the panel by Memling implies that individuals of these species were observed carefully in nature or collected in order to serve as models. It is understood that their choice were not accidental and probably is related to their characteristic biology, allied with their easily distinctive color patterns, including dark ground colors. Detailed representation of insects in the 15th century, allowing them to be specifically identified, had already been recorded in Odonata (Carvalho, 2007).

Of all sins, lust is considered the most directly associated with the Devil (Link, 1998, p. 35). The association of the nettle, food plant of the two represented species, with lust and the flames of hell is immediate since practices of self-flagellation of Catholic monks and Saints, widespread for centuries from the Middle Ages, included rubbing the naked body in bushes of this plant to purge sexual desires (Vogüé, 2006, p. 17; Wheeler, s. d.). The practice of using the branches of stinging nettle *in natura* for self-flagellation was encouraged by the Church at the time (e.g. Taggard, 1986, p. 16), and continues to be a tradition in many countries around the world, including Brazil (e.g. Silva, 2003, pp. 200, 215).

Scholars of art history are unanimous in considering that Hans Memling, along with other less famous contemporary painting masters based in Bruges, was not an innovator. We can consider his art as a summing-up of the formulas of high quality established by Flemish painters of the preceding generation (Lassaigne, 1957, p. 133). This being the case, one would expect to find several other examples of such association of butterflies with sins or demons in the works of other painters of the 15th century, which is apparently very rare. It must be remembered that most of the early Catholic artistic production of that age in the Netherlands was lost over time, especially during the 16th century when there were several waves of revolt against

the Church, coming from the social crises associated with the Protestant Reformation and the Catholic Counter-Reformation (Lichtenstein, 2004, pp. 57-58, 65-66). The so-called "Iconoclastic Fury" (*de Beeldenstorm*) alone, promoted by Calvinist preachers between 1566 and 1567, wrecked about 400 churches in the Netherlands and one of the most important legacies of Catholic art ever produced (López, 2002, p. 45; Tanis, 1999, pp. 371-373). John Calvin himself severely condemned the excesses that were being committed with respect to Catholic art at that time (Lichtenstein, 2004, pp. 57-64). With the establishment of the Dutch Reformed Church, and the consequent development of new church traditions, later generations tend to lose connections with the arts in the religious context. The visual arts were not only secularized, but their didactic element became increasingly more literal, with the loss of both theological and artistic elements. It is no wonder that Dutch artists of the 17th century focused almost exclusively on landscapes and still lifes (Tanis, 1999, p. 373).

Maybe the one known additional case that can corroborate the possible practice of explicitly relating butterflies and demons in the iconography of the Netherlands, is that of the Flemish mannerist painter Frans Floris (1517-1570) in his work "The fall of rebel angels" of 1544 (*Koninklijk Museum voor Schone Kunsten*, Antwerp). One of the fallen angels, positioned in the foreground, shows a kind of loincloth on the buttocks formed by the wings of a butterfly with an unrealistic but distinct nymphalid pattern (Figure 3). Its head was deliberately based on a leopard, one of Devil's Catholic icons for the Devil at the time (Impelluso, 2004, p. 220).

In the Flemish art in the 16th century or even a little earlier, demons were represented as being monsters made of different animal parts (including wings of insects), plants or unanimated objects, little distinguishable as such outside the context of the work. Numerous examples of such hybrid creatures can be found in paintings of Hieronymus Bosch (c. 1450-1516) (Ashenden, 2006, pp. 156-158; Eco, 2007, p. 102), considered as a kind of proto-surrealist painter, and Pieter Bruegel the Elder (1525-1569), as in his "The fall of the rebel angels" of 1562 (*Musées Royaux des Beaux-Arts*, Brussels) (Giorgi, 2005, p. 316).

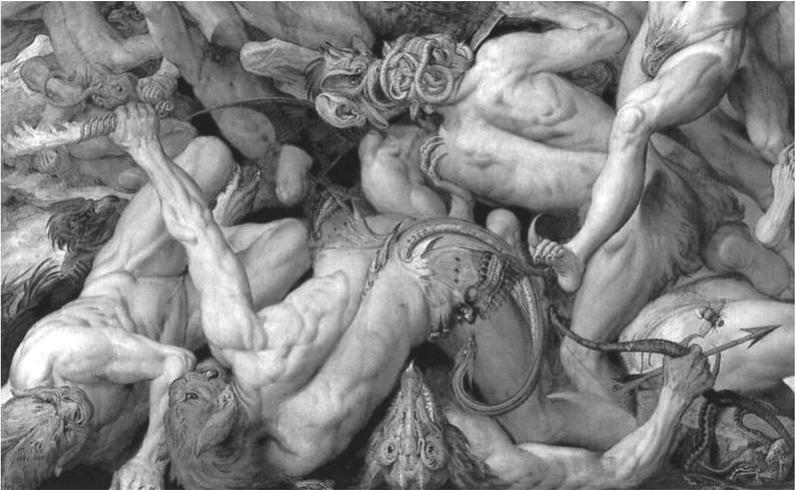


Figure 3. Frans Floris, “The Fall of Rebel Angels” (detail), 1544. *Koninklijk Museum voor Schone Kunsten*, Antwerp (from: Kaufmann, 2002, p. 123; modified).

In the Flemish art in the 16th century or even a little earlier, demons were represented as being monsters made of different animal parts (including wings of insects), plants or unanimated objects, little distinguishable as such outside the context of the work. Numerous examples of such hybrid creatures can be found in paintings of Hieronymus Bosch (c. 1450-1516) (Ashenden, 2006, pp. 156-158; Eco, 2007, p. 102), considered as a kind of proto-surrealist painter, and Pieter Bruegel the Elder (1525-1569), as in his “The fall of the rebel angels” of 1562 (*Musées Royaux des Beaux-Arts*, Brussels) (Giorgi, 2005, p. 316).

In a few other works of art from the Late Middle Ages and early Renaissance *Aglais urticae* is also associated with strong elements of negative symbolism, mainly related to lust. In one of the most famous pages of the Breviary of Belleville (ca. 1323-1326, folio 24 v., vol. I) (*Bibliothèque Nationale de France*, Paris), a masterpiece of the Parisian illuminator Jean Pucelle, a monkey displays with one of his hands a butterfly with opened wings exhibiting the color pattern of this species, proportionally larger in the *bas-de-page* of the illuminated border. Apes and monkeys in the period were commonly associated with the

sin of lust, and it was often said that the Devil often appeared under that form (Link, 1998, p. 76). Thus, the Devil was sometimes explicitly represented in the form of an ape or monkey (Ferguson, 1989, p. 11). In the central panel of the famous Hieronymus Bosch's "The Garden of Earthly Delights" humanity is overwhelmed by sin, mainly that of lust (Bösing, 2010, pp. 51-60). Amongst erotic scenes, including representations of homosexual acts and acts of masturbation, a giant butterfly monster without posterior wings and with anterior pair reversed exhibiting the pattern of *A. urticae* (Ashenden, 2006, pp. 156-157) is positioned in focus, almost in the center of that panel.

A plausible explanation for the positioning of wings inspired by those on *Vanessa atalanta* on the buttocks of a demon in the panel of Memling, something far from the standard iconography (Link, 1998, p. 80), would be due to the habit of this species of landing and feeding on liquids from feces and decaying organic matter. The above-mentioned painting of Frans Floris, made in the middle of the following century, serves to corroborate the existence of such standard iconographic symbolism related to the Devil in the Netherlands, which was probably lost with the massive destruction of works of art and with the restrictions imposed by Protestantism in the region. The explanation of Giorgi (2005, p. 238) for the presence of wings in the fallen angel in the Floris painting, the same as for the "The fall of the rebel angels" by Pieter Bruegel the Elder (*ibid.*, p. 316) – that is, referring to his past as an angel, is unsupported, since no examples are known in Flemish art of angels with butterfly wings, much less on the buttocks.

Vanessa atalanta became, in the 17th century, the most frequently represented insect in still lifes (Dicke, 2000, p. 231), especially those with floral motifs. In this strongly moralistic genre, its presence has a similar function to that of the fly, recalling the notion of transience of life and reminding the viewer of the imminence of death, even in the midst of visual beauty. In several paintings it is represented at the bottom, resting on some fallen debris from plant pots, or partially hidden, often with open wings. Examples of these associations can be seen in paintings of Balthasar van der Ast and Jan Olis (Dicke, 2000, pp. 228, 231), as well as in Adrien van der Spelt and Jan Brueghel the Elder (Schneider, 1994 pp. 16, 134), among others. The term *Vanessa* itself (from the Latin *vanitas* meaning vanity, with connotations of

futility, frivolity and unreality), established in 1807 by Fabricius, may have been chosen due to the frequent association of that butterfly with this kind of painting (Dicke, 2000, p. 231). In the context of still lifes of the 17th century, the dark-colored butterflies of the genus *Vanessa* were used as part of the *vanitas* to contrast with the already well established symbolism (since the fifteenth century) of white butterflies (Impelluso, 2004, p. 331), indicating purity in Catholic paintings, in analogy to the white dove of the Holy Spirit (Dicke, 2000, p. 231).

6 CONCLUSIONS

Although the observations of this study corroborate those of Dicke (2000, p. 231), he states that the differentiated symbolism between the nymphalid and pierid butterflies is essentially tied to their colors, dark and light, respectively, and that their opposition becomes explicit in the still lifes of the 17th century, with the changing of iconographic patterns coming from the reform of the Church in northern Europe. The present study, considering the “The Last Judgment” by Hans Memling and several other paintings of the 15th and early 16th centuries, indicates that a distinction between the patterns of nymphalids and pierids in the context of Catholic symbolism was already present in 15th century. The standardization of nymphalids as negative icons also appear to be related to consideration of biological knowledge of some common species stemming from empirical observation, such as how they land (open wings, connoting pride and debauchery), larval food plant (nettle, connoting lust and the fires of hell) and food items of adults (decomposing organic matter and liquid excrement, connoting death and putrefaction). Such pictorial records could be recognized in a more careful examination, bearing in mind the intense connection of Europeans and nature before the Industrial Revolution, combined with abundant, easy observation and discrimination of such species.

Coming from a predominantly visual culture consolidated and strengthened by the new experimental science and technology of the Renaissance, images from the Netherlands can be confirmed as a new and compelling record of knowledge of the world from the 16th century (Alpers, 1999, p. 38).

ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to Prof. Dr. Tom Moore for his careful reading of the English version of the manuscript.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- ALPERS, Svetlana. *A arte de descrever: A arte holandesa no século XVII*. Trad. Antonio de Pádua Danesi. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999. (Texto & Arte, 16)
- ASHENDEN, Liana. Ada and Bosch. Pp. 145-165, *in*: DE VRIES, G.; Johnson, D. B. (eds.). *Vladimir Nabokov and the art of painting*. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2006.
- BOOK of hours (Phaidon Miniature Editions). New York: Phaidon Press, 1996.
- BÖSING, Walter. *Hieronymus Bosch, cerca de 1450 a 1516: entre o céu e o inferno*. Trad. Casa das Línguas LDA. Köln/Rio de Janeiro: Taschen/Paisagem, 2010.
- CARVALHO, Alcimar do Lago. On some paintings of Odonata from the late Middle Ages (14th and 15th centuries). *Odonatologica* **36** (3): 243-253, 2007.
- CORNWELL, Hilaire; CORNWELL, James. *Saints, signs and symbols*. 3rd. edition. New York: Morehouse Publishing, 2009.
- DENNIS, ROGER, L. H. Landform resources for territorial nettle-feeding Nymphalid butterflies: biases at different spatial scales. *Animal Biodiversity and Conservation* **27** (2): 37-45, 2004.
- DICKE, Marcel. Insects in Western Art. *American Entomologist* **46** (4): 228-236, 2000.
- ECO, Umberto (org.). *História da feiúra*. Trad. Eliana Aguiar. Rio de Janeiro: Editora Record, 2007.
- FERGUSON, George. *Signs & Symbols in Christian Art*. London: Oxford University Press, 1989.
- GATHMANN, Achim; WIROOKS, Ludger; ECKERT, Jörg; SCHUPHAN, Ingolf. Spatial distribution of *Aglais urticae* (L.) and its host plant *Urtica dioica* (L.) in an agricultural landscape: implications for Bt maize risk assessment and post-market monitoring. *Environmental Biosafety Research* **5** (1): 27-36, 2006.
- GIORGI, Rosa. *Angels and demons in art*. Los Angeles: The Paul Getty Museum, 2005.

- HAGEN, Snorre B., LEINAAS, Hans Petter; LAMPE, Helene M. Responses of great tits *Parus major* to small tortoiseshells *Aglais urticae* in feeding trials; evidence of aposematism. *Ecological Entomology* **28** (4): 503–509, 2003.
- HAHN, Thomas G. The difference the Middle Ages makes: Color and race before the modern world. *Journal of Medieval and Early Modern Studies* **31** (1): 1-37, 2001.
- HAND, John Oliver; WOLFF, Martha. *Early Netherlandish Painting. The Collections of the National Gallery of Art Systematic Catalogue*. Washington, D.C.: National Gallery of Art, 1986.
- HOGUE, Charles L. Cultural Entomology. *Annual Review of Entomology* **32**: 181-199, 1987.
- IMPELLUSO, Lucia. *Nature and its symbols*. Los Angeles: The Paul Getty Museum, 2004.
- JANKAU, Jerzy; GRZYBIAK, Marek. Mimetic muscles and emotions: Hans Memling's fifteenth century masterpiece, "Last Judgment", as a study for aesthetic surgery. *Aesthetic Plastic Surgery* **26**: 1146-150, 2002.
- KAUFMANN, Thomas DaCosta (ed.). *L'art flamand et hollandais: Belgique et Pays-Bas, 1520-1914*. Paris: Citadelles & Mazenod, 2002. (L'art et les grandes civilisations, 32)
- KEMPERDICK, Stephan. *Rogier van der Weyden*. Potsdam: H. F. Ullmann, 2007. (Masters of Netherlandish art)
- LANDOLT, Hanspeter. *La peinture allemande. Le Moyen Age tradif (1350-1500)*. Genève: Éditions d'Art Albert Skira, 1968.
- LANE, Barbara G. The patron and the pirate: the mystery of Memling's Gdansk Last Judgment. *The Art Bulletin* **73** (4): 623-640, 1991.
- LASSAIGNE, Jacques. *La peinture flamande: le siècle de Van Eick*. Genève: Éditions d'Art Albert Skira, 1957.
- LEWIS, Hilary Leonard. *Butterflies of the World*. New York: Harrison House, 1987.
- LICHTENSTEIN, Jacqueline. *A pintura vol. 2: A teologia da imagem e o estatuto da pintura*. Trad. Magnólia Costa. São Paulo: Editora 34, 2004.
- LINK, Luther. *O Diabo: a máscara sem rosto*. Trad. Laura Teixeira Motta. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.
- LÓPEZ, Sebastian. *Afghanistan: Iconoclastic fury unleashed again*.

- International Institute for Asian Studies Newsletter* 27: 45, 2002.
- LUCIE-SMITH, Edward. *The glory of angels*. New York: Collins Design, 2009.
- MANGUEL, Alberto. *Lendo imagens: uma história de amor e ódio*. Trad. Rubens Figueiredo. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
- MEIJER, Bert W. *Firenze e gli antichi Paesi Bassi 1430-1530. Dialogui tra artisti: da Jan van Eyck a Ghirlandaio, da Memling a Raffaello*. Livorno: Casa Editrice Sillabe, 2008.
- MICHIELS, Alfred. *Hans Memling*. New York: Parkstone Press, 2007. (Temporis Series)
- PAPAVERO, Nelson; SCROCCHI, Gustavo J.; LLORENTE-BOUSQUETS, Jorge. *Historia de la Biología Comparada. Volumen II. La Edad Media*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1995.
- PREVENIER, Walter; BLOCKMANS, Wim. *Les Pays-Bas Bourguignons*. Anvers: Fonds Mercator, 1983.
- SCHNEIDER, Norbet. *Still Life*. Köln: Taschen, 1994.
- SILVA, Jacionira Coêlho. *Arqueologia no médio São Francisco: indígenas, vaqueiros e missionários*. Recife, 2003. Tese (Doutorado em História) – Programa de Pós-Graduação em História, Universidade Federal de Pernambuco.
- STEFFLER, Alva William. *Symbols of the Christian faith*. Grand Rapids: Wm. B. Eerdmans, 2002.
- SYBIL T. *Butterflies diet: what do butterflies eat?* Buzzle.com. Available in: <<http://www.buzzle.com/articles/butterflies-diet-what-do-butterflies-eat.html>>. Access: August 29, 2010.
- TAGGARD, Mindy N. Cecilia; SOBRINO, María. Spain's Golden-Age painter-nuns. *Woman's Art Journal* 6 (2): 15-19, 1986.
- TANIS, James R. Netherlandish reformed traditions in the graphic arts, 1550-1630. Pp. 369-395, in: FINNEY, Paul Corby (ed.). *Seeing beyond the word: Visual arts and the Calvinism tradition*. Grand Rapids: Wm. B. Eerdmans, 1999.
- VOGÜÉ, Adalbert de. *Saint Benedict: the man and his work*. Petersham: St. Bede's Publication, 2006.
- WHEELER, L. Kip. *Heresy bandout: a convenient guide to eternal damnation*. Dr. Wheeler's Website (Medieval literature resources). Available in <<http://web.cn.edu/kwheeler/documents/Heresy.pdf>>. Access: August 29, 2010.

ZÖLLNER, Frank. The motions of the mind in Renaissance portraits: the spiritual dimension of portraiture. *Zeitschrift für Kunstgeschichte* **68**: 23-40, 2005.

Análise de uma experiência local de acompanhamento e controle de uso científico de animais na pesquisa biomédica

Ana Tereza Pinto Filipecki *
Carlos José Saldanha Machado **
Márcia de Oliveira Teixeira ***

Resumo: No Brasil, as primeiras Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUAs) começaram a ser implantadas pelas universidades e instituições públicas de pesquisa em meados da década de 1990. Recentemente, a partir de 2008, foram editadas uma Lei, um Decreto e uma Resolução que configuram o atual marco regulatório que disciplina o uso científico de animais na pesquisa e no ensino e determina a criação de CEUAs pelas instituições que criam ou utilizam animais nessas duas atividades. Contudo, diante da complexidade e do emaranhado do arcabouço legal do qual faz parte o uso científico de animais, e da exigência de seu conhecimento por parte dos membros das CEUAs para avaliarem os protocolos experimentais ou pedagógicos, cabe se perguntar em que medida esses fatores têm influenciado na dinâmica atual desses órgãos colegiados. Analisaremos aqui a experiência local da CEUA de uma instituição pública de pesquisa em saúde para identificar, caracterizar e discutir os tipos de enquadramento praticados pelos seus membros na análise específica de protocolos de pesquisa. Esperamos poder fornecer subsídios às análises de historiadores e filósofos da biologia com base em observações da realidade empírica geograficamente situada de uma instituição pública de pesquisa em saúde. Concluímos identificando uma série de dificuldades enfrentadas pelos membros da CEUA em seu trabalho de avaliação dos protocolos dos projetos de pesquisa.

* Fundação Oswaldo Cruz. Av. Brasil, 4365. EPJSV, sala 308. Rio de Janeiro-RJ, CEP 21045-900. E-mails: afilipecki@fiocruz.br

** Fundação Oswaldo Cruz. Av. Brasil, 4365. EPJSV, sala 308. Rio de Janeiro-RJ, CEP 21045-900. E-mails: saldanha@fiocruz.br

*** Fundação Oswaldo Cruz. Av. Brasil, 4365. EPJSV, sala 308. Rio de Janeiro-RJ, CEP 21045-900. E-mails: marciat@fiocruz.br

Palavras-chave: Comissões de Ética no uso de animais; biomedicina; metodologia qualitativa

A study of a local experience on control and assessment of animal use in biomedical research

Abstract: Ethics committees on animal experimentation in Brazil have been implemented since mid 1990's. However, only recently the use of animal in research, teaching and testing become regulated by a legal framework. A Federal Law, a Federal Decree and a Normative Resolution have been enacted in 2008, 2009 and 2010, respectively. Under the new legislation, the institutions which use research animals are obliged to implement animal ethics committees (AECs). One of AECs attribution is to guarantee the institution compliance to the regulatory framework. However, there are myriads of other legislation concerning animal welfare, human and animal health and environmental protection that have to be taken into account when reviewing proposed research protocols. It is an additional workload to the AECs members to become acquainted with the regulations. The transition to a new regulatory regime may be a demanding and complex task to the AECs members. The objective of this study is to examine the present experience of a biomedical research institution AECs in order to identify, describe and analyze the types of framing adopted by its members to review proposed research protocols. Our aim is to provide empirical date that may subsidy studies in history and philosophy of biological and biomedical sciences. We conclude by summarizing a set of difficulties faced by AECs members to review research protocols.

Key-words: Ethics committees on animal experimentation; biomedicine; qualitative methodology

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as primeiras Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUAs) começaram a ser implantadas pelas universidades e instituições públicas de pesquisa em meados da década de 1990. Fundamentadas nos Princípios Éticos na Experimentação Animal editados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal da Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (COBEA/SBCAL), em junho de 1991, as CEUAs iniciaram suas atividades defendendo um papel educativo, cujas ações e resultados eram dependentes do grau de apoio dos níveis estratégicos das instituições (direção, presidência, reitoria). Até o início do século XXI, porém, a influência das CEUAs sobre as práticas científicas da pesquisa biomédica brasileira era tímida. Saul Goldenberg, fundador e editor da Revista *Acta Cirúrgica Brasileira* até meados dos anos 2000, registrou essa situação, ao constatar que “na nossa Revista [...], 95% dos artigos enviados são de pesquisa

em animais de laboratório. Não raro, recebemos trabalhos que não cumprem **os princípios éticos da experimentação animal**” (Goldenberg, 2000, sem ênfase no original). Para Goldenberg, não bastava instruir os autores sobre a necessidade de cumprir os preceitos éticos na experimentação animal, era necessário também “exigir carta de aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal” (*Ibid*). O autor cobrava também, à semelhança da pesquisa em seres humanos, uma “Resolução Nacional para proteção dos animais envolvidos em pesquisas” (*Ibid*).

Decorridos oito anos, foi sancionada a Lei nº 11.794/2008, mais conhecida como Lei Arouca, que estabelece procedimentos para o uso científico de animais. Essa Lei criou o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e tornou obrigatória a implantação de CEUAs pelas instituições que criam ou utilizam animais para ensino e pesquisa. Uma das obrigações da CEUA é “cumprir e fazer cumprir, no âmbito de suas atribuições, o disposto nesta Lei e nas demais normas aplicáveis à utilização de animais para ensino e pesquisas, especialmente nas resoluções do CONCEA” (Brasil, 2008, Art. 10º, I). Em 2009, a composição do CONCEA é normatizada pelo Decreto nº 6.899/2009 estabelecendo que cabe à CEUA também:

Examinar previamente os protocolos experimentais ou pedagógicos aplicáveis aos procedimentos de ensino e projetos de pesquisa científica a serem realizadas na instituição à qual esteja vinculada, para determinar sua compatibilidade com a legislação aplicável. (Brasil, 2009, Art. 44º, II)

Em função das fragilidades da Lei e do Decreto que tratam do bem-estar animal e do uso científico de animais analisadas por Ana Tereza Filipecki e colaboradores (2009a, 2009b), Carlos Machado e colaboradores (2009, 2010), as sociedades científicas, as instituições de pesquisa e os pesquisadores aguardam a normatização pelo CONCEA de um amplo conjunto de atividades como, por exemplo, o cadastramento de instituições e pesquisadores, a fiscalização dos estabelecimentos que criam e utilizam animais de pesquisa, além de orientações específicas sobre a eutanásia, os procedimentos cirúrgicos, a utilização de embriões. De fato, o arcabouço legal brasileiro formado, além desses dois dispositivos, por outras Leis, Decretos,

Resoluções e Portarias, caracteriza-se pela complexidade e detalhamento das normas, além da existência de conflito entre alguns dos dispositivos (Machado, Filipecki, Teixeira & Klein, 2010). Como não poderia deixar de ser, nesse período de transição para a consolidação do novo marco regulatório, essa situação jurídica tem influenciado diretamente na dinâmica atual das CEUAs. Nosso argumento baseia-se em observações sobre as modificações dos protocolos de pesquisa sugeridas pelos membros da CEUA de uma instituição pública de pesquisa em saúde (daqui em diante, CEUA-IPPS) antes da aprovação dos projetos de pesquisa para a concessão de licença. Nesse sentido, é possível associar as modificações sugeridas pelos avaliadores dos protocolos de pesquisa aos pontos deixados em aberto pela legislação sancionada? O novo marco regulatório contempla todos, ou parte, dos temas mais sensíveis a serem observados pelas CEUAs nas análises dos protocolos como, por exemplo, os procedimentos cirúrgicos e anestésicos, a eutanásia, a capacitação do usuário, o registro profissional e o re-uso dos animais? Em que medida a CEUA-IPPS está apoiando, ou não, a implantação do princípio dos 3Rs? No caso de uma resposta negativa, quais são os entraves encontrados pela CEUA-IPPS para implementar tais princípios? Há limitações encontradas pela CEUA-IPPS no trabalho de compatibilização entre o conteúdo dos protocolos de pesquisa e as determinações legais? Quais? O que é preciso ser feito para superá-las e avançar no processo de implementação do marco regulatório?

Além desta introdução à problemática analisada, o artigo possui outras duas seções e considerações finais. Começaremos descrevendo e analisando os desafios das CEUAs neste novo marco regulatório, mais especificamente aqueles relacionados à avaliação dos projetos de pesquisa. Na terceira seção, apresentaremos um estudo piloto sobre a CEUA-IPPS centrada na identificação e caracterização das solicitações de revisão/modificações dos projetos de pesquisa presentes nas avaliações dos relatores, buscando compreender em que medida e de que maneira o momento de transição está refletido em suas práticas. Concluímos o artigo identificando uma série de dificuldades enfrentadas pelos membros da CEUA em seu trabalho de avaliação dos protocolos dos projetos de pesquisa afirmando que a implementação perene da Lei nº 11.794/2008 depende da construção de um entendimento comum entre os atores sobre o texto legal e qual enquadra-

mento poderá ser praticado por uma determinada CEUA na análise dos protocolos de pesquisa. Esperamos poder fornecer subsídios às análises de historiadores e filósofos da biologia praticada no Brasil, baseados na descrição e análise da dinâmica de realidades empíricas, geograficamente situadas, de instituições de pesquisa do complexo sistema nacional de ciência e tecnologia do setor saúde.

A fim de alcançarmos o objetivo deste trabalho, empregamos uma metodologia qualitativa composta de três procedimentos: entrevistas semi-estruturadas com o coordenador e vice-coordenador da CEUA-IPPS; observação participante, realizada ao longo de 8 meses, nas reuniões da CEUA-IPPS onde eram analisados e avaliados protocolos de pesquisa; e análise de documentos diversos (textos jurídicos; relatórios, pareceres e avaliações da Comissão). Os processos de coleta e análise dos dados ocorreram entre o período de janeiro a agosto de 2010, sendo as análises das informações levantadas balizadas pela observação da adoção, ou não, pelos atores da pesquisa, do princípio dos 3Rs da experimentação animal estabelecidos por William Russell e Rex Burch em 1959, e pelas determinações estabelecidas no novo arcabouço legal sobre uso científico dos animais. Os 3Rs, de refinamento (*refinement*), redução (*reduction*) e reposição (*replacement*), consiste em Refinar as técnicas de criação e experimentação, Reduzir o uso de animais ao mínimo sem comprometer a integridade científica da investigação e Repor ou substituir os animais por alternativas tecnológicas ou por animais menos sensíveis. Para a análise, por parte dos membros da CEUA-IPPS, das avaliações dos protocolos dos projetos de pesquisa, enquadrámos o resultado das mesmas em três categorias: ética, legal e ético-legal. Na primeira categoria, estão os pareceres dos relatores que dão ênfase na dor e no sofrimento do animal, julgando as perdas para o animal e os ganhos para os pesquisadores e para os animais (análise custo-benefício). O enquadramento legal prioriza o cumprimento das regulamentações (leis, normas, resoluções), sem referência aos princípios éticos que lhes orientam. Finalmente, o enquadramento ético-legal contempla as duas categorias anteriores.

2 PROJETOS VERSUS PROTOCOLOS: O QUE ESTÁ EM JULGAMENTO NAS COMISSÕES DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS?

A avaliação ética de um protocolo de pesquisa que utiliza animais pressupõe uma análise do domínio de conhecimento que o responsável pelo projeto de pesquisa detém sobre o modelo animal que utiliza

e sobre o desenho experimental que propõe. Portanto, a análise reside na observação da associação entre a formação acadêmica, a prática científica e a preocupação do pesquisador sobre o bem-estar do animal que utiliza. Mas, nas sociedades ocidentais contemporâneas, incluindo o Brasil, as CEUAs enfrentam resistências na realização de suas atividades tanto por parte dos pesquisadores quanto dos defensores dos direitos dos animais. As resistências e as críticas se intensificam em função do grau de espraiamento na organização social e aceitação por grupos populacionais dos novos valores sobre o tratamento a ser dispensado aos animais na vida corrente, além de uma cultura institucional e/ou local (laboratório) sensível a esses valores (Schuppli & Fraser, 2007; Graham, 2002; Hagelin, Hau & Carlsson, 2003; Levin & Stephens, 1994/1995). Em termos administrativos, para os pesquisadores, a lentidão ou a falta de agilidade da CEUA implica limitar sua possibilidade de competir em um “mercado científico” cujo ciclo de produção de informações e publicação dos resultados se torna cada vez mais curto. É vital a redução do tempo desse ciclo para se manter a concorrência entre grupos, laboratórios e instituições de pesquisa pela precedência de novos conhecimentos sobre o tema pesquisado e novas técnicas de laboratório. Pressionado por uma lógica de produção científica acelerada, imposta pelas agências de fomento e avaliação das pesquisas e pesquisadores, quanto maior a dificuldade que o pesquisador encontrar no conjunto das atividades que realiza, maior sua intolerância e impaciência com as demandas e o ritmo de trabalho da CEUA.

No Brasil, a resistência dos pesquisadores é maior em função de outras dificuldades enfrentadas, tais como, limite nos valores dos recursos que podem ser solicitados na compra de insumos e equipamentos para a pesquisa, miríade de legislações e normas a serem observadas na realização do projeto – muitas vezes conflituosas entre a compra, a importação, o envio de material para análise no exterior, coleta e transporte de animais – acrescidas das fragilidades e limitações referentes à qualidade dos animais criados para a pesquisa e a gestão local de insumos e produtos.

Além disso, o pesquisador sabe que precisa coordenar a submissão do projeto de pesquisa à agência de amparo e fomento com a submissão e aprovação do projeto pela CEUA. Mais ainda, a realização de projetos de pesquisa sem a aprovação da CEUA, ou que tenha

sido suspensa pela CEUA, representará uma ameaça para os pesquisadores tendo em vista que está previsto no Art. 23º da Lei nº 11.794/2008 que o CONCEA recomendará às agências de amparo e fomento à pesquisa o indeferimento de projetos por esses motivos.

De modo geral, os pareceres emitidos pelos membros das CEUAs orientam-se pela análise dos custos do sofrimento, da angústia e da vida dos animais e os benefícios que a pesquisa pode trazer para os seres humanos, animais ou o ambiente (análise custo-benefício). A avaliação contempla dimensões que geram desconforto aos pesquisadores que submetem seus projetos de pesquisa. A primeira dimensão é o da novidade do estudo. A realização de pesquisas cujas perguntas já foram exaustivamente respondidas pela literatura científica não é justificável. Do mesmo modo, não se justifica a pesquisa que pode, ao invés de utilizar animais vertebrados vivos, recorrer aos métodos *in vitro*, aos modelos computacionais ou a outros métodos alternativos. Um dos itens que o pesquisador deve contemplar quando submete o seu protocolo de pesquisa é a descrição das buscas realizadas em bancos de dados como, por exemplo, o PubMed. Mais do que uma revisão simples da literatura, a busca deveria consistir, segundo o *National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of Animals in Research*, em uma revisão sistemática (RS)¹. Por outro lado, o domínio de conhecimento atual do campo de pesquisa e das alternativas ao uso de animais pressupõe habilidades na busca sistematizada em bancos de dados – uma competência nova que não deve ser banalizada no estágio atual de desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação e do volume de informações disponíveis. As revisões sistemáticas de pesquisas com animais (RSPAs) e a meta-análise ainda não são de domínio da maioria dos pesquisadores que utilizam animais (Hooijmans, Tillema, Leenaars & Ritskes-Hoitinga, 2010).

¹ Em uma RS, toda a literatura sobre uma questão de pesquisa específica é identificada, avaliada, selecionada e extraída de maneira a gerar um novo dado. Portanto, a RS está endereçada a uma pergunta específica (foco restrito) como, por exemplo, avaliar a eficácia de uma droga específica ou intervenção, utilizando uma abordagem sistemática que envolve: (1) uma metodologia planejada, rigorosa, claramente definida e explicitamente documentada; (2) busca inclusiva e específica de dados bibliográficos para identificar todos os estudos relevantes, incluindo estudos em andamento e ainda não publicados, evitando vieses.

Simetricamente, RSPAs só terão resultados frutíferos se os estudos com animais forem confiáveis e planejados de forma robusta, isto é, completa e consistente, diretamente comparáveis e bem relatados. Problemas metodológicos nos estudos individuais, incluindo a própria RSPA, podem introduzir vieses, gerar limitações nos resultados como um todo e na utilidade das RSs. Evidentemente, o duplo compromisso do pesquisador na RS, no delineamento experimental da pesquisa, execução e relato, produz efeitos positivos ou negativos sobre os princípios éticos da experimentação animal, praticados por meio das alternativas de redução, de refinamento e de reposição dos animais na pesquisa (3Rs). Até recentemente, havia poucos estudos rigorosos sobre RSs de pesquisa em animais. Entretanto, um avanço nessa direção é o trabalho de Hooijmans e colaboradores (2010) que propõe um “filtro de pesquisa” para o PubMed. A avaliação por meio do RSPA da adequabilidade entre o modelo animal (espécies, linhagem) selecionado e a pergunta específica a ser respondida permite evitar problemas metodológicos e, em decorrência, aumentar a possibilidade de a pesquisa ser conduzida com padrões mais elevados. A RPSA permite a redução no número de animais na medida em que evita a duplicação futura de estudos para os quais as perguntas de pesquisa já têm informações disponíveis confiáveis. A RSPA permite fazer estimativas mais precisas do número de animais necessários para se ver o efeito de uma intervenção, se houver um. A RSPA pode ser potencialmente utilizada para refinar os métodos experimentais que não seriam aparentes se os estudos fossem examinados isoladamente. As RSPAs comparativas podem ser utilizadas para fornecer evidências sobre a efetividade e validade de estudos que comparam dados *in vitro*, em invertebrados ou *in silico* com modelos animais tradicionais (por exemplo, para testar uma droga em particular).

As CEUAs encontram dificuldades em estabelecer critérios mais homogêneos de avaliação de protocolos de pesquisa. Existe o interesse e a necessidade da busca pela padronização de alguns procedimentos, principalmente aqueles que estão presentes na grande maioria de protocolos, como a eutanásia, a analgesia, a sangria, as inoculações e alguns procedimentos cirúrgicos. Essa possibilidade é mais elevada quando são utilizados animais de laboratório de espécies convencionais (camundongos, ratos, *hamsters*, cobaias e coelhos).

Para além da padronização do animal, a saúde física e mental dos animais é chave para a realização da pesquisa. O animal não deve ser submetido a perturbações físicas e emocionais capazes de perturbar sua homeostase (Mezadri, Tomáz & Amaral, 2004). Entretanto, na história da experimentação animal somente mais recentemente é que o bem-estar, a dor e a angústia dos animais tornaram-se variáveis relevantes para os resultados da pesquisa (Rollin, 2006; Wilson, 2002).

Um indicador da preocupação limitada do pesquisador com relação ao controle da dor do animal é a ausência, nos protocolos de pesquisa, da descrição dos parâmetros comportamentais dos animais (sintomas clínicos, parâmetros fisiológicos, indicadores bioquímicos, indicadores imunológicos e sinais patológicos) que serão acompanhados ao longo do experimento de modo a estabelecer o seu *endpoint*. Considerando o estágio atual do processo regulatório da experimentação animal no Brasil, é pertinente perguntar em que medida a Lei nº 11.794/2008 e o Decreto que a regulamenta, Decreto nº 6.899/2009, contemplam os temas que exigem maior atenção das CEUAs nas análises dos protocolos – procedimentos cirúrgicos e anestésicos, eutanásia, capacitação do usuário, registro profissional, re-uso dos animais – potencializando, desta forma, a harmonização dos processos avaliativos.

A Lei nº 11.794/2008 tornou obrigatório o uso de sedação, analgesia ou anestesia nos experimentos que causam dor ou angústia ao animal (Brasil, 2008, Art. 14º, § 5º), proibindo “o uso de bloqueadores neuromusculares ou de relaxantes musculares em substituição a substâncias sedativas, analgésicas ou anestésicas” (*Ibid.*, Art. 14º, § 7º). Condicionou os protocolos de pesquisa que tem como objeto de investigação a dor e a angústia à obtenção de uma autorização específica dada pela CEUA (*Ibid.*, Art. 14º, § 6º). Porém, a operacionalização das determinações legais de controle e monitoramento das atividades de criação e uso científico de animais pelas CEUAs, conforme estabelecido pela Resolução Normativa nº 1 do CONCEA, depende, de modo similar às regras de biossegurança (Resoluções Normativas 1 e 2 da CTNBio), de procedimentos padronizados, da capacitação dos usuários (e dos membros da CEUA) e de infra-estrutura adequada. Por exemplo, quando a CEUA solicita que o responsável pelo projeto de pesquisa descreva como será realizada a contenção do animal, eutanásia e outros procedimentos em que o animal será sub-

metido a dor, sofrimento e angústia, o que está em jogo, em última análise, é a convergência (ou a divergência) entre a capacidade e habilidade do usuário e a infraestrutura local.

Uma dificuldade que as CEUAs enfrentam no processo atual de regulamentação da Lei nº 11.794/2008 está relacionada à eutanásia, aos procedimentos cirúrgicos e anestésicos. Tradicionalmente, as competências para realizar atividades científicas com animais de laboratório, de companhia e selvagens são adquiridas menos no percurso acadêmico do que na prática profissional. Encontramos, em instituições biomédicas, pesquisadores com graduações diversas: veterinários, médicos, farmacêuticos, biólogos, nutricionistas, fisioterapeutas, dentre outros. Mas, o Brasil não dispõe atualmente de um programa de certificação reconhecido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Inmetro e pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, capaz de traduzir e validar os conhecimentos e as habilidades aprendidas no fazer (*learning by doing*) e no interagir (*learning by interacting*), e nem um programa educacional voltado especificamente para as atividades de criação e uso de animais de pesquisa. Além disso, existe uma disputa no exercício profissional, principalmente entre biólogos e veterinários, que dificulta o processo de organização e funcionamento de uma CEUA. Segundo a Resolução nº 714/2002 do Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV), é “obrigatória a participação do médico veterinário como responsável pela eutanásia em todas as pesquisas que envolvam animais” (Brasil, 2002, Art. 2º, parágrafo único). Todos os procedimentos anestésicos e/ou cirúrgicos devem ser realizados exclusivamente pelo médico-veterinário, segundo Lei nº 5.517/1968, Resolução nº 877/2008, Art. 3º da Resolução nº 714/2002. As diretrizes do Ministério da Ciência e Tecnologia sobre a eutanásia, mencionadas na Lei nº 11.794/2008 (Brasil, 2008, Art. 14º, § 1º), não poderão ser estabelecidas sem um diálogo da entidade com o CFMV. Enquanto aguardam as normas do CONCEA sobre os procedimentos regulados pelo CFMV, as CEUAs enfrentam as resistências dos pesquisadores, que são conjugadas às restrições do perfil profissional de suas equipes e/ou as limitações atuais no quadro de veterinários das instituições de pesquisa biomédica.

Outro ponto sensível para as CEUAs é a reutilização de animais sadios após a finalização do experimento. Antes da aprovação da Lei

nº 11.794/2008, o destino dos animais hípidos utilizados na pesquisa dependia das espécies usadas. Coelhos, por exemplo, poderiam ser vendidos ou sua carne consumida. Do ponto de vista ético, proibir a reutilização do animal após o término do procedimento de ensino ou da pesquisa científica restringe a alternativa de redução no número de animais. É verdade que a reutilização de animais é um tema complexo, como mostra a literatura corrente (Kovalcsik *et al.*, 2006; Machado, Filipecki, Teixeira & Klein, 2010), no entanto, na legislação brasileira, o tema torna-se mais complexo em função da ausência de definições e/ou da presença de definições imprecisas; como ocorre com as definições de “atividades de pesquisa” e “experimentos” na Lei Arouca. Combinadas, essas definições contemplam um amplo espectro de atividades, e que não têm o sofrimento, a dor e a angústia, ao contrário da legislação britânica, como categoria central.

Tal situação obriga o pesquisador a descrever, mais ainda, de forma clara e precisa os objetivos de seu projeto de pesquisa. Porém, um projeto de pesquisa, dependendo de sua complexidade, pode envolver um amplo conjunto de atividades que contemplem ou não o uso de animais vertebrados e invertebrados.

Atualmente, independente da espécie, o destino dos animais que não foram submetidos à eutanásia está parcialmente nas mãos da CEUA. Segundo a Lei Arouca, os animais:

Poderão sair do biotério após a intervenção, ouvida a respectiva CEUA quanto aos critérios vigentes de segurança, desde que destinados a pessoas idôneas ou entidades protetoras de animais devidamente legalizadas, que por eles queiram responsabilizar-se. (Brasil, 2008, Art. 14º, § 2º)

A CEUA, portanto, tem uma dupla responsabilidade: proteger quem recebe o animal, ao atestar sua sanidade física e mental, e proteger o animal de um potencial receptor, avaliando a idoneidade da pessoa ou a legalidade das entidades protetoras. Doações, entre IPPs, de animais utilizados em experimentos, e que não foram submetidos à eutanásia, não estão previstas na Lei.

Dirigentes, criadores e usuários de animais de pesquisa não devem, portanto, ignorar as implicações do novo marco regulatório para a instituição e, particularmente, seus efeitos sobre o modo de funcionamento das CEUAs. O Decreto nº 6.899/2009 ampliou as atribui-

ções da CEUA, incumbindo-lhe de duas novas tarefas. A primeira foi a de “estabelecer programas preventivos e de inspeção para garantir o funcionamento e a adequação das instalações sob sua responsabilidade, dentro dos padrões e normas do CONCEA” (Brasil, 2009, Art. 44º, VII). A segunda foi de:

Manter registro do acompanhamento individual de cada atividade ou projeto em desenvolvimento que envolva ensino ou pesquisa científica realizada, ou em andamento, na instituição e dos pesquisadores que realizem procedimentos de ensino e pesquisa científica. (Brasil, 2009, Art. 44º, VIII)

A periodicidade anual das inspeções foi definida pela Resolução Normativa nº 1 do CONCEA (Brasil, 2010, Art. 6º, VIII).

A Resolução Normativa nº 1 do CONCEA definiu que o cadastro dos protocolos experimentais ou pedagógicos realizados ou em andamento será enviado pela CEUA ao CONCEA, por meio do CIUCA (Cadastro das Instituições de Uso Científico de Animais). Desse modo, as CEUAs aguardam a regulamentação do CIUCA de modo a ajustar seus formulários de submissão aos parâmetros do Cadastro.

A Lei Arouca tratou a criação de mais de uma CEUA por instituições de pesquisa e ensino como sendo uma excepcionalidade, precisando, portanto, da aprovação do CONCEA (Brasil, 2008, Art. 13º, § 1º), mas entregando à própria CEUA a responsabilidade de definição dos “laboratórios de experimentação animal, biotérios e centros de criação sob seu controle” (*Ibid.*, 13º, § 3º). O Decreto nº 6.899/2009 não introduziu nenhuma mudança ou ampliou o artigo. Trata-se da ausência de uma orientação significativa na medida em que estavam sendo previstas pelos coordenadores e membros de Comissões a existência de assimetrias entre as CEUAs de uma mesma instituição de pesquisa e ensino, nos critérios de julgamento de protocolos e no perfil de composição dos membros caso não fosse criada uma CEUA com autoridade para harmonizar o conjunto de sub-CEUAs espalhadas na organização. A excepcionalidade de criação de mais de uma CEUA foi atestada quando a Resolução Normativa nº 1 estabeleceu que “o pleito institucional sobre a criação de CEUA adicional” será analisado pelo CONCEA caso a caso (Brasil, 2010, Art. 5º, § 1º). Porém, a Resolução também foi omissa no que tange à necessidade

de harmonização entre critérios de avaliação dos protocolos experimentais ou pedagógicos praticados pelas CEUAs de uma mesma instituição.

Diante do cenário delineado pelo novo marco regulatório, caracterizado pela intensificação simultânea da carga de trabalho da CEUA e do controle ético-legal que deverá ser exercido sobre as práticas de produção do conhecimento biomédico, as maiores organizações de ensino e pesquisa vislumbram, embasadas pela nova legislação, a possibilidade de criar, ou já estarem criando, CEUAs por Instituto e/ou Unidade, inspiradas no modelo descentralizado de Comitês de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo seres humanos. Por exemplo, numa organização de abrangência nacional com a Fundação Oswaldo Cruz, do Ministério da Saúde, dois Centros de Pesquisa, o Ageu Magalhães, localizado no Recife (PE), e o Gonçalo Muniz, em Salvador (BA), já criaram suas CEUAs. Trata-se de um movimento contrário ao que foi empreendido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul que unificou, por decisão da Reitoria, as CEUAs da instituição, criando uma única CEUA (Carissime, 2010). Contudo, se de um lado, a estratégia de criar mais de uma CEUA reflete o grau de autonomia das unidades científicas, relacionado ao modo de fazer política na Fundação Oswaldo Cruz, de outro, gera problemas administrativos e gerenciais de harmonização de procedimentos e critérios práticos no interior dessa organização.

3 A DINÂMICA DE AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE PESQUISA DA CEUA-IPPS: UM ESTUDO PILOTO

Em função das determinações da Lei nº 11.794/2008 e do Decreto nº 6.899/2009, em outubro de 2009, a composição da CEUA da IPPS observada foi revista, passando a ser formada por 18 profissionais voluntários de formações diversas (15 titulares e 3 suplentes): uma advogada, um psicólogo, sete médicos veterinários, cinco biólogos, um biomédico, um estatístico, uma física e uma farmacêutica/microbiologista. Com exceção da representante da Sociedade Protetora dos Animais, os membros estão vinculados a IPPS, realizando suas atividades na CEUA-IPPS em concomitância com as demais responsabilidades profissionais. Com a promulgação da Resolução Normativa nº 1 do CONCEA a composição será novamente

revista em função da exigência introduzida: “docentes e pesquisadores na área específica, que utilizam animais no ensino ou pesquisa científica” (Brasil, 2010, Art. 4º, II).

Ao mesmo tempo em que o CONCEA começa a regulamentar as disposições da Lei nº 11.794/2008 e do Decreto nº 6.899/2009, localmente o projeto de pesquisa pode ser submetido pelo proponente em formulário eletrônico on-line após o seu cadastramento no sistema. Os campos do formulário contemplam: título do projeto; palavras-chave; tempo de execução; dados do proponente; resumo do projeto; equipe participante, com os nomes, o número de inscrição profissional de cada um, bem como a capacitação para realizar os procedimentos; base teórica; objetivos; plano de trabalho e delineamento experimental; lista de referências bibliográficas; palavras-chave no PubMed; justificativa; potenciais benefícios; locais em que os animais serão manipulados; especificações sobre os animais utilizados (espécie, linhagem, sexo, peso, idade) e descarte das carcaças. O projeto pode envolver várias atividades e cada atividade um conjunto de procedimentos. De modo geral, como não há limite para o número de atividades e de procedimentos, é possível que o projeto submetido englobe vários subprojetos do laboratório de pesquisa. Sempre que o projeto for muito amplo ou complexo, a orientação da CEUA-IPPS para o proponente é que seja elaborado um fluxograma das atividades envolvidas e, de preferência, delineado em função dos animais utilizados. Em cada atividade é necessário descrever o local de execução, a severidade da intervenção, as principais adversidades e os métodos de prevenção e controle. As mudanças nas condições de alojamento e nutrição e do destino do animal são descritas por atividade. Para cada procedimento é necessário descrever os participantes, o número de repetições do procedimento com os mesmos animais e o intervalo entre as repetições, se houver.

O projeto de pesquisa passa por uma triagem prévia cujo objetivo é identificar falhas possíveis no preenchimento dos campos do formulário. Segundo o Regimento Interno (RI) da CEUA-IPPS o projeto é encaminhado à coordenação que lhe atribui um número de protocolo e o direciona ao membro-relator, responsável direto pela análise do processo, escolhido em função da especialização e disponibilidade. O relator avalia individualmente o projeto e apresenta para os demais membros da Comissão nas reuniões de trabalho (ordinárias e

extraordinárias). A Comissão analisa o parecer do avaliador, indicando as sugestões de mudanças quando necessário. Nos casos em que o projeto é enviado a um consultor *ad hoc* para complementar a análise do relator é possível convidá-lo para apresentar o seu parecer na reunião da Comissão. No entanto, não é permitida a presença do proponente na reunião da CEUA-IPPS para detalhar seu projeto. Em reunião para votação da licença requerida o projeto pode ser “aprovado, com pendência, não-aprovado e retirado” (RI, CEUA-IPPS). Segundo o RI, no parecer “deverá constar uma identificação resumida com as implicações éticas” (*Ibid.*). E, segundo o Relatório de Atividades de 2009, “cada protocolo é revisado pela Comissão tantas vezes quantas forem necessárias até o aperfeiçoamento mínimo indispensável para a sua perfeita compreensão” (*Ibid.*). As mudanças solicitadas ao proponente são enviadas eletronicamente, em um formulário *on line* denominado “Carta Ponto a Ponto” e as respostas, também submetidas *on line*, no formulário “Carta Resposta”. As licenças são emitidas para um período máximo de 4 anos.

A intensificação do trabalho da CEUA-IPPS, ao longo dos seus 10 anos de funcionamento, pode ser apreendida quantitativamente pelo crescimento da taxa média mensal de solicitação de novas licenças (isto é, sem considerar a análise dos termos aditivos): 3,7 no período de 2000 a 2006; 7,9 no período 2007-2009 e 9,4 entre janeiro e agosto de 2010. Nas reuniões de 2009, a Comissão avaliou 227 versões diferentes de projetos, sendo que nenhum projeto foi licenciado como submetido. Nem todos os projetos são avaliados no mesmo ano de submissão. Segundo o Relatório de Atividades de 2009, a CEUA-IPPS avaliou 53 projetos submetidos em 2008, analisados uma vez até sua conclusão durante 2009. Até agosto de 2010, o número total de projetos analisados foi de 95, dos quais 74 são novas submissões e 14 advém de 2009: 32 já foram aprovados, 23 aguardam reunião, 9 estão com proponentes para mudanças, 27 estão com os relatores, 1 foi reprovado e 1 foi arquivado.

Todos os projetos apresentados em reunião foram objetos de análise. No entanto, a ênfase foi dada na análise dos projetos licenciados na sua terceira versão ou superior (16) e os que estão em reunião na sua terceira versão ou superior (9). Para esse conjunto de 25 projetos foram analisados os pareceres dos relatores sobre as diferentes versões do projeto. Nesse conjunto de documentos identificamos 232

questionamentos ou solicitações de mudanças que foram relacionados aos 3Rs (categoria ético, segundo o nosso sistema de classificação), aos dispositivos jurídicos mencionados (categoria legal), aos aspectos gerais constituintes do projeto e as características de redação do texto.

O refinamento dos protocolos experimentais foi o questionamento ou solicitação de mudança predominante, correspondendo a 79%. Neste conjunto, 13% estão relacionados ao cálculo do número de animais utilizados; 13% à descrição das concentrações, dosagens vias de administração de substâncias e inoculações; 9% a descrição dos grupos controle e tratado; 7% à descrição dos animais por atividade; 6% à descrição geral das atividades e dos procedimentos; 6% ao detalhamento de procedimentos específicos como gavagem, lavado peritoneal, lavado bronco alveolar e coleta de sangue; 6% ao acompanhamento das adversidades e métodos de prevenção e controle da dor, do sofrimento e da angústia; 5% à análise da relação custo-benefício, 4% ao modelo animal utilizado; 4% à descrição do *endpoint*, do método de eutanásia e constatação do óbito do animal; 4% ao protocolo anestésico – antes, durante e após a intervenção; 3% ao tamanho de seringa e calibre da agulha; 3% à contenção e a manipulação dos animais; 3% à duração dos experimentos e aos intervalos entre as repetições com os mesmos animais; e 2% à descrição de dispositivos como tesoura, guilhotina, instrumentos cirúrgicos.

Praticamente os itens referentes ao refinamento de manutenção (alojamento e nutrição) dos animais no biotério de experimentação animal não foram mencionados. A frequência de questionamentos associados aos aspectos gerais do projeto de pesquisa foi de 13%, dos quais destacamos as seguintes distribuições relativas: informações sobre a capacitação da equipe (26%), identificação do número de registro profissional (16%), subtração de procedimentos em que o animal vivo não estava sendo utilizado (13%), detalhamento do descarte da carcaça (6%), relação da equipe por procedimento (6%), revisão da base teórica (13%), termo de consentimento livre e esclarecido dos proprietários dos animais (6%). As solicitações relacionadas à redação, clareza e organização do protocolo foram tratadas em um único bloco, contabilizando 6,5 % do número total de questionamentos/mudanças. Um exemplo de solicitação nesta categoria é a substituição da palavra sacrifício por eutanásia.

Na categoria legal, as frequências foram praticamente nulas. Encontramos apenas 4 registros: 2 relacionados à Lei nº 11.794/2008 e 2 relacionados às Resoluções do CFMV.

Os resultados apontam o predomínio das decisões éticas sobre as decisões legais. Apesar do esforço da CEUA-IPPS em implantar o princípio dos 3Rs, observamos nas reuniões e nos pareceres dos relatores tímidas orientações sobre as alternativas de substituição. Talvez a justificativa esteja na ausência de uma política institucional nessa direção, mobilizando recursos humanos e materiais para as pesquisas em métodos alternativos ao uso de animais. A capacitação dos membros da CEUA-IPPS, dos pesquisadores e técnicos é condição fundamental para uma ética aplicada. As fragilidades da Lei e do Decreto com relação à capacitação foram parcialmente corrigidas pela Resolução Normativa nº 1 ao estabelecer que as instituições devem promover a capacitação dos membros da CEUA (Brasil, 2010, Art. 2º, § 1º), transferindo para ela a incumbência de avaliar a qualificação e a experiência dos criadores e usuários (*Ibid.*, Art. 6º, X).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término desse trabalho, gostaríamos de destacar o fato de que, através da metodologia qualitativa aqui praticada, pudemos observar uma dimensão político-científica constitutiva de uma experiência local de acompanhamento e controle de uso científico de animais na pesquisa biomédica. Certamente que ela não é exclusiva da CEUS SA observada. Os pesquisadores tendem a traduzir os questionamentos e/ou as recomendações feitas pela CEUA sobre o projeto submetido à avaliação como uma intervenção em suas práticas de pesquisa. Assim, a necessidade de um estudo piloto ou a realização de uma etapa anterior de pesquisa *in vitro*, ou a revisão do modelo animal, ou a revisão do desenho experimental e dos procedimentos, visando o bem-estar animal, são interpretadas como julgamento de mérito científico, desconhecimento do relator sobre a área e, até mesmo, incompetência. De modo análogo, quando os membros da CEUA recebem os protocolos e encontram uma redação truncada, pouco precisa, confusa, sugerindo o desconhecimento do pesquisador sobre a etologia do animal e sobre os efeitos que a manipulação precária do animal traz

para os resultados da pesquisa, as críticas ao proponente do projeto são igualmente contundentes. Em IPPS onde os modos de produção do conhecimento envolvem hierarquias e domínios, no qual o pesquisador sênior possui graus de autonomia e de influência elevados sobre aqueles que ocupam posições estratégicas, constata-se a geração de assimetrias no tratamento administrativo das prioridades das análises dos protocolos dentro das CEUAs e entre CEUAs.

Trata-se da pressão exercida por pesquisadores sênior – que ocupam posição de destaque no CNPq na forma de consultores *ad hoc* e bolsistas de produtividade em pesquisa – para garantir a manutenção de livre ação que desenvolvia antes do novo marco regulatório. É um tipo de relação social que poderia ser interpretado como a busca pela manutenção de privilégios na avaliação de seus protocolos de pesquisa.

Tal pressão se mostra eficaz quando no atual processo de avaliação dos projetos, a coordenação da CEUA-IPPS mantém aqueles privilégios através de dois procedimentos: 1) tornar flexível a ordem de avaliação dos projetos na lista de controle de entrada registrada por data de protocolo na Comissão e, 2) escolher relatores com uma disposição mais flexível para a interpretação do que determina o arcabouço legal e com uma escrita cautelosa na redação do parecer, sobretudo na eliminação de todo e qualquer traço da identidade do avaliador. Esse cuidado se justifica por serem os avaliadores pesquisadores da mesma instituição que, diante de um parecer exigente ou, até mesmo, do indeferimento do protocolo de experimentação, pode retaliar em oportunidades onde o pesquisador-avaliador tem qualquer outro tipo de demanda (compra de insumos, pedido de bolsas de pesquisador visitante, de iniciação científica, liberação para viajar para o exterior, etc.). É forte a pressão desse grupo de pesquisadores cientificamente reconhecidos e politicamente importantes para a instituição, que concebem a ciência como uma atividade livre, e estão apegados à concepção flexível praticada antes do novo marco regulatório. Uma alternativa possível para reduzir a pressão sobre os membros das CEUAs seria abrir sua composição para profissionais de outras instituições, permanecendo 50% mais para membros da instituição em que a CEUA está vinculada.

Como já dissemos anteriormente, estamos diante de uma configuração de natureza político-científica onde a fronteira entre o legal e o

ilegal é muito tênue, típica de períodos de implementação de novos marcos regulatórios em que estão envolvidos uma diversidade de atores. Mas, é forçoso reconhecer, em consonância como as análises de Machado (2006) sobre o processo de implementação da política nacional de recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro, que durante esse período, até que os novos valores sejam incorporados no cotidiano dos atores da pesquisa, o processo assume várias bifurcações. A direção do processo está condicionada ao jogo de forças entre os atores em disputa, uns apegados a valores antigos, outros aos novos valores. Logo, podemos afirmar que no mesmo momento em que os leitores estiverem lendo esse artigo, algumas ou várias situações que acabamos de descrever e analisar não estarão mais presentes na cena histórica dos cientistas em ação em seus locais de produção de conhecimentos biomédicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro na realização do projeto “Ciência, tecnologia e inovação em biomedicina numa organização pública de pesquisa brasileira”, em fase final de conclusão, cujos resultados parciais são aqui apresentados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009. Dispõe sobre a composição do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA, estabelece as normas para o seu funcionamento e de sua Secretaria-Executiva, cria o Cadastro das Instituições de Uso Científico de Animais - CIUCA, mediante a regulamentação da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, que dispõe sobre procedimentos para o uso científico de animais, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/817997/decreto-689909>>. Acesso em: 14 agosto 2010.
- BRASIL. Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-

- 2010/2008/lei/111794.htm>. Acesso em: 14 agosto 2010.
- BRASIL. Resolução Normativa CONCEA nº 1, de 09 de julho de 2010. Dispõe sobre a instalação e o funcionamento das Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUAs). Disponível em: <www.mp.sp.gov.br>. Acesso 14 agosto 2010.
- BRASIL. Resolução nº 714, de 20 de junho de 2002. Dispõe sobre procedimentos e métodos de eutanásia em animais, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.furb.br/site/arquivos/357080486559/Resolucao%20714_%202002.htm>. Acesso em: 14 agosto 2010.
- CARISSIME, André. Comissão de ética no uso de animais (CEUA) Em que estágio estamos? Palestra proferida na *Reunião Anual da Federação de Sociedade de Biologia Experimental*, Águas de Lindóia-SP, 28 de agosto 2010.
- FILIPECKI, Ana Tereza P.; MACHADO, Carlos J. Saldanha; TEIXEIRA, Márcia de Oliveira. Características do novo marco regulatório de uso de animais em experimentação científica e as questões em aberto - Parte I: a Lei 11.794/2008. *Jornal da Ciência E-mail*, **3834**: 1-3, 2009 (a).
- FILIPECKI, Ana Tereza P.; MACHADO, Carlos J. Saldanha; TEIXEIRA, Márcia de Oliveira. As características do novo marco regulatório de uso de animais em experimentação científica e as questões em aberto - Parte II: o Decreto 6.899/2009. *Jornal da Ciência E-mail*, **3835**: 1-3, 2009 (b).
- GOLDENBERG, Saul. Aspectos éticos da pesquisa com Animais. *Acta Cirurgica Brasileira*, **15** (4): editorial, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-86502000000400001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 14 agosto 2010.
- GRAHAM, Karen. A study of three IACUCs and their views of scientific merit and alternatives. *Journal of Applied Animal Welfare Science* **5** (1): 75-81, 2002.
- HAGELIN, Joakim; HAU, Jann; CARLSSON, Hans-Erik. The refining influence of ethics committees on animal experimentation in Sweden. *Laboratory Animals*, **37**: 10-18, 2003.
- HOOIJMANS, Carlijn; TILLEMA, Alice; LEENAARS, Marlies; RITSKES-HOITINGA. Enhancing search efficiency by means of a search filter for finding all studies on animal experimentation in

- PubMed. *Laboratory Animals*, **44**: 170-175, 2010.
- KOVALCSIK, Rose; DEVLIN, Travis; LOUX, Sheryl; MARTINEK, Melissa; MAY, Jonelle; PICKERING, Tracy; TAPP, Racel; WILSON, Scott & SEROTA, David. Animal reuse: balancing scientific integrity and animal welfare. *Lab Animal (NY)*, **35** (9): 49-53, 2006.
- LEVIN, Lisa Hara; STEPHENS, Martin L. Appointing animal protectionists to Institutional Animal Care and Use Committees. Animal Welfare Information Center Newsletter, Winter 1994/1995, 5(4). Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/awic/newsletters/v5n4/5n4steph.htm>>. Acesso em: 30 abril 2009.
- MACHADO, Carlos J. Saldanha. O mundo da administração pública das águas do estado do Rio de Janeiro segundo o olhar de um antropólogo. *Horizontes Antropológicos*, **12** (25): 171-190, 2006.
- MACHADO, Carlos J. Saldanha; FILIPECKI, Ana. Tereza P.; TEIXEIRA, Márcia de Oliveira; KLEIN, Helena E. A regulação do uso de animais no Brasil do Século XX e o processo de formação do atual regime aplicado à pesquisa biomédica. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, **17** (1): 87-105, 2010.
- MACHADO, Carlos J. Saldanha; FILIPECKI, Ana Tereza P.; TEIXEIRA, Márcia de Oliveira. Current Brazilian law on animal experimentation. *Science*, **324** (5935): 1643-1644, 2009.
- MEZADRI, Telmo J.; TOMÁZ, Vanderléia A.; AMARAL, Vera L. Lângaro. *Animais de laboratório. Cuidados na iniciação experimental*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2004.
- ROLLIN, Bernard E. The regulation of animal research and the emergence of animal ethics: a conceptual history. *Theoretical Medicine and Bioethic*, **27**: 285-304, 2006.
- RUSSELL, William M.S.; BURCH, Rex L. *Principles of humane experimental technique*. London: Methuen and Company, 1959.
- SCHUPPLI, Catherine A.; FRASER, David. Factors influencing the effectiveness of research ethics committees. *Journal of Medical Ethics*, **33**: 294-301, 2007.
- WILSON, David A. H. Animal psychology and ethology in Britain and the emergence of professional concern for the concept of ethical cost. *Studies in History and Philosophy of Biology and Biomedical Sciences*, **33**: 235-261, 2002.

História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação inicial de professores de Biologia

André Luis Corrêa *
Elaine Nicolini Nabuco de Araujo #
Fernanda Aparecida Meglhioratti §
Ana Maria de Andrade Caldeira ¶

Resumo: Ao estabelecer uma relação entre os diversos setores da Biologia, a teoria da evolução possibilita um ensino mais sistematizado e menos fragmentado dessa ciência. No entanto, os alunos parecem ter dificuldades de compreensão do conceito de evolução biológica, em virtude, entre outras causas, dos equívocos conceituais e históricos presentes nos livros didáticos. Uma dessas distorções refere-se ao embate entre as idéias de Lamarck e Darwin. Objetivou-se, neste trabalho, investigar qual o entendimento dos alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas acerca das teorias de Lamarck e Darwin em diferentes momentos da disciplina de Evolução. Para tanto, seguiram-se as seguintes etapas: 1) Verificação das concepções prévias; 2) Elaboração de um material pedagógico, contendo diversos textos históricos de fontes primárias e secundárias; 3) Discussão em dois módulos didáticos, utilizando o material pedagógico elaborado; 4) Análise das concepções construídas pelos alunos, a partir da intervenção didática. Os resultados obtidos revelam que as concepções prévias dos entrevistados, acerca das teorias de Lamarck e Darwin, assemelham-se às explicações apresentadas nos livros didáticos, e que, a inserção de textos históricos

* Participante do Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia, UNESP/Bauru. Av. Eng^o Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru, SP, CEP: 17033-360. E-mail: andrelc@fc.unesp.br

Centro de Divulgação e Memória da Ciência e Tecnologia, CDMCT, UNESP/Bauru. Av. Eng^o Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru, SP, CEP: 17033-360. E-mail: centro@fc.unesp.br

§ Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, UNIOESTE/Cascavel. Rua Universitária, 2069, Cascavel PR, CEP: 85819-110. E-mail: meglhioratti@gmail.com

¶ Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência; Departamento de Educação da Faculdade de Ciência, UNESP/Bauru. Av. Eng^o Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01, Bauru, SP, CEP: 17033-360. Email: anacaldeira@fc.unesp.br

nas aulas de Evolução pode ser uma estratégia interessante para construção do conhecimento dessa temática.

Palavras-chave: ensino de evolução; História e Filosofia da Biologia, formação inicial de professores

History and Philosophy of Biology as a tool in Evolution Teaching to Biology's students in pre-service teachers education

Abstract: By establishing a relationship among several sections of Biology, the theory of the evolution enables a more systemized and less fragmented education of this science. However, students seem to have difficulties of understanding the concept of biological evolution, by virtue of misunderstanding conceptual and historical data present in textbooks, among other causes. One of these mentioned distortions is the shock between Lamarck and Darwin's ideas. We aimed, in this work, to investigate the understanding of Biology's students in pre-service teachers education concerning the Lamarck and Darwin's theories at different moments of the Evolution discipline. For this, some steps had been followed: 1) Verification of the previous conceptions; 2) Elaboration of a pedagogical material, containing diverse historical texts of primary and secondary sources; 3) Debates in two didactic modules, using the pedagogical material elaborated; 4) Analysis of the conceptions constructed by the students, from the didactic intervention. The results obtained show the preconceptions of the students interviewed, concerning the Lamarck and Darwin's theories, resemble the explanations presented in textbooks and the insertion of historical texts in the Evolution lessons can be an interesting strategy to construction of knowledge of this theme.

Key-words: education of evolution; History and Philosophy of Biology; pre-service teachers education

1 INTRODUÇÃO

Em artigo de 1973, "Nada em Biologia faz sentido se não à luz da evolução", Theodosius Dobzhansky comenta que:

Vista à luz da evolução, a biologia é, talvez, intelectualmente a mais satisfatória e inspiradora ciência. Sem essa luz, torna-se uma pilha de fatos diversos – alguns deles interessantes ou curiosos, mas que não fazem uma descrição significativa do todo. (Dobzhansky, 1973, p. 129)

Em relação ao ensino de biologia, vários autores (Meyer e El-Hani, 2005; Meglhioratti, 2004; Goedert, 2004; Futuyma, 1992) concordam com a concepção de evolução biológica como eixo unificador das Ciências Biológicas, fornecendo subsídios para compreensão da Biologia atual e possibilitando a interpretação dos múltiplos cenários que se formaram desde a origem da vida até os dias atuais. Os Pará-

metros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) também orientam que a evolução biológica seja um conceito unificador da biologia, uma vez que, a compreensão da teoria evolutiva pode se interligar a outros conceitos biológicos (Brasil, 1999).

Em detrimento das considerações realizadas anteriormente sobre o papel central da evolução no conhecimento biológico e no ensino de biologia, diversas pesquisas apontam que os alunos têm dificuldades de compreensão ou aceitação do conceito de evolução (Bizzo, 1991; Zuzovsky, 1994; Dagher & Boujaoude, 2005; Crawford, *et al.*, 2005; Ingran & Nelson, 2006; Sepúlveda & El-Hani, 2009). Uma das razões que contribuem para a dificuldade de compreensão dos conceitos atrelados à teoria da evolução, diz respeito aos equívocos conceituais e históricos presentes nos livros didáticos. Um deles refere-se ao suposto embate entre as ideias de Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829) e Charles Robert Darwin (1809-1882). Lilian Martins aponta também distorções da teoria de Lamarck presentes em alguns livros didáticos, nos quais seu trabalho teórico é reduzido a “uma mera hipótese de herança do adquirido ou aquilo que atualmente se chama de lamarckismo” (Martins, 1998, p. 19).

Em uma análise efetuada em alguns materiais didáticos recentes, os autores deste estudo constataram a persistência em associar a imagem das girafas com pescoços de diferentes tamanhos à teoria de Lamarck. As explicações atribuídas à Lamarck e à Darwin sobre essa variação induzem a uma ideia simplista e equivocada sobre as teorias de ambos, confrontando-as. Vale lembrar que, na obra *Philosophie zoologique*, a menção às girafas ocupa apenas um parágrafo e não representa a peça central de sua teoria (Gould, 1996).

Diante da recorrência desses equívocos e com base nos referenciais que defendem a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino como forma de minimizar tais inconsistências, pois, conforme Claudia Sepúlveda e Charbel El-Hani (2009), a História da Ciência (HC) pode propiciar questionamentos que possibilitem a compreensão da natureza dos conhecimentos científicos, a presente pesquisa teve por objetivos: a) Realizar um levantamento, ao longo da disciplina de Evolução de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, das concepções de um grupo de alunos (futuros professores) acerca das teorias de Lamarck e Darwin; b) Verificar se, após a leitura e dis-

cussão de textos históricos, oriundos de fontes primárias e secundárias confiáveis, os alunos modificaram, em relação às pré-concepções, a forma de expressar suas concepções sobre a teoria evolucionista.

2 A INSERÇÃO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE BIOLOGIA

A inserção da História e Filosofia da Ciência na educação tem sido discutida por diversos autores (entre eles, Matthews, 1994; 1995; Allchin, 2004; Martins, 2006; El-Hani, 2006; Sepulveda e El-Hani, 2009). Michael Matthews discute os argumentos a favor e contra a inserção da História e da Filosofia da Ciência (HFC) no ensino escolar das ciências:

Os que defendem HFC tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências. (Matthews, 1995, p. 166)

As objeções à inserção da HFC no ensino não são novas, elas remetem aos riscos de uma abordagem pseudo-histórica, como discutida por Martin Klein em 1972, bem como aos possíveis prejuízos, conforme apontados por Thomas Kuhn, em 1959 e 1977, e por Stephen Brush, em 1974, ao espírito científico dos estudantes (Matthews, 1995). Segundo Matthews, em suas críticas, Brush sugere que:

A história da ciência poderia ser uma influência negativa sobre os estudantes porque ela ceifa as certezas do dogma científico; certezas essas que são tão úteis para se manter o entusiasmo do principiante. Apesar do tom jocoso, na verdade, ele sugere seriamente que apenas um público científico maduro deveria ter acesso à história. (Matthews, 1995, p. 177)

Ana Isabel Pereira e Filomena Amador sintetizam as críticas de professores e de pesquisadores acerca da utilização da História da Ciência (HC) na educação:

i) por parte dos próprios professores é apresentada com frequência a possibilidade da HC poder desviar os estudantes dos temas que na verdade são “importantes”, ou ainda, de potencializar o desenvolvimento de posições cépticas face aos saberes científicos que contribuam para relativizar este tipo de conhecimento; ii) por outro lado, os historiadores também chamam a atenção para as lacunas e reinterpretções incorretas, mesmo abusivas, que são produzidas ao utilizar-se a HC em âmbitos pedagógicos. Podendo nalguns casos estas “deformações” históricas serem inocentes, fruto mesmo de um desconhecimento da HC por parte de professores e autores de manuais, como poderem, também, serem suficientemente consciencializadas e veicular mensagens ideológicas, na linha do que se poderá designar por *whiggismo*. (Pereira e Amador, 2007, p. 193)

Douglas Allchin adverte sobre os exemplos de pseudo-história e pseudociência presentes no contexto educacional. Ele expõe alguns “sinais de advertência” que podem servir de indicativo para os professores sobre a pseudo-história. Os sinais são: versão romaneada; personalidades sem defeitos; descobertas monumentais e individuais; *insights* do tipo *Eureka*; somente experimentos cruciais; sentido do inevitável (*plot trajectory*); retórica da verdade *versus* ignorância; ausência de qualquer erro; interpretação não problemática das evidências; simplificação exagerada ou idealização; conclusão carregada de ideologia; autor com conhecimento superficial da literatura científica para o tema estudado. Em relação aos sinais para a ausência de contexto histórico, Allchin menciona: nenhuma configuração social ou cultural; nenhuma contingência humana; ausência de ideias antecessoras; aceitação sem críticas do novo conceito (Allchin, 2004, p. 193).

Matthews considera pertinentes as críticas acerca das possíveis distorções decorrentes das tentativas de simplificações da História da Ciência de modo a adequá-las ao ensino. No entanto, para ele, tais distorções podem ocorrer no processo de simplificação de conteúdos de todas as disciplinas e não apenas da História da Ciência. Além disso, Matthews entende que:

O problema hermenêutico de interpretação na história da ciência, longe de dificultar ou impedir o uso da história, pode tornar-se uma boa ocasião para que os alunos sejam apresentados a importantes questões de como lemos textos e interpretamos os fatos, isto é, ao complexo problema do significado: a partir de seu dia a dia, os alunos

sabem que as pessoas veem as coisas de formas diferentes; portanto, a história da ciência constitui-se num veículo natural para se demonstrar como esta subjetividade afeta a própria ciência. (Matthews, 1995, p. 177)

No Brasil, em relação ao Ensino de Biologia, Maria Helena Carneiro e Maria Luiza Gastal enfatizam que ainda falta uma análise crítica: do tipo de história veiculada nos livros didáticos e no contexto da sala de aula; e de como a concepção de História e Filosofia das Ciências deve ser trabalhada nos diferentes níveis de escolaridade. O que deveria ser questionado é a concepção de história que se deseja veicular, e não a sua presença ou ausência (Carneiro & Gastal, 2005). Para essas autoras, assim como para Roberto Martins, ao se incorporar a História da Ciência no Ensino de Ciências devem ser evitadas algumas visões distorcidas da ciência, decorrentes do uso de histórias anedóticas, da utilização de dados que levam a uma compreensão linear dos fatos, da aparente consensualidade de pensamentos dos cientistas e da ausência de uma contextualização mais ampla (Martins, 2006).

Sobre o ensino de Evolução, em particular, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, PCNEM, sustentam que a teoria da evolução deve ser considerada o eixo unificador do conhecimento biológico e apontam a importância de elementos da História e da Filosofia da Biologia para possibilitar aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e os contextos sociais, econômicos e políticos. Entretanto, nos livros didáticos, os aspectos evolutivos que deveriam ser uma das diretrizes para a construção do conhecimento biológico têm sido vistos como temáticas isoladas, muitas vezes presentes apenas nos últimos capítulos dos livros didáticos. Desde sua origem, a Biologia tem-se dividido em áreas de conhecimento com objetos de estudos cada vez mais delimitados e que, em decorrência disto, os métodos de investigação diversificam-se, ocorrendo, então, um processo de fragmentação deste conhecimento (Cicillini, 1991).

Corroborando com a ideia de que a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino possibilita um entendimento sobre a natureza da ciência, Charbel El-Hani comenta sobre desafio de ensinar sobre história e filosofia da ciência para alunos de Biologia de Ensino

Superior. A preocupação com a formação inicial reside no fato de que “um docente não poderá ensinar concepções adequadas sobre a natureza da ciência se ele próprio possuir uma concepção inadequada” (El-Hani, 2006, p. 11). Dessa forma, Claudia Sepulveda e Charbel El-Hani discutem uma proposta de ensino de História e Filosofia da Ciência nos cursos de graduação em Biologia, que leve em conta não apenas o uso da historiografia da ciência, mas o estudo de episódios históricos, com o uso de textos originais de autores que colaboraram para a construção do conceito de evolução biológica, como forma de propiciar questionamentos que possibilitem a compreensão da natureza dos conhecimentos científicos (Sepulveda & El-Hani, 2009; El-Hani, 2006). Ressalta-se que, conforme El-Hani:

A posse de concepções adequadas sobre a natureza da ciência pelo professor é uma condição necessária, mas não suficiente, para a melhoria das concepções epistemológicas dos estudantes. Isso não diminui, contudo a importância de intervir sobre aquelas concepções. (El-Hani, 2006, p.13)

Apoiada nessa ideia, a proposta da presente pesquisa é o estudo de episódios históricos, tendo por base a leitura de textos originais e fontes secundárias confiáveis, na disciplina de Evolução de um curso de graduação em Ciências Biológicas.

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento do trabalho seguiu uma metodologia qualitativa de pesquisa Uwe Flick e constou das seguintes etapas: 1) Análise das concepções prévias, por meio de entrevista semi-estruturada; 2) Elaboração de um material pedagógico, contendo diversos textos históricos de fontes primárias e secundárias; 3) Desenvolvimento de dois módulos didáticos de quatro horas, no qual se utilizou o material pedagógico elaborado, sendo as discussões desses módulos guiadas por perguntas norteadoras previamente escolhidas e questões recorrentes da própria dinâmica proporcionada pelos alunos; 4) Análise das concepções construídas pelos alunos a partir da intervenção didática, por meio de um questionário contendo as mesmas perguntas da entrevista inicial (Flick, 2009).

A seguir procura-se explicar cada uma dessas etapas. Vale ressaltar que, a coleta de dados (ou a fase de intervenção)¹ foi realizada em uma universidade estadual de São Paulo, no início de 2º semestre de 2009. Durante esse período (2º semestre de cada ano), a disciplina Evolução (4 créditos²) é oferecida aos alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas que previamente cursaram a disciplina Genética (8 créditos). O professor responsável pela disciplina Evolução gentilmente cedeu as quatro primeiras aulas do curso para que a referida pesquisa pudesse ser realizada. Sendo assim, ao final da intervenção foram utilizados 16 créditos ou horas/aula. Em seguida, a disciplina retomou o seu programa habitual.

3.1 Levantamento das concepções prévias

Para o levantamento das concepções prévias dos alunos acerca da temática evolução biológica utilizou-se como estratégia a entrevista semi-estruturada, que possibilita ao pesquisador mais liberdade para compreender nuances, nem sempre perceptíveis, quando se faz uso de questionários.

Participaram da referida entrevista nove alunos, aleatoriamente selecionados entre os 23 estudantes que, no período de realização desta pesquisa, cursavam a disciplina Evolução. Todas as entrevistas foram gravadas em áudio digital e transcritas na íntegra. As questões que constituíram o instrumento de coleta inicial foram:

- a) O que você entende por teoria científica?
- b) Você acredita que a evolução biológica tende a uma finalidade (objetivo)? Se sim, qual?
- c) O que você sabe sobre as ideias de Lamarck?
- d) O que você entende da Teoria de Darwin?

Na pergunta “a”, procurou-se saber quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre sua compreensão sobre o que vem a ser uma teoria científica. Para a pergunta “b”, visou-se verificar se os

¹ Este trabalho é um recorte da dissertação de mestrado do primeiro autor. Desse modo, todo o processo de intervenção foi realizado pelo mesmo.

² Cada crédito representa 1 hora/aula na universidade em que esta pesquisa se realizou.

alunos tinham uma compreensão teleológica ou casual da evolução biológica. As perguntas “c” e “d” tiveram como objetivo saber, de maneira mais específica, o que cada um dos nove estudantes entrevistados conhecia a respeito das teorias de Lamarck e Darwin.

3.2 Material didático e intervenção pedagógica

Com base nas respostas dos alunos obtidas por meio da entrevista inicial (ver resultados), selecionou-se o material pedagógico utilizado na elaboração dos módulos didáticos. Esse material compreendeu, entre outros textos, fragmentos de textos originais de Charles Darwin (*A origem das espécies*, 2000), recortes da dissertação de mestrado de Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (*A teoria da progressão dos animais de Lamarck*, de 1993) e outras fontes secundárias pertinentes.

Conforme já mencionado, a intervenção pedagógica antecedeu as atividades do professor responsável pela disciplina Evolução e teve duração de quatro semanas (quatro aulas, de quatro horas cada). Os módulos ocorreram em semanas consecutivas, sendo organizados da seguinte forma:

Semana 1 Coleta inicial de dados	Semana 2 Módulo 2 - As principais ideias de Lamarck
Semana 3 Módulo 3 – As principais ideias de Darwin	Semana 4 Coleta final de dados

Quadro 1. **Cronograma dos módulos didáticos.**

O desenvolvimento do primeiro módulo, sobre Lamarck, teve início a partir dos principais fatos históricos e políticos da França do fim do século XVIII e começo do século XIX, de maneira a contextualizar algumas possíveis influências externas que poderiam atuar na

construção da teoria do autor francês. Os principais tópicos da teoria lamarckista discutidos foram: origem dos seres vivos; causas de progressão; variabilidade das espécies; e as leis que governam a variação das espécies. Durante o desenvolvimento do tópico *causas de progressão*, um dos pontos levantados pela discussão foi a visão de aperfeiçoamento que a evolução promovia nos seres vivos para Lamarck. Apesar de comumente difundida na sociedade, a ideia de evolução como melhora ou aperfeiçoamento, não era interpretada, pelos estudantes, como uma maneira de conceituar evolução em uma perspectiva lamarckista. Em outro momento desta intervenção, pôde-se dialogar sobre as leis que governam a variação das espécies para Lamarck, ampliando o conhecimento prévio dos alunos, por não restringir às leis lamarckistas ao uso e desuso e à herança de caracteres adquiridos. Salienta-se que, em alguns momentos das discussões realizadas, os alunos manifestavam surpresa frente à quantidade de informações que desconheciam e às concepções alternativas que construíram ao longo de suas aprendizagens.

No módulo didático seguinte foram realizados debates de trechos do livro: *A Origem das Espécies*, de Darwin. A introdução desta aula deu-se por meio de uma contextualização da Inglaterra do século XIX, além de dados biográficos de Darwin. Uma das indagações iniciais que o pesquisador dirigiu aos alunos, neste módulo, foi quanto ao atrelamento do termo evolução somente ao cientista inglês Charles Darwin, evidenciando que, em alguns casos, a teoria da evolução é ensinada de forma simplificada e reducionista. Com o decorrer da leitura do texto de Darwin, outras discussões foram suscitadas, de modo que os estudantes pudessem dialogar e manifestar suas dúvidas, saindo da posição de agentes passivos no aprendizado para colaboradores do processo de construção do conhecimento. Isso ocorreu, por exemplo, ao refletiram sobre expressões contidas no texto, como “a luta pela sobrevivência”. Esta expressão que embora, em alguns casos, deva ser entendida de forma literal, em outros, deve ser compreendida de forma metafórica, o que pode implicar em difi-

culdades ou distorções no aprendizado dos alunos. Em outro momento deste módulo, os estudantes puderam perceber que as ideias de Lamarck e Darwin em alguns aspectos apresentavam pontos em comum. Tal constatação causou aos alunos bastante espanto.

A discussão de trechos do livro *A Origem das Espécies* de Darwin permitiu que os alunos se deparassem com uma visão diferente daquela interpretação mitificada, comumente apresentadas por vários livros didáticos, em que teorias de Lamarck e Darwin são expostas como conflitantes.

3.3 Levantamento das concepções finais

No último dia da coleta de dados, os nove participantes foram convidados a responder, apenas de forma escrita, as mesmas perguntas da entrevista inicial. Ressalta-se que pesquisador e professor da disciplina não interferiram no desenvolvimento desta atividade.

3.4 Categorias de análise dos dados

Apresentam-se nesta seção as categorias criadas por inferência através da análise das respostas dos estudantes obtidas na coleta inicial. Para a formação destas categorias, buscou-se observar a formação de padrões de respostas que permitissem agrupá-las por meio do processo de categorização. Sendo assim, as categorias constituídas neste trabalho foram: *Condizente*, *Parcialmente Condizente*, *Finalista*, *Progressista*, *Determinista ambiental*, *Factual*, e *Concepção Alternativa*. Vale ressaltar que exceto a categoria *Condizente*, de alguma maneira, todas as outras categorias apresentam concepções alternativas, entretanto cada categoria apresenta indicativos que nos permitiu agrupá-las em categorias diferentes. Para a categoria *Concepção Alternativa* não houve formação de padrão, apenas a construção de explicações incoerentes e/ou equivocadas em relação às perguntas solicitadas, o que propiciou a constituição desta categoria.

No Quadro 2 são apresentadas as categorias criadas por inferência para este trabalho, bem como as principais expressões utilizadas pelos estudantes, e que nos forneceram subsídios para criar essas categorias.

Categoria	Indicativos	Principais Expressões Usadas
Condizente	Respostas que exprimem ou se aproximam dos conhecimentos aceitos atualmente.	Resposta condizente com o pensamento científico atual.
Parcialmente Condizente	Resumo do conceito solicitado a um ou dois eventos, não levando em consideração, muitas vezes, a complexidade do processo ³ .	Expressão de termos relacionados ao conceito, mas sem esboçar um pensamento articulador entre eles.
Progressista	Tendência ao aperfeiçoamento das espécies em nível de complexidade e/ou adaptação.	Tornando-se mais complexo (adaptado) e/ou melhor.
Determinista ambiental	Entendem o ambiente não como selecionador de características, mas como promotor dela.	Uma necessidade de...
Finalista	Os estudantes têm a compreensão do processo adaptativo dos seres vivos como meta.	Com intuito de; para que.
Factual	Entendimento de que as teorias científicas estão, somente, baseadas em fatos comprovados.	Verdades e/ou provas.
Concepção Alternativa	Respostas que apresentam concepções alternativas mediante os conhecimentos atuais.	Resposta não condizente com a pergunta solicitada.

Quadro 2. As categorias de pesquisa.

³ Esta categoria não compreende outras categorias criadas para este trabalho.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Ao analisar as entrevistas iniciais realizadas com os sujeitos de pesquisa, pôde-se verificar: a não clara distinção entre as teorias de Lamarck e Darwin; reducionismo da teoria de Lamarck à lei do uso e desuso (o que implica no exemplo do pescoço da girafa) e lei dos caracteres adquiridos; reducionismo das ideias de Darwin à teoria da seleção natural; e *whiggismo*, ao entenderem as teorias dos autores como erradas ou verdadeiras sob a perspectiva atual.

Abaixo se apresenta um quadro, no qual se exibem as categorias em que cada estudante foi incluso ao longo das questões feitas na entrevista inicial. Vale explicitar que “E\Q” é a relação estudante (E) pela questão (Q) solicitada. Sendo assim, “CiX” refere-se à coleta inicial, sendo “x” referente ao estudante pesquisado. Já (a), (b), (c), (d) representam cada uma das questões feitas durante as coletas.

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci1	FAC	CA	PC	CA
Ci2	FAC	PROG	C	C
Ci3	FAC	--	CA	PC
Ci4	FAC	DET	PC	PC
Ci5	FAC	C	CA	CA
Ci6	CA	PROG	PC	PC
Ci7	FAC	FIN	PC	PC
Ci8	CA	PC	CA	CA
Ci9	FAC	C	PC	PC

Quadro 3. Categoria exibida por cada estudante ao longo das perguntas da entrevista. (C = Condizente; FAC = Factual; PROG = Progressista; FIN = Finalista; DET = Determinista ambiental; PC = Parcialmente Condizente; CA = Concepção Alternativa).

A seguir, apresentam-se alguns exemplos de como essas categorias são manifestadas nas falas dos estudantes, sujeitos desta pesquisa. Ressalta-se que algumas palavras foram colocadas em negrito para que se pudessem verificar melhor as expressões que permitiram inferir as categorias aqui apresentadas. Conforme já explicitado “Cix” representa a coleta inicial, tendo “x” como o estudante entrevistado e “P” refere-se à fala do pesquisador.

P: O que você entende por teoria científica?

Ci1: A teoria científica envolve metodologias que se tenta seguir em determinados experimentos. Você tem como se fosse uma **lei**, você tem que seguir certos caminhos pra que se veja se tá certo ou não, **para que seja provado**. E quando **se prova aquilo é que se torna uma teoria**. Envolvendo os fatos primeiramente ditos.

No excerto acima se encontra um exemplo da categoria *Factual*, pois o estudante expressa uma ideia de ciência comprobatória, além de promover uma semelhança, indevida, entre teoria e lei. O trecho abaixo exhibe um exemplo da categoria *Determinista ambiental*:

P: Algumas pessoas acreditam que a evolução biológica tende a uma finalidade, tem um objetivo, qual sua opinião?

Ci4: Então, eu acho... Não sei falar se ela tem uma finalidade. Eu acho que, assim, **acho que a evolução vai de acordo com o ambiente**, vai de acordo com o que está acontecendo no momento.

Em Ci4 o estudante entende o ambiente como promotor da evolução, ao invés do aspecto selecionador proporcionado pelo meio, segundo o entendimento atual. No próximo exemplo tem-se outra categoria:

P: O que você sabe sobre as ideias de Lamarck?

Ci8: Em geral ele **considerava o meio que transformava o indivíduo**.

P: Qual seria o ponto chave?

Ci8: Você quer um exemplo?

P: Quero que você diga tudo que passa na sua cabeça que se refere às ideias de Lamarck.

Ci8: As modificações que ocorrem no indivíduo e que ocorreram são **em função do ambiente**. O ambiente mudou, então o indivíduo se modificou.

Ci8 resume a teoria de Lamarck, apenas, à ideia do ambiente como promotor da evolução, concepção que está inserida na interpretação da segunda lei lamarckista⁴, com isso sendo categorizado como *Parcialmente condizente*.

Após apresentar alguns exemplos das concepções prévias dos estudantes pesquisados e analisar as intervenções pedagógicas, pode-se perceber que os alunos tinham pouca intimidade com as teorias de Lamarck e Darwin e concepções alternativas sobre a teoria da evolução, algumas delas, advindas dos livros didáticos. Esta afirmação está embasada em falas dos estudantes que indicam desconhecimento de pontos importantes de ambas as teorias, tais como, a tendência do aumento de complexidade e as exigências para a ocorrência da lei dos caracteres adquiridos para Lamarck; e a utilização das leis de uso e desuso e caracteres adquiridos também por Darwin. Como afirma Nelio Bizzo:

Muitos professores de Biologia se surpreendem ao encontrar nos escritos de Charles Darwin as posições que eles dizem aos seus alunos que pertencem a outro pensador, no caso, Lamarck. Além disso, acostumaram-se a pensar que um combatia o outro, o que pode conduzir a um labirinto lógico. (Bizzo, 1992, p. 31)

Com base nas concepções prévias dos participantes desta pesquisa, tem-se a constituição de uma análise comparativa (coleta inicial e coleta final) a fim de se diagnosticar a ocorrência de construção e/ou ampliação do conceito de evolução biológica. Semelhante à tabela anterior, utilizou-se a mesma nomenclatura para a tabela a seguir, sendo “E\Q” a relação estudante (E) pela questão (Q) solicitada, “Ci_x” referente à coleta inicial, “Cf_x” correspondente à coleta final e “x” ao estudante pesquisado. As siglas (a), (b), (c), (d) representam cada uma das questões feitas durante a coleta.

⁴ Considera-se para esta afirmação o livro *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, em que a teoria está mais sistematizada (Martins, 1993).

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci1	FAC	CA	PC	CA
Cf1	CA	DET	C	PC

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci6	CA	PROG	PC	PC
Cf6	CA	C	PC	C

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci2	FAC	PROG	C	C
Cf2	PC	FIN	C	C

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci7	FAC	FIN	PC	PC
Cf7	FAC	PC	PC	PC

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci3	FAC	--	CA	PC
Cf3	CA	C	C	C

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci8	CA	PC	CA	CA
Cf8	CA	PC	PC	PC

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci4	FAC	DET	PC	PC
Cf4	CA	DET	PC	PC

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci9	FAC	C	PC	PC
Cf9	PC	C	PC	PC

E\Q	(a)	(b)	(c)	(d)
Ci5	FAC	C	CA	CA
Cf5	CA	PC	PC	C

Quadro 4. Comparação entre as coletas inicial e final (CA: Concepção Alternativa; C: Condizente; PC: Parcialmente condizente; FAC: Factual; DET: Determinista ambiental; PROG: Progressista; FIN: Finalista).

Na coleta de dados final, verificaram-se algumas mudanças na elaboração das respostas dos alunos, quando comparados à inicial, com adição de elementos (conceitos ou ideias) não apresentados anteriormente. A seguir explicitam-se alguns exemplos das alterações de concepções encontradas nas respostas dos estudantes pesquisados:

P: O que você entende da Teoria de Darwin?

Ci5: Da teoria que ele formulou que haveria uma evolução das espécies e que elas vinham se adaptando ao meio. E as mutações, fatores que influenciavam (Categoria: **Concepção Alternativa**).

Cf5: Darwin escreve sua teoria sobre a ideia de seleção natural entre as espécies, tendo todas um ancestral comum e através de evoluções durante milhares de anos... Darwin se baseia, também, nas ideias de Lamarck e Wallace e até chega a dar uma ideia baseada, talvez, na lei do uso e desuso (Categoria: **Condizente**).

P: O que você sabe de Lamarck, que pode contar pra mim?

Ci3: Ele acreditava que, por exemplo, a estrutura se modificava para alguma coisa e não, tipo, acidentalmente. Que tinha alguém que tinha uma estrutura que era melhor. Que tipo, toda população... que tinha a estrutura modificada porque era mais adaptável, mas não era assim. É isso que eu lembro (Categoria: **Concepção Alternativa**).

Cf3: As ideias de Lamarck apontam para uma progressão na natureza, ele acreditava que tudo estava caminhando para um nível de complexidade maior, rumo à perfeição. As mudanças que ocorriam em uma espécie eram fruto do ambiente, do que era necessário para o animal sobreviver, e o que era adquirido passava para os herdeiros (se a mãe e o pai possuísem a característica) (Categoria: **Condizente**).

Após análise das 35 respostas construídas na coleta final, em relação à coleta inicial constatou-se que houve: a) um percentual de 2,9% de explicações construídas em que o estudante se distanciou dos conhecimentos atuais; entretanto, b) 37,1% dos alunos construíram respostas que se aproximaram dos conhecimentos atuais; outros c) 17,1% de respostas que apenas mudaram de categoria, não se afastando ou aproximando dos conhecimentos atualmente aceitos; além de d) 42,9% que não alteraram o padrão de resposta.

Face ao diagnóstico inicial, que evidencia diversas inconsistências na concepção dos entrevistados acerca das teorias de Lamarck e de Darwin, a inserção de textos históricos nas aulas de Evolução parece ser uma estratégia interessante. Contudo, ressalta-se que, não era esperado que os alunos, apenas em duas aulas, tempo gasto para a leitura e discussão dos textos propostos, modificassem drasticamente seus conceitos sobre o assunto. A construção do conhecimento é um

processo gradual muitas vezes causador de desequilíbrios. E nesse sentido, os objetivos foram alcançados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme explicitado nesta pesquisa, a evolução biológica tem sido considerada o eixo unificador dos conhecimentos biológicos. A despeito disso, as pesquisas na área de ensino de Biologia destacam que os alunos têm dificuldades para compreender o conceito de evolução e que, não raro, os livros didáticos apresentam diversos equívocos conceituais e históricos relacionados a essa temática. Tendo em vista tais constatações, os cursos de licenciatura em Ciências Biológicas devem estar atentos para a formação de professores com conhecimento sobre a teoria evolutiva e sobre o processo de ensino e aprendizagem dessa temática.

Em relação a presente pesquisa, o levantamento das concepções prévias de um grupo de alunos de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas acerca das teorias de Darwin e Lamarck apontou que esses futuros professores possuíam ideias equivocadas sobre essas teorias.

No que se refere à inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino, a leitura e discussão de textos históricos, oriundos de fontes primárias e secundárias confiáveis, revelou-se uma ferramenta interessante por suscitar nos alunos reflexões sobre as suas concepções iniciais acerca da teoria evolutiva e, também, por possibilitar o surgimento de questões relevantes sobre a natureza da ciência.

Ressalta-se o caráter preliminar deste estudo e a necessidade de novas investigações sobre a abordagem da História e Filosofia da Ciência no ensino. Inclusive fica a sugestão para a reaplicação de algum dos instrumentos aqui utilizados, ao mesmo grupo, alguns meses depois de transcorrido a referida intervenção, para que se possa avaliar a real aprendizagem dos estudantes-sujeitos desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education* **13**: 179-195, 2004.
- BIZZO, Nelio Marco Vincenzo. *Ensino de Evolução e História do darwinismo*. São Paulo, 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Univer-

- cidade Estadual de São Paulo.
- . História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto* **11** (55): 29-35, 1992.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. *Ciência & Educação* **11** (1): 33-39, 2005.
- CICILLINI, Graça Aparecida. *Evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia do 2º Grau: análise da concepção de evolução em livros didáticos*. Campinas, 1991. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas.
- CRAWFORD, Barbara; ZEMBAL-SAUL, Carla; MUNFORD, Dana; FRIEDRICHSEN, Patricia. Confronting prospective teachers' ideas of evolution and scientific inquiry using technology and inquiry-based tasks. *Journal of Research in Science Teaching* **42** (6): 613-637, 2005.
- DAGHER, Zoubeida; BOUJAOUDE, Saouma. Students' perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science Education* **89** (3): 378-391, 2005.
- DARWIN, Charles Robert. *A origem das espécies*. São Paulo: Martin Claret, 2000.
- DOBZHANSKY, Theodosius Hryhorovych. Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. *American Biology Teacher* **35**: 125-129, 1973.
- EL-HANI, Charbel Niño. Notas sobre o Ensino de História e Filosofia das Ciências na Educação Científica de Nível Superior. Pp. 3-21, in: SILVA, Cibelle C. (org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- FLICK, Uwe. *Introdução à pesquisa qualitativa*. Trad. Joice Elias Costa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FUTUYMA, Douglas Joel. *Biologia Evolutiva*. Trad. Mario de Vivo. 2ª ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.
- GOEDERT, Lidiane. *A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica*. Florianópolis, 2004. Dissertação (Mestra-

- do em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- GOULD, Stephen Jay. The tallest tale. *Natural History* **105**: 18-23, 1996.
- INGRAN, Ella; NELSON, Craig. Relationship between achievement and students acceptance of evolution or creation in an upper-level evolution course. *Journal of Research in Science Teaching* **43** (1): 7-24, 2006.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. Campinas, 1993. Dissertação (Mestrado em Genética) – Universidade Estadual de Campinas.
- . A História da Ciência e o Ensino de Biologia. *Ciência & Ensino* **5**: 18-21, 1998.
- MARTINS, Roberto de Andrade. *Introdução: a história das ciências e seus usos na educação*. Pp. xvii-xxx, In: SILVA, Cibelle C. (org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- MATTHEWS, Michael R. *Science Teaching: the role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.
- . História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense do Ensino de Física* **12** (3): 164-214, 1995.
- MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. *Historia da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia*. Bauru, 2004. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora Unesp, 2005.
- PEREIRA, Ana Isabel; AMADOR, Filomena. A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **6** (1), 2007.
- SEPULVEDA, Claudia; EL-HANI, Charbel Niño. Ensino de Evolução: uma experiência na formação inicial de professores de Biologia. Pp. 21-45, in: TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; RAZERA, Júlio César Castilho (orgs.). *Ensino de Ciências: Pesquisas e pontos em discussão*. Campinas: Komed, 2009.

ZUZOVSKY, Ruth. Conceptualization a teaching experience on the development of the idea of evolution: an epistemological approach to the education of science teachers. *Journal of Research in Science Teaching* **31** (5): 557-574, 1994.

Uma lembrança de infância: os “fósseis colossais” e o papel de Frederico Leopoldo César Burlamaque como paleontólogo brasileiro

Antonio Carlos Sequeira Fernandes *

Cecilia de Oliveira Ewbank #

Marina Jardim e Silva §

Deise Dias Rêgo Henriques ¶

Resumo: No decorrer de suas primeiras décadas de formação, o Museu Nacional do Rio de Janeiro carecia de produtos naturais, inclusive fósseis, resultando em coleções com número reduzido de exemplares, principalmente nacionais. A situação do acervo paleontológico somente começou a modificar-se a partir de 1847 quando Frederico Leopoldo César Burlamaque, empossado diretor do museu, formaria um rico acervo representativo da paleontologia do Nordeste brasileiro graças à correspondência com os representantes das distintas províncias nacionais, e também de outros países, em que solicitava a remessa de material fóssilífero para a instituição. A incansável atuação de Burlamaque na formação desse acervo, somado ao seu grande interesse pelos fósseis, o levou a publicar o primeiro artigo em um periódico nacional sobre a megafauna pleistocênica do Brasil. Por esses motivos e seu incentivo ao estudo da paleontologia no país, Burlamaque pode ser considerado como o primeiro paleontólogo brasileiro.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. Bolsista de Produtividade do CNPq. E-mail: fernande@acd.ufrj.br e acsfernandes@pq.cnpq.br

Estudante do curso de Graduação em Museologia da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Av. Pasteur, 296, Urca, CEP 22290-240, Rio de Janeiro, RJ. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq. E-mail: oe.cecilia@gmail.com

§ Estudante do curso de Graduação em História do Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Largo São Francisco de Paula, 1, CEP 20290-240, Rio de Janeiro, RJ. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UFRJ. E-mail: marina.jardim@yahoo.com.br

¶ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: deiseh@acd.ufrj.br

Palavras-chave: Burlamaque, Frederico Leopoldo César; Coleções paleontológicas; Museu Nacional

A childhood memory: the “colossal fossils” and the role of Frederico Leopoldo César Burlamaque as a Brazilian paleontologist

Abstract: During its first two decades of existence, the Museu Nacional at Rio de Janeiro lacked natural artifacts, including fossils, which resulted in a reduced number of specimens, mainly Brazilian ones. From 1847 on, after Frederico Leopoldo César Burlamaque being nominated as the director of this scientific institution, the situation of the paleontological collection began to change with lots of fairly representative material from Northeast Brazil being gathered. This was accomplished by exchanging letters with Brazilian provincial representatives and foreigners, in which he asked for sending fossils to his institution. His effort in setting up this collection, together with his great interest in fossils, led him to publish the first manuscript in a Brazilian journal on the Pleistocene megafauna of Brazil. For all these reasons and for encouraging paleontological studies in Brazil, Burlamaque can be considered as the first Brazilian paleontologist.

Key words: Burlamaque, Frederico Leopoldo César; Paleontological collections; Museu Nacional

1 DA ORIGEM LUSA À CARREIRA NO BRASIL

Filho do tenente Carlos César Burlamaque (1775-1844) e de Dorotéia Adelaide Ernesta Pedegache da Silveira (1761-?), ambos portugueses, Frederico Leopoldo Cesar Burlamaque (Figura 1) nasceu em Portugal em 16 de novembro de 1803. Pouco após completar os dois anos de idade, Burlamaque chegou ao Brasil em 1806 por ocasião da nomeação de seu pai a capitão-mor da capitania de São José do Piauí (Blake, 1893).

Frederico Burlamaque aderiu ainda jovem à carreira militar, cujo início coincidiu com a eclosão da Revolução Pernambucana em 1817, quando partiu com os fuzileiros da corte para sufocar a revolta; regressando ao Rio de Janeiro, foi promovido a alferes. Na década seguinte, já graduado tenente, matriculou-se na Escola Militar onde formou-se como engenheiro e, posteriormente, assumiu o cargo de Lente Substituto de Ciências Exatas. Com a introdução das disciplinas de Geologia, Montanística e Metalurgia (Figueirôa, 1997), Burlamaque foi efetivado em 1846 e assumiu a cadeira de Geologia que ocupou até aposentar-se em 1857 (Laemmert & Laemmert, 1857).



Figura 1. Frederico Leopoldo César Burlamaque, em retrato a óleo (Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro).

Laureado na década de 1840 para diretor do Museu Nacional e da 3ª seção de Mineralogia, Geologia e Ciências Físicas da mesma instituição, permaneceu no cargo até seu falecimento em 13 de janeiro de 1866. No mesmo ano, por ocasião da inauguração de seu busto na Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, o médico Nicolau Joaquim Moreira (1824-1894) fez o elogio póstumo a Burlamaque, fonte de referências sobre sua vida e carreira (Moreira, 1866).

2 A ATUAÇÃO PROFISSIONAL DE BURLAMAQUE

Fundado em 1818, o Museu Nacional do Rio de Janeiro adquiriu ao longo dos anos reconhecimento nacional e internacional como um

estabelecimento científico de prestígio. Voltado principalmente para o estudo das ciências naturais, o museu esteve sob a administração de diversos estudiosos, dentre eles Burlamaque, nomeado em 16 de junho de 1847 (Netto, 1870).

Quarto diretor da instituição, ao longo de sua administração Burlamaque deparou-se com diversas lacunas. Deficiente de pesquisadores que pudessem realizar expedições e coletas para enriquecer o acervo do museu, tratou de providenciar a contratação de diversos naturalistas para realizar estas tarefas (Lopes, 1997). Não obstante, as falhas não se resumiam ao quadro de pessoal e diversas reformas foram empreendidas ao longo de sua administração como a transferência do dia das visitas públicas a partir de 1848, a reforma do edifício do museu em 1856 e a fundação da biblioteca em 1863.

Zeloso para com a instrução pública, suas investidas educacionais se estenderam para além do museu. Lente de Geologia na Escola Militar, Burlamaque remeteu à ela uma coleção didática contendo 882 rochas. A Geologia por esta época estava no auge do interesse econômico nacional, tendo inclusive a Comissão de Minas e Bosques da Câmara dos Deputados reclamado ao ‘geólogo’ informações precisas sobre a procedência, origem e utilidade de metais e rochas encontrados em território nacional, tarefa que logrou realizar em pouco mais de um mês (Doc. MN, RA3/D3, 10/02/1850, p.7v/8)¹.

Além de suas atividades no museu, Burlamaque ocupou outras funções. Foi membro do conselho e secretário perpétuo da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional de 1849 a 1853, membro e secretário da comissão organizadora da 1ª Olimpíada da Indústria ocorrida em 1861, secretário do Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, diretor do Jardim Botânico de junho de 1861 a agosto de 1862 (Bediaga & Drummond, 2007), onde substituiu a mão-de-obra escrava por trabalhadores remunerados (Lavôr, 1983), membro da Sociedade Defensora da Liberdade e Independência Nacional e secretário da Sociedade contra o Tráfico dos Africanos e Promotora da Civilização

¹ Documento primário cuja sigla refere-se a ‘Documento do Museu Nacional, Livro de Registro de Avisos e Ofícios’, sendo os livros identificados pelo período abordado: RA2/D2 (1842-1849), RA3/D3 (1849-1855), RA4/D4 (1855-1861) e RA5/D5 (1861-1869).

e Colonização dos Indígenas, ambas críticas do tráfico, além de colaborar com periódicos de cunho anti-escravista como *O Philantropo* e *O Monarquista* (Kodama, 2008).

Como hábil escritor redigiu diversos artigos e manuais didáticos, sobretudo no *O Auxiliador da Indústria Nacional*, jornal mensal da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, do qual também foi redator. Neste âmbito, Burlamaque contribuiu com artigos de natureza agrícola e outros que refletiam o contexto social da época como *Trabalho livre*, de 1851, onde argumentou sobre o prejuízo econômico causado pelo uso de mão-de-obra escrava. Curiosamente, no seu inventário encontram-se relacionados, entre os poucos bens materiais que possuía, dois escravos, Rufina, “cabinda”, que contava na época 40 anos, e Sebastião, crioulo, que contava então 17 anos (Inventário, 1866). Publicou também artigos nos *Trabalhos da Sociedade Vellosiana*, da qual era sócio efetivo, e em revistas de diversas sociedades (Iglesias & Meneghezzi, 1959), mas foi seu artigo *Notícia acerca dos animais de raças extintas descobertos em vários pontos do Brasil*, publicado em duas partes pela referida sociedade, em 1855 e em 1856, que se constituiu na primeira publicação sobre fósseis brasileiros em um periódico nacional. No texto teceu comentários sobre os primeiros exemplares descobertos em território nacional e descreveu sucintamente alguns fósseis adquiridos pelo museu. A importância desta publicação inédita reforça o papel inovador desempenhado por Burlamaque no estudo da Paleontologia brasileira.

3 OS “OSSOS DO OFÍCIO”: BURLAMAQUE E A PALEONTOLOGIA

Crescido nos sertões nordestinos, berço da megafauna pleistocênica brasileira, Burlamaque descobriria cedo o interesse pela paleontologia. Em uma viagem que fez com seu pai à Bahia quando contava apenas oito anos viu pela primeira vez os gigantescos ossos fósseis de um mastodonte. Intrigado pelas proporções incomuns das ossadas, ao lembrar o fato quatro décadas depois descreveu-o de maneira assaz enfática:

Esta descrição me traz a lembrança os fósseis colossais que eu vi quando apenas teria pouco mais de 8 anos. Fiquei tão impressionado ao ver pela primeira vez os restos gigantescos do mundo antigo, que

conservo a mais viva lembrança do lugar e das ossadas fósseis disseminadas pela superfície! Em viagem do Piauí para a Bahia, depois de termos atravessado o Rio de S. Francisco entramos em um vasto vale pantanoso formado por duas montanhas de pouca altura, que acompanhavam quase paralelamente a margem deste rio do lado da última Província: na subida da montanha da esquerda encontramos uma casa rústica sobranceira ao vale, e donde se podia observar muito ao longe. Magnífico espetáculo! No declive da montanha, pelas bordas do pântano, no próprio pântano então quase a seco, jaziam confusamente disseminados um sem número de ossos de gigantescas dimensões! O que porém causava em todos a maior admiração era um crânio que se achava próximo à casa rústica. Este crânio, dividido em duas partes, e inteiramente vazio no seu interior, representava bem uma grande cuba de mármore. Depois de uma calorosa discussão a respeito das dimensões da cavidade crânica, meu pai me fez entrar nesta cavidade. Aos 8 anos de idade eu estava em verdade pouco desenvolvido, porém não poderia ter menos de 4 palmos de altura, e todavia eu pude deitar-me comodamente, quase sem curvar-me, na vasta capacidade do crânio do enorme fóssil! (Burlamaque, 1855, p. 9, nota de rodapé nº 2)

A lembrança deste encontro nada casual ocorrido na infância influenciaria o rumo do seu caminho profissional. Empossado diretor do Museu Nacional em 1847, logo solicitaria algumas mudanças visando o incremento da coleção paleontológica da referida instituição que, àquela altura, se restringia a ínfimos exemplares. Reclamou, portanto, ao governo a autorização de correspondência direta entre o conselho administrativo e os presidentes das províncias do império, incumbindo-os de encaminhar ao museu quaisquer produtos de interesse, sendo ressarcidos do custo da remessa e, também entre esses e os museus europeus quando estes possuísem exemplares que não se encontrassem no acervo da instituição e tampouco poderiam ser adquiridos em território nacional. Neste caso o pagamento seria feito através da troca por duplicatas (Doc. MN, RA2/D2, 28/07/1847, p. 129v-130).

Obstinado em aumentar esta coleção, Burlamaque empreendeu uma verdadeira campanha se comunicando com os presidentes das províncias acerca de descobertas de interesse científico que lhe chegavam ao conhecimento por meio de cartas dos próprios presidentes, ou quando noticiadas nos jornais. Seu zelo era tamanho que, tendo

solicitado ao governo a remessa de alguns fósseis encontrados em determinada província, chegou inclusive a remeter ao seu presidente instruções de pesquisa a fim de obter maiores informações (Doc. MN, RA2/D2, 20/06/1848, p. 152).

Entre 1847 e 1866, período em que esteve à frente da diretoria do museu, foram registrados 27 pedidos e confirmações de remessa de material fossilífero, somando ao todo mais de uma centena de exemplares. A primeira notícia que se tem de fósseis deste período é um ofício datado de 11 de março de 1848. Justificando a importância de exemplares “de animais de raça perdida” para as ciências naturais, Burlamaque reclamou ao imperador a aquisição de uma ossada de mastodonte encontrada na província do Rio Grande do Norte, indicando-lhe inclusive a pessoa que deveria ser contatada para fazer a remessa, um certo “Capitão José Joaquim de tal” (Doc. MN, RA2/D2, 11/03/1848, p. 148v).

Curiosamente, dois meses depois leu um aviso (Doc. MN, RA2/D2, 10/05/1848, p. 150) declarando a inexistência de tal fóssil na província indicada, ao qual se segue outro, expedido dois dias depois, explicando ter ali havido um engano. Desculpando-se ao imperador e rogando-lhe a continuidade da empreitada, esclareceu que o erro deveu-se a uma desatenção na indicação da localidade. Trocando o Rio Grande do Norte pela Paraíba do Norte, o fóssil de mastodonte anteriormente mencionado existia deveras nessa província, tendo sido inclusive classificado como tal por ele próprio a partir de informações que lhe foram enviadas pelo major Bitancourt que diz ter estado pessoalmente na presença de tais ossadas (Doc. MN, RA2/D2, 12/05/1848, p. 150v-151).

Apesar da correção, não foi encontrada nenhuma menção ao recebimento desta ossada no museu. No mês seguinte, conforme ordenado em aviso antecedente, chegou ao museu uma remessa do bacharel João Nepomuceno Machado, juiz da comarca de Própria, na província de Sergipe, contendo “o fragmento de um fêmur, uma vértebra cervical, e uma cabeça de tíbia de um grande animal fóssil” (Doc. MN, RA2/D2, 18/05/1848, p. 151). Tendo encontrado na Casa de Câmara de Sítios Novos, também em Sergipe, uma coleção de mais ou menos 50 fósseis, o bacharel retirou os três exemplares referidos anteriormente com o intuito de oferecê-los ao museu. Contente com o recebimento dos fragmentos e a par da vultuosa coleção que ficara

em Sítios Novos, Burlamaque reclamou contudo a falta do crânio, osso de especial importância por permitir a classificação da espécie. Requisitou, portanto, que esse lhe fosse enviado, acompanhado de uma descrição e amostras de rochas do local onde se fez a descoberta, além dos demais fósseis não remetidos (Doc. MN, RA2/D2, 20/06/1848, p. 152). De fato, alguns meses depois receberia cerca de 30 ossos que, embora fossem bastante diversificados, encontravam-se em sua maioria incompletos provavelmente graças a uma “desova” empreendida pela dita Casa de Câmara. Burlamaque examinou os ossos de Sítios Novos que lhe foram enviados por João Nepomuceno Machado em 1848 e posteriormente os identificou como pertencentes a mastodontes (Burlamaque, 1855; Simpson & Paula Couto, 1957; Dantas, 2008). Surpreendentemente, uma terceira remessa chegaria ao museu 14 anos mais tarde (Doc. MN, RA5/D5, 21/08/1862, p. 29-29v).

Impelido pela urgência de constituir uma coleção mais diversificada de fósseis e aproveitando-se das medidas que fez autorizar no início do seu mandato, Burlamaque encaminhou, em 1848, um ofício ao governo propondo a remessa de fósseis malacológicos do Museu de História Natural de Paris para estudo, tanto seu como dos futuros geólogos do império. Avaliando, contudo, a possibilidade de recusa por parte dos naturalistas parisienses, propôs a troca desse material por conchas, animais e peles de pássaros nativos (Doc. MN, RA2/D2, 27/09/1848, p. 157-157v). Compra ou troca, o fato é que para os anos que se seguiram não consta nos livros de registro do museu nenhuma menção a material fossilífero proveniente de Paris.

Ansioso, Burlamaque voltou-se para a aquisição de material fossilífero em território nacional. Valendo-se da política de correspondência direta entre o conselho administrativo da corte e os presidentes das províncias, principalmente as do Nordeste, incrementou consideravelmente o acervo paleontológico do museu.

Como resultado, em 1849, foram encaminhadas ao museu duas levadas de material fossilífero. A primeira, presente do então ministro da guerra, constituía-se de peixes fósseis provenientes de Pernambuco, enquanto a segunda era composta por um “grande número de mamíferos de raça perdida” descobertos no rio São Francisco e enviada pelo presidente da província de Sergipe, Zacarias de Góes e Vasconcellos (1815-1877), a pedido de Burlamaque (Doc. MN, RA3/D3,

10/02/1850, p. 7v-8). Após esta dupla aquisição, novos fósseis só seriam adquiridos em 1853.

A par de uma matéria publicada nos jornais do Rio de Janeiro sobre a descoberta de um fóssil de *Megatherium* pelo engenheiro Henrique Guilherme Fernando Halfeld (1797-1873) na cachoeira de Paulo Afonso, no rio São Francisco, Burlamaque requisitou ao responsável pela comarca de Santo Sé, onde se encontrava a ossada, o seu envio ao museu (Doc. MN, RA3/D3, 20/04/1853, p. 91-91v). Apesar dos esforços empreendidos pelo governo, somente parte da ossada, então classificada por Halfeld como de mastodonte, sobreviveu aos estragos e furtos provocados pelos nativos que, ao se depararem com a movimentação oriunda das pesquisas, foram levados a crer no alto valor de tais exemplares (Ferraz, 1854). Halfeld ainda teria descoberto ossadas fósseis em Gremoaço, na província da Bahia, e em Pão de Açúcar, na província de Alagoas. Enquanto as ossadas de Alagoas chegaram de fato ao museu, como consta em Ferraz (1855), não foi encontrada nenhuma menção ao recebimento daquelas encontradas na Bahia, embora haja o registro de que ordens precisas foram expedidas pelo presidente desta província (Doc. MN, RA3/D3, 23/12/1853, p. 113).

No Diário de Pernambuco do dia 30 de setembro de 1853 foi publicada uma matéria intitulada “Um fóssil” referente à descoberta de grandes ossadas fósseis em Quixeramobim e em [Ara]ripina, na província do Ceará. As ossadas de [Ara]ripina teriam sido descobertas pelos moradores da região quando escavavam a procura de água potável e, embora algumas partes já tivessem sido extraviadas as maiores ainda se encontravam lá (Diário de Pernambuco, 30/09/1853, p. 2). A par da matéria, Burlamaque solicitou ao imperador a expedição das ordens necessárias para a coleta do referido material, acrescentando desta vez que lhe fossem enviados sobretudo os crânios (Doc. MN, RA3/D3, 15/10/1853, p. 107). De caráter didático esta instrução visava evitar a remessa de material incompleto e, portanto, não suscetível à classificação, como havia ocorrido alguns anos antes com a remessa feita por João Nepomuceno Machado. Apesar das precauções as remessas não chegaram ao museu. Posteriormente, Thomaz Pompeo de Souza Brasil relatou esta e outras ocorrências encaminhadas ao museu (Brasil, 1997).

Como diretor da 3ª seção, Burlamaque se encarregava da análise e classificação dos diversos fósseis, rochas e minerais da coleção, além de responder às solicitações de esclarecimentos acerca da natureza e utilidade de amostras geognósticas. Com um acervo em constante crescimento o ano de 1853 foi dedicado, sobretudo, à revisão e classificação das amostras de minerais e rochas coletadas no Rio Grande do Sul e no Uruguai pelo naturalista prussiano Frederich Sellow (1789–1831) e às coleções de fósseis que já se encontravam no museu (Doc. MN, RA3/D3, 24/01/1854, p. 116-116v).

No ano seguinte a Escola Militar adquiriu para fins educacionais três coleções aparentemente importantes de fósseis, rochas e minerais (Doc. MN, RA3/D3, 27/01/1854, p. 117v-118). A par da nova aquisição e tendo enviado cinco anos antes à mesma instituição uma grande coleção geológica para fins idênticos, Burlamaque requisitou do imperador autorização do ministro da guerra para retirar, a sua escolha, exemplares duplicados que pudessem enriquecer o acervo do museu. Não se sabe, contudo, se a retirada foi autorizada.

Em junho chegaram ao museu mais duas remessas. Encaminhado pelo presidente da província do Ceará, procedente de Baturité, chegou (Doc. MN, RA3/D3, 1854, p. 134v e 155v) um “caixote” com um fragmento fóssil de fêmur, um de rádio e outro de crânio que “por sua grandeza são dignos de atenção” e que, na visão de Burlamaque, eram fósseis incontestes de mastodonte ou, como chamou, “Elephante fóssil” (Burlamaque, 1855, p. 5). Além desses fragmentos chegou um saco de couro contendo ossadas encontradas no rio São Francisco, provavelmente na província de Minas Gerais, remetido por Henrique Halfeld (Doc. MN, RA3/D3, 28/06/1854, p. 134v e 155v), que trabalhou com minerações nessa província desde que chegara ao Brasil em 1825 (Figueirôa, 1997).

No mês de agosto Burlamaque recebeu um ofício encaminhado pelo dr. Marcos Antonio de Macedo, juiz de direito da comarca do Crato, no Ceará, ao presidente da mesma província, relatando a descoberta de peixes fósseis. Em seu ofício Macedo assinalou a grande abundância de ictiólitos na serra do Araripe onde está localizado o atual município do Crato, região reconhecida hoje pela sua riqueza fossilífera, e se colocou a disposição para remeter alguns exemplares ao museu que supunha carente deste tipo de acervo (Burlamaque, 1855). Interessado no material que de fato existia em pequeno núme-

ro no museu, Burlamaque prontamente requisitou do governo que se autorizasse a verba necessária para a extração dos peixes e outros fósseis encontrados na Vila do Jardim, achados paleontológicos “que os museus pagam hoje a peso de ouro” segundo suas próprias palavras (Doc. MN, RA3/D3, 01/08/1854, p. 137). Anexo a este ofício remeteu ainda instruções de pesquisa destinadas ao Sr. Macedo. Não obstante, como o ofício deste último havia sido enviado no mês anterior o governo já havia se ocupado em tomar as respectivas providências (Doc. MN, RA3/D3, 02/08/1854, p. 138).

Por motivos desconhecidos o caixote contendo os fósseis foi levado “por terra” em novembro ou dezembro pelo próprio Macedo até Sergipe, ficando aos cuidados do seu presidente. Contudo, terminado o primeiro semestre de 1855, o caixote não havia sido entregue ao museu. Preocupado com a mudança de capital em Sergipe, Burlamaque se dignou a reclamar do imperador a devida autorização de remessa (Doc. MN, RA3/D3, 11/07/1855, p. 177). Não obstante, somente em outubro, quase um ano depois, é que seriam enviados os fósseis divididos em 18 caixões (Doc. MN, RA4/D4, 20/10/1855, p.5v). Segundo Ferraz (1855, p. 79 e 1856, p. 67) o material foi de fato remetido, por ordens do governo, pelo agora ex-juiz de direito da comarca do Crato, Marcos Antonio de Macedo.

Ferraz (1854, p. 72 e 1855, p. 79) também fez duas menções à descoberta de ossadas fósseis num lugar denominado Caboclo na comarca da Boa Vista, província de Pernambuco. Enquanto a primeira refere-se à notícia do engenheiro Halfeld acerca da existência destes fósseis, a segunda refere-se às pesquisas para as quais foi encarregado João de Souza Reis, juiz de direito desta província, que inclusive enviou um ofício ao governo no dia 16 de outubro de 1854 confirmando a remessa de um caixão com os referidos fósseis. A remoção e condução das ossadas de fato fora autorizada pelo governo em aviso de 4 de abril de 1854, mas a ajuda orçamentária oferecida foi recusada pelo juiz (Doc. MN, RA4/D4, 23/04/1856, p. 25v). Apesar das assertivas, Burlamaque não encontrou vestígios do referido material no museu. Supondo encontrá-lo ainda em Pernambuco, requisitou do governo novo aviso ao presidente desta província solicitando o envio do caixão, ao qual anexou um ofício demandando esclarecimentos sobre o descaminho do mesmo (Doc. MN, RA4/D4, 08/05/1856, p. 26v). Dois meses depois chegou a resposta de Souza Reis assegurando

do-lhe a remessa e confirmando o recebimento do dito caixão e do ofício pelo seu correspondente na Bahia, Julio da Costa Chaztinet (Doc. MN, RA4/D4, 02/08/1856, p. 36v). Entretanto, não há menção de recebimento do referido caixão.

A última remessa a chegar ao museu em 1854 viria de Pão de Açúcar, província de Alagoas, contendo cinco pedaços de uma ossada fóssil descoberta também por Halfeld, a saber: dois fragmentos não identificados, um dente molar de um mastodonte, um incisivo inferior de rinoceronte e um pé dianteiro de um indivíduo do gênero *Equus* (Burlamaque, 1855, p. 14), extraídos a pedido do governo conforme relatório do ano de 1855 (Doc. MN, RA3/D3, 15/12/1854, p. 146v).

Em fins de janeiro de 1855 Burlamaque recebeu novas notícias de Alagoas, desta vez enviadas por Louis Jacques Brunet. Anexada a uma cópia do ofício do presidente desta província, chegou uma carta do referido naturalista em que dá seu parecer, a pedido do mesmo presidente, sobre fósseis descobertos na margem do rio São Francisco pelo juiz de direito da comarca de Penedo (Doc. MN, RA3/D3, 26/01/1855, p. 152v). Embora o material não conste nos registros de entrada do museu, uma nova remessa de Brunet chegaria dois meses depois. Encontrando-se então na Paraíba, o naturalista remeteu ao imperador “três volumes” que consistiam em amostras de madeiras e minerais, um artefato de penas e diversos fósseis sendo 23 ossos de quadrúpedes, três conchas e quatro fragmentos de ictiólitos que, não obstante, foram coletados também no Ceará e no Rio Grande do Norte. Chegando às mãos de vossa majestade, este não tardou a enviar as novas aquisições a Burlamaque para que fossem devidamente classificadas e expostas (Doc. MN, RA3/D3, 20/03/1855, p. 160). Os três exemplares malacológicos enviados por Brunet foram os primeiros moluscos brasileiros a integrarem o acervo do museu (Burlamaque, 1856, p. 19).

Nos meses seguintes o museu seria laureado com uma enorme quantidade de fósseis (Ferraz, 1856, p. 67). Descobertos na fazenda da Canção na vila de Monte Santo, província da Bahia, alguns exemplares foram alocados dentro de um caixão e enviados em junho ao museu pelo respectivo juiz de direito. Todavia, a maior remessa chegaria no mês seguinte. Tendo encontrado alguns ossos fósseis no povoado de Tanque da Aldeia, na província de Alagoas, José Vieira Rodrigues de Carvalho, juiz de direito da comarca do Penedo e encar-

regado de realizar a coleta, enviou ao presidente da mesma província um relatório expondo as atividades realizadas bem como as observações sobre o material coletado e desenhos “dos ossos mais notáveis” (Doc. MN, RA3/D3, 13/01/1855, p. 148v). Uma cópia deste relatório, anexada dos desenhos, chegaria às mãos de Burlamaque em 13 de janeiro. Passada uma semana, o diretor encaminhou um ofício ao governo acusando o recebimento da referida cópia e, apesar de reconhecer os esforços empreendidos por Carvalho, disse que este deveria limitar-se à coleta e ao envio dos fósseis ao museu uma vez que, para realizar uma classificação, era necessário determinado nível de estudos, além de material disponível para consulta (Doc. MN, RA3/D3, 22/01/1855, p. 149).

Apesar do aviso, em julho nenhuma remessa havia chegado ao museu. Burlamaque então requisitou do imperador ordens imediatas de encaminhamento dos referidos exemplares. A urgência do pedido, que foi prontamente atendido, justificava o medo da perda do material uma vez que o sr. Carvalho havia sido transferido para uma comarca do sul (Doc. MN, RA3/D3, 1855, p. 177). Antes de findo o mês de julho foi encaminhado ao Ministério da Marinha solicitação de remessa ao museu de 85 caixões provenientes de Alagoas que se encontravam a bordo da charrua Carioca, conforme pedidos do presidente desta província no dia 20 de junho (Doc. MN, RA3/D3, 1855, p. 179) e que dentro em pouco chegaram ao museu (Ferraz, 1856, p. 67).

Embora grande parte das remessas proviesse de províncias do Nordeste, sua totalidade não se resumia a elas. Ainda no mês de julho chegou ao conhecimento de Burlamaque a descoberta de ossadas fósseis em Santa Catarina. Apresentadas ao presidente da mesma por Luiz Porfírio Ramos de Azevedo, chegaram ordens do governo para serem transportadas gratuitamente até a corte pela empresa de um certo José Rodrigues Ferreira (Doc. MN, RA3/D3, 1855, p. 179). Sobre essa remessa, não há menção de que tenha sido recebida no museu.

Impossibilitado de realizar uma classificação precisa dos fósseis que chegavam ao museu – em proporções cada vez maiores – pela escassez de fontes de pesquisa, Burlamaque buscou a colaboração de especialistas estrangeiros. Com viagem marcada para a Europa, Guilherme Schüch Capanema (1824-1908), auxiliar da 3ª seção, ficou

encarregado de levar dois caixões contendo minerais e duplicatas de ossos fósseis e ictiólitos, além de alguns desenhos de exemplares únicos de grande importância. O material selecionado deveria ser utilizado como moeda de troca ou doação, conforme melhor conviesse a Capanema; todavia, as duplicatas juntamente com os desenhos deveriam ser devidamente examinadas e classificadas em gêneros e espécies. A solução encontrada se mostraria tão eficaz que, tendo recebido uma avultada quantidade de fósseis após a partida de Capanema, Burlamaque ainda contava enviar novas remessas à Europa (Doc. MN, RA4/D4, 1856, p. 11-13v).

Acúmulo de excrementos e de carcaças de pássaros com grande valor fertilizante, o guano, principalmente peruano, foi muito requisitado pela indústria agrícola européia no século XIX; com diversos depósitos, as ilhas de Chincha, nesse país, foram importantes reservatórios de guano. Em 1855, a secretaria do império enviou ao museu nove amostras de guano, além de uma remessa bastante incomum: um ovo “fóssil” “dos pássaros cujos excrementos deram origem a esses imensos depósitos que cobrem as mencionadas ilhas” (Doc. MN, RA4/D4, 1856, p. 11-13v). Esta remessa consiste na única aquisição internacional de possível material fossilífero ocorrida no período da gestão de Burlamaque.

Apesar da grande maioria das remessas paleontológicas consistirem em ossadas da megafauna pleistocênica e em ictiólitos doados por órgãos governamentais, excepcionalmente chegavam ao museu exemplares de vegetais fossilizados. Após a remessa do ovo “fóssil” peruano, chegou do Rio Grande do Sul um fragmento de vegetal petrificado doado pelo sr. José Thomaz de Oliveira Barboza (Doc. MN, RA4/D4, 1856, p. 11-13v), além de um saco contendo carvão mineral retirado da mina do Herval na província de São Pedro (Doc. MN, RA4/D4, 1856, p. 27).

Se a insuficiência de fontes de pesquisa era um empecilho ao estudo dos diversos fósseis que se encontravam no museu, a falta de espaço para alocar a crescente coleção era um sério problema que levou Burlamaque a fazer frequentes reclamações. Não obstante, inaugurada a década de 1860 somente duas remessas seriam acrescentadas ainda na sua gestão. Em 1860 chegou ao museu um fêmur de *Megatherium* encaminhado do Pará pelo sr. Manuel de Frias Vasconcellos (Doc. MN, RA4/D4, 1860, p. 154) e, um par de anos depois, um “caixão”

contendo alguns ossos enviados pelo presidente de Sergipe (Doc. MN, RA5/D5, 1862, p. 29-29v).

Ao todo, portanto, foram 19 anos de uma constante atuação em prol do crescimento da coleção paleontológica do Museu Nacional, proficuamente elaborada por Burlamaque.

4 O RESULTADO DA CONTRIBUIÇÃO DE BURLAMAQUE

Reunido em um só departamento desde 1979, o acervo do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional abriga atualmente cerca de 70 mil itens entre fósseis, minerais, rochas e meteoritos. A coleção de material fóssilífero, possivelmente inaugurada por Sellow em 1826 (Fernandes *et al.*, 2007), aumentou consideravelmente durante a gestão de Burlamaque. Entre 1847 e 1866, período em que esteve à frente da diretoria do museu, foram registrados 27 pedidos e confirmações de remessa de material fóssilífero. Dentre estes pedidos, somente 17 remessas chegaram de fato ao museu, sendo 14 provenientes de localidades nordestinas (Tabela 1).

Exemplar (es)	Procedência	Data	Remetente
Um fêmur, uma vértebra cervical, uma cabeça de tibia	Propriá, SE	1848	João N. Machado
Fósseis de peixes	PE	1849	Min. da Guerra
Fósseis de mamíferos	Rio S. Francisco	1849	Presidente de SE
Parte da ossada de um mastodonte	Cachoeira Paulo Afonso, rio S. Francisco	1853	Henrique Halfeld
Ossadas fósseis	Pão de Açúcar, AL	1853	Henrique Halfeld
Três ossos fósseis	Baturité, CE	1854	Presidente do CE
Ossos fósseis	Rio S. Francisco	1854	Henrique Halfeld

Exemplar (es)	Procedência	Data	Remetente
Peixes fósseis	Crato, CE	1854	Marcos Macedo
Cinco pedaços de uma ossada fóssil	Pão de Açúcar, AL	1854	-
Ossos, conchas e peixes fósseis	PB; CE; RN	1855	Louis J. Brunet
Ossadas fósseis	Monte Santo, BA	1855	Juiz de Direito
85 caixões com ossos fósseis	Tanque da Aldeia, Penedo, Pão de Açúcar, AL; Crato, CE	1855	João Vieira Rodrigues de Carvalho
Peixes fósseis	Crato, CE	1855	Marcos Macedo
Ovo 'fóssil' de ave	I. Chincha, Peru	1855	-
Vegetal fóssil	RS	1855	José Barboza
Fêmur de megaté-rio	PA	1859	M. Vasconcellos
Ossos fósseis	Propriá, SE	1862	Presidente de SE

Tabela 1. Lista do material recebido por Frederico Burlamaque no Museu Nacional entre 1847 e 1866. Fonte: livros de Registro de Avisos e Ofícios (RA) do Museu Nacional.

Correspondente à quase totalidade das remessas, o material coligido no Nordeste era também o mais volumoso. Embora não se tenha informações sobre as dimensões e a quantidade específica dos caixões remetidos, não se pode deduzir o número de exemplares fósseis ali contidos para menos de uma centena. As remessas restantes foram encaminhadas de localidades assaz distintas como as ilhas Chincha no Peru e localidades desconhecidas do Pará e do Rio Grande do Sul. Apesar da maior parte das remessas terem chegado ao museu, pouco mais de 1/3 delas não teve seu recebimento confirmado em nenhum dos documentos analisados (Tabela 2).

Exemplar	Procedência	Data	Remetente
Ossada de um mastodonte	Gramame, PB	1848	-
Coleção de fósseis	Paris	1848	Museu de História Natural de Paris
Ossadas fósseis	[Ara]ripina, PE	1853	-
Ossadas fósseis	Quixeramobim, PE	1853	-
Ossadas fósseis	Caldeirão, BA	1853	Presidente da BA
Ossadas fósseis	Caboclo, Boa Vista, PE	1854	João de Souza Reis
Ossadas fósseis	Tanque da Aldeia, Monte Santo, BA	1854	-
Duplicatas de fósseis vegetais e animais	-	1854	-
Ossos fósseis	Penedo, AL	1855	Louis J. Brunet
Ossadas fósseis	SC	1855	Luiz P. R. Azevedo

Tabela 2. Lista do material sem menção de recebimento no Museu Nacional entre 1847 e 1866. Fonte: livros de Registro de Avisos e Ofícios (RA) do Museu Nacional.

O acondicionamento inadequado dos exemplares, a deterioração e perda das etiquetas e relações originais, o encaminhamento a colégios para fins didáticos e o seu transporte ao final do século para as novas instalações do museu na Quinta da Boa Vista, certamente levaram à perda de muitas amostras e valiosas informações sobre os fósseis, resultando na acentuada deficiência de dados observada no atual livro de tombo da coleção de paleovertebrados. Destarte, não foi possível identificar o material coligido por Burlamaque no período de 1847 a 1866, embora a possibilidade destes exemplares encontrarem-se na instituição não deva ser de todo descartada.

5 CONCLUSÕES

A presença de fósseis na América portuguesa não era desconhecida no período anterior à atuação de Burlamaque, como comentou Maria Margaret Lopes em seus artigos sobre a história da paleontologia desde os tempos coloniais no Brasil (Lopes, 1999 e 2005). Entre os personagens luso-brasileiros, o destaque vai para Simão Pires Sardinha (1751-?), sargento-mór considerado hábil naturalista que, em 1785, examinou ossadas provenientes de uma escavação em Prados, na comarca do rio das Mortes na província de Minas Gerais, encaminhadas a Lisboa pelo governador da província e acompanhadas de uma breve descrição. Outras ossadas, assim como peixes “petrificados” provenientes da Chapada do Araripe, no Ceará, foram também remetidas por autoridades ou naturalistas luso-brasileiros, sem que os descrevessem em detalhe. Nas primeiras décadas do século XIX, naturalistas estrangeiros, principalmente europeus, também atuaram na coleta de fósseis que eram enviados aos seus países de origem, sem que, após a fundação do Museu Nacional, fossem doadas amostras para a nova instituição brasileira de história natural. Como exceção, ressalta-se a atuação de Frederich Sellow, naturalista prussiano pensionado pelo governo brasileiro, que remeteu ao museu exemplares de mamíferos coletados no Uruguai. Entre esses naturalistas estrangeiros são notórias as pesquisas paleontológicas realizadas pelo dinamarquês Peter Wilhelm Lund (1801-1880) nas grutas de Minas Gerais, resultando em um grande número de espécies de mamíferos fósseis descritos. Tal acervo, entretanto, encontra-se em Copenhagen, na Dinamarca. Como reconhecimento pelas suas pesquisas paleontológicas no Brasil, Lund é conhecido como o “pai da paleontologia brasileira”.

Ao contrário de Lund, Burlamaque é pouco citado na historiografia paleontológica brasileira, apesar de terem partido dele “as primeiras iniciativas da consolidação das ciências paleontológicas realizadas por nacionais no país e no Museu Nacional” (Lopes, 1999, p. 151) que se iniciaram ao final da década de 1840. Numa atuação oposta a de Lund, Burlamaque não foi ao campo atrás de exemplares da megafauna pleistocênica, mas preocupou-se em localizar os fósseis descobertos nas distintas províncias nordestinas e obtê-los por meio de

correspondência com suas autoridades, legando a totalidade deste material ao Museu Nacional, formando um rico acervo representativo da paleontologia do Nordeste brasileiro.

Pela sua dedicação na formação da coleção paleontológica do Museu Nacional e estudo dos fósseis brasileiros com a publicação inédita do primeiro artigo sobre o tema em um periódico nacional, Frederico Leopoldo César Burlamaque pode ser considerado como o primeiro paleontólogo dessa instituição e do Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro. À Silvia Ninita de Moura Estevão, do Setor de Memória e Arquivo do Museu Nacional (SEMEAR), e Édson Vargas da Silva, da Biblioteca do Museu Nacional, pelo auxílio na pesquisa documental e disponibilização dos documentos e obras utilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEDIAGA, Begonha; DRUMMOND, Renato Pizarro. *Cronologia Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.jbrj.gov.br/publica/cronologia.pdf>>. Acesso em: 06 de maio de 2010.
- BLAKE, Augusto Victorino Alves Sacramento. *Dicionario bibliographico brasileiro*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1893.
- BRASIL, Thomaz Pompeo de Souza. *Ensaio estatístico da província do Ceará*. Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1997 (Fac-símile da edição publicada em 1863).
- BURLAMAQUE, Frederico Leopoldo César. Notícia acerca dos animaes de raças extinctas descobertos em vários pontos do Brasil. *Trabalhos da Sociedade Velloziana* (Bibliotheca Guanabarensis): 1-16, 1855.
- BURLAMAQUE, Frederico Leopoldo César. Notícia acerca dos animaes de raças extinctas descobertos em vários pontos do Brasil (2ª parte). *Trabalhos da Sociedade Velloziana* (Bibliotheca Guanabarensis): 17-21, 1856
- DANTAS, Mário André Trindade. Paleomastozoologia sergipana: a *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 2, p. 239-259, 2010.

- descoberta em Sítios Novos, Canhoba. *Revista de Geologia* **21** (2): 159-168, 2008.
- FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira; FONSECA, Vera Maria Medina da; HENRIQUES, Deise Dias Rêgo. Histórico da Paleontologia no Museu Nacional. *Anuário do Instituto de Geociências* **30** (1): 188-190, 2007.
- FERRAZ, Luiz Pedreira do Coutto. *Relatório apresentado à Assembléia Geral Legislativa na segunda sessão da nona legislatura pelo Ministro e Secretário de Estado dos Negócios do Império Luiz Pedreira do Coutto Ferraz*. Rio de Janeiro: Typografia do Diário, de A. & L. Navarro, 1854.
- . *Relatório apresentado à Assembléia Geral Legislativa na terceira sessão da nona legislatura pelo Ministro e Secretário de Estado dos Negócios do Império Luiz Pedreira do Coutto Ferraz*. Rio de Janeiro: Typografia Universal de Laemmert, 1855.
- . *Relatório apresentado à Assembléia Geral Legislativa na quarta sessão da nona legislatura pelo Ministro e Secretário de Estado dos Negócios do Império Luiz Pedreira do Coutto Ferraz*. Rio de Janeiro: Typografia Nacional, 1856.
- FIGUEIRÔA, Sílvia. *As ciências Geológicas no Brasil: uma história social e institucional, 1875-1934*. São Paulo: Hucitec, 1997.
- IGLESIAS, Dolores; MENEGHEZZI, Maria de Lourdes. Bibliografia e índice da Geologia do Brasil 1641-1940. Departamento Nacional da Produção Mineral, Geologia e Mineralogia, *Boletim* **204**: 62-63, 1959.
- INVENTÁRIO Frederico Leopoldo César Burlamaque. Acervo Judiciário do Arquivo Nacional, Juízo de órfãos e ausentes – ZN, 1866. n° 127, caixa 3765, 1866.
- KODAMA, Kaori. Os debates pelo fim do tráfico no periódico O Philantropo (1849-1852) e a formação do povo: doenças, raça e escravidão. *Revista Brasileira de História* **28** (56): 407-430, 2008.
- LAEMMERT, Eduardo; LAEMMERT, Henrique. (eds.) *Almanak Administrativo Mercantil e Industrial da Côrte e Província do Rio de Janeiro para o anno de 1857*. Rio de Janeiro: Typographia Universal de Laemmert, 1857.
- LAVÔR, João Conrado Niemeyer. *Histórico do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1983.
- LOPES, Maria Margaret. *O Brasil descobre a pesquisa científica: os museus e*

- as ciências naturais no século XIX*. São Paulo: Hucitec, 1997.
- . Fósseis e museus no Brasil e Argentina: uma contribuição à história da Paleontologia na América Latina. *Lull* **22**: 145-164, 1999.
- . “Raras petrificações”: registros e considerações sobre os fósseis na América Portuguesa. Pp. 1-17, in: *Congresso Internacional Atlântico do Antigo Regime: poderes e sociedade, Actas*. Lisboa: Centro de História de Além-Mar, Departamento de Ciências Humanas do Instituto de Investigação Científica Tropical, 2005.
- MOREIRA, Nicolau Joaquim. *Elogio histórico pronunciado perante S.M.I. em sessão d’Assembléia Geral da Sociedade auxiliadora da Indústria Nacional por ocasião do ato solemne de inauguração do busto do Conselheiro Frederico Ceazar Leopoldo Burlamaqui (etc., etc., etc.)*. Rio de Janeiro: Typografia da Indústria Nacional de Cotrim & Campos, 1866.
- NETTO, Ladislau. *Investigações históricas e científicas sobre o Museu Imperial e Nacional*. Rio de Janeiro: Instituto Philomatico, 1870.
- SIMPSON, George Gaylord; Paula Couto, Carlos de. The Mastodons of Brazil. *Bulletin of American Museum of Natural History* **112** (2): 1-65, 1957.

Notas sobre o *modelo implicacional da explicação* de Morton Beckner e a teoria neuronal de Santiago Ramon y Cajal

Francisco Rômulo Monte Ferreira *
Maria Inês Nogueira #

Resumo: O objetivo do presente artigo é fazer uma análise do *modelo implicacional de explicação* proposto por Morton Beckner (1928-2001) conforme o modelo dedutivo proposto por Carl Hempel (1905-1997) e Paul Oppenheim (1885-1977) para as explicações em Biologia e entender, parcialmente, as evidências da teoria neuronal de Santiago Ramon y Cajal (1852- 1934) à luz do modelo proposto por Beckner.

Palavras-chave: modelo dedutivo; modelo implicacional; teoria neuronal

Notes on the model of implicational explaining of Morton Beckner and the theory of neuronal Santiago Ramon y Cajal

Abstract: The aim of this article is to analyse the *implicational model of explanation* proposed by Morton Beckner (1928-2001) according the deductive model proposed by Carl Hempel (1905-1997) and Paul Oppenheim (1885-1977) concerning explanations in Biology and to understand, partially, the evidence presented by Santiago Ramón y Cajal's (1852- 1934) neuronal theory in the light of the model proposed by Beckner.

Key-words: deductive model; implicational model; neuronal theory

1 INTRODUÇÃO

Morton Beckner (1928-2001) inicia seu ensaio “Aspectos da explicação em teorias biológicas”, partindo do padrão explicativo estabelecido por Carl Hempel e Paul Oppenheim em 1948, conhecido por

* Mestrando em Neurociências e Comportamento pelo Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. E-mail: fromulo@usp.br

Laboratório de Neurociências, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo. Av. Prof. Líneu Prestes, 2415. Cep: 05508-900, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: minog@usp.br

modelo dedutivo. Beckner propõe uma revisão (ampliação) do modelo dedutivo no que tange às explicações biológicas e possivelmente históricas também.

O outro autor objeto de nosso estudo é o espanhol Santiago Ramon y Cajal (1852-1934), que, a partir da utilização do método de coloração por cromato de prata desenvolvido pelo italiano Camillo Golgi (1843-1926), observa as estruturas coradas (árvore dendrítica e axônios) do tecido nervoso e propõe, em 1888, a teoria neuronal. Esta teoria advoga a existência do neurônio como unidade básica do sistema nervoso em oposição ao reticularismo, defendido principalmente por Golgi.

O presente texto seguirá dois movimentos: o entendimento do modelo implicacional da explicação e posteriormente sua aplicação na compreensão das evidências apresentadas por Cajal a favor de sua teoria neuronal no livro *¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatomica de las células nerviosas*. É importante apontar que não se trata aqui de utilizar o modelo dedutivo, ou uma vertente sua, para reduzir eventos de natureza biológica a eventos físico-químicos, o que seria impossível, conforme atesta alguns autores (Mayr, 2005). O que pretendemos é, de maneira pontual, verificar a eficácia do modelo proposto por Beckner em explicações estritamente biológicas.

2 MODELO IMPLICACIONAL DA EXPLICAÇÃO

O modelo dedutivo proposto por Hempel e Oppenheim estabelece as seguintes condições:

Uma sentença que enuncie o fenômeno a ser explicado chama-se *explanandum*¹, enquanto a sentença que contenha as informações reunidas com o objetivo de explicar o fenômeno é o *explanans*". (Beckner, 1979, p. 187)

¹ *Explanandum* e *explanans* são duas formas da mesma palavra latina. O *explanans* é o participípio e significa: "achatamento fora"; o *explanandum* é o objeto gramatical e refere-se ao que poderia sofrer um "achatamento fora". Em outras palavras, um *explanandum* é uma questão e os seus *explanans* são as respostas para a questão.

Para uma explicação legítima exige-se que o *explanans* seja verdadeiro e contenha ao menos uma lei geral, já que o *explanandum* decorre (dedutível) do *explanans*. Feita a distinção entre *explanans* e *explanandum*, o modelo dedutivo garante ainda que as explicações são casos especiais de argumentos dedutivos e dentre suas premissas, algumas assumem a condição de verdades universais. A explicação de um fenômeno somente se configura após fixar as condições suficientes para a ocorrência do mesmo, ou seja, garantida as condições de ocorrência do fenômeno, o mesmo não poderia deixar de ocorrer. Para Beckner, o modelo dedutivo afirma que um fenômeno se explica quando, ao descrever suas condições de ocorrência, houver condições para prever a ocorrência do fenômeno.

Beckner propõe uma revisão do modelo dedutivo, caro às ciências exatas, permitindo assim sua utilização em outras ciências, em particular a Biologia. Para tal surgem duas questões, a saber:

1. As descrições existentes do modelo elucidam, de fato, o padrão de explicação que ele busca formular?
2. Qual o alcance do modelo?

Beckner chama de *modelo implicacional da explicação* a sua revisão do modelo dedutivo e apresenta quatro pontos de relevância em que os dois modelos diferem. Vejamos os quatro pontos de diferença entre o modelo dedutivo e o modelo implicacional.

Primeiro ponto: “P, logo E”. Beckner propõe a mudança no sentido de que ao invés de “P acarreta E” para “P implica E”. Como acarretar não é a única maneira da relação que garante ser P suficiente para E, pode-se adotar “P implica E” sem grandes perdas. Beckner apresenta mais à frente no texto a relevância de tal modificação. Para isso temos que:

- Modelo dedutivo: P acarreta E.
- Modelo implicacional: P implica E.

Segundo ponto: no modelo dedutivo, o *explanans* estabelece condição suficiente para o *explanandum*. Beckner, no entanto, observa uma falha no modelo dedutivo, no que tange a explicação de um dado fenômeno, ou seja, o de que não se deve considerar explicado o fenômeno a menos que se tenha presumido alguma condição cuja ausência implicaria na não ocorrência do fenômeno. Para esclarecer

melhor a questão, Beckner lança mão de um exemplo da ocorrência da varíola em uma nação N.

Imaginemos uma nação N onde não se manifeste a varíola e que, independente, se lançou um vasto programa de imunização contra a doença. Considerando que as leis da Imunologia sejam suficientemente desenvolvidas a ponto de se deduzir a ausência da doença em função das leis e de algumas informações relativas ao programa junto à população, explica-se a ausência da varíola por meio de:

- Leis gerais da Imunologia
- Programa de imunização

Beckner chama a atenção para o fato de tal explicação não ser legítima, a menos que pudéssemos afirmar que a varíola existiria na nação N, caso o programa fosse encerrado. Tal afirmação desconsideraria situações como a população não ser suscetível à moléstia, nenhum organismo ter sido infectado antes da implantação do programa ou outras possíveis.

Qualquer uma dessas situações poderia ser apontada como causa da ausência da varíola na nação N, mesmo o programa sendo condição suficiente para a ausência da doença. Em decorrência desse problema aparentemente não solucionável no modelo dedutivo, o modelo implicacional exige que o *explanans* cite explicitamente ou pressuponha uma condição necessária e suficiente para o *explanandum*.

Terceiro ponto: explicações em Biologia dependem, frequentemente, de um contexto. Beckner explica o que entende por explicação dependente de contexto a partir de outro exemplo, o da sentença “este animal não possui seis patas, logo, não é um inseto”.

Admitindo a premissa verdadeira e, junto a ela, a afirmação de que todos os insetos possuem seis patas, ainda assim a afirmação de que todos os insetos possuem seis patas não é, estritamente, verdadeira. Os insetos possuem seis patas, salvo em raros casos de aberração. Beckner propõe uma outra maneira de descrever o argumento:

Admitindo-se a premissa P verdadeira, o argumento é legítimo se a conclusão E for implicada por P. “P implica E” no exemplo do inseto, se o inseto em causa, não for, efetivamente, um raro caso de exceção. (Beckner, 1979, p. 190)

A confirmação sobre se um enunciado da forma “se P, então E” na análise de implicação de Beckner depende de outros fatores que se

apresentam no contexto em que a implicação é afirmada. De maneira formal, Beckner amplia o enunciado de maneira a considerar a dependência de contexto:

P₁: Este animal tem oito patas.

P₂: Todos os insetos tem seis patas, salvo em casos de aberração.

P₃: Este animal não é uma aberração.

E: Logo, este animal não é um inseto.

P₁ implica E, caso P₂ e P₃ sejam verdadeiros.

A dependência contextual da implicação assenta no fato de que P₃, o particular enunciado que atesta que o animal em questão não é um caso de exceção, depende do contexto. (Beckner, 1979, p. 191)

A ressalva em P₂ “[...] salvo em casos de aberração” protege a regra geral a ponto de fortalecê-la. Beckner admite divergências quanto a enunciados protegidos como o apresentado aqui, mas discorda quanto à afirmação de que o seu emprego nas explicações destrói as versões do modelo dedutivo, preferindo chamá-los enunciados protegidos e considerando enunciados do tipo P₃, que eliminam a proteção como enunciados complementares. Com base nessa formulação, podemos afirmar a dependência de contexto para o exemplo da varíola.

Podemos, agora, afirmar que a explicação dada no exemplo da varíola é, de fato, dependente de contexto. É uma explicação legítima apenas quando aplicada a uma nação em que a moléstia se manifestaria, caso inexistisse um programa de imunização. A explicação pode ampliar-se de modo a incluir um enunciado dotado de cláusula protetora, “salvo em regiões onde não haja organismos infecciosos etc”; e uma cláusula complementar que asseguraria não estar a nação N entre as exceções. (Beckner, 1979, p. 191)

Quarto ponto: o último dos quatro pontos de divergência entre o modelo dedutivo e o modelo implicacional se refere à assimetria entre as explicações e predições.

Conforme dito no início do texto, para o modelo dedutivo, não se explica um fenômeno a menos que possa estar em condições de predizer a sua ocorrência, com as mesmas informações. A ciência é regida por padrões, é o que permite as generalizações. Beckner não nega a importância das generalizações, mas apresenta um contra exemplo à simetria entre explicação e predição.

Consideremos um geógrafo interessado em estudar a distribuição da fauna e que observa a existência de determinados pássaros nas ilhas Galápagos, já que alguns reprodutores para lá voaram, partindo da costa sul-americana. A explicação não parece encontrar problemas que a desautorize, já a predição do ocorrido não seria possível, pois, mesmo diante das leis da Ecologia não se poderia eliminar contingências como os raios, os caçadores etc., ou seja, esse é um exemplo de uma explicação não preditiva, onde a explicação, que é legítima não autoriza a predição do ocorrido (Beckner, 1979).

De maneira pontual, temos as quatro características do modelo implicacional em relação ao modelo dedutivo. São elas:

1. P implica E.
2. O *explanans* deve citar explicitamente uma condição necessária e suficiente para o *explanandum*.
3. A implicação depende de contexto.
4. A assimetria entre explicação e predição.

Beckner propõe que, ao retocar o modelo dedutivo, torna-se necessário, ao mesmo tempo, retocar os sistemas de implicação. É necessária uma relação implicacional que possua duas condições que Beckner chama de “traços semânticos especiais”:

I. Deve ser possível estabelecer qualquer enunciado verdadeiro “P implica E” sem pressupor ou estabelecer a verdade ou falsidade de P e E. É uma condição razoável, já que a relação de implicância entre P e E é uma questão relativa apenas às conexões entre P e E, não uma questão relativa à verdade ou falsidade de P e E, isoladamente considerados.

II. P deve ser relevante para E, caso o enunciado “se P, então E”.

A tentativa de Beckner com a segunda condição se deve a tentar evitar os paradoxos da implicação², tanto estrita como material. Ao

² Paradoxo da implicação material: Podemos provar que a proposição $(p \rightarrow E) \vee (E \rightarrow p)$ (“p implica E ou E implica p”) é verdadeira, não importando se as proposições p e E são verdadeiras ou falsas, se tomarmos quaisquer duas sentenças ao acaso, ou a primeira vai implicar a segunda, ou a segunda, implicar a primeira. Paradoxo da implicação estrita: só é verdadeira no caso em que o consequente é verdadeiro em todos os mundos possíveis nos quais o antecedente é verdadeiro. Essa nova implicação também apresenta paradoxos, pois dela deriva que uma proposição impossível

que Beckner lança a seguinte questão: é possível erigir um sistema S que se assemelha ao sistema clássico, mas que não permite o aparecimento de paradoxos?

A solução proposta por Beckner:

Vários sistemas foram elaborados com o intuito de evitar os paradoxos, todos eles, no entanto, se caracterizam pelas profundas modificações que impõem sobre as regras clássicas. (Beckner, 1979, p. 192)

A via adotada por Beckner é a que elimina os paradoxos, não pela reformulação dos axiomas ou das regras de inferência, mas pela especificação das regras de formação de S. O sistema S formado é perfeitamente ajustado no intuito de formular uma definição da implicação que tenha os “traços semânticos” propostos por Beckner, atendendo as necessidades do modelo implicacional.

Beckner lança mão de duas condições suficientes para que “P implica E” seja legítima, empregando o sistema S.

1ª condição: P implica E sempre que a tradução formal de “se P, então E” for um teorema em S.

A implicação apresenta, pois, como caso particular, a decorrência, ou seja, o fato de que algo acarreta isto ou aquilo; trata-se de uma implicação que pode ser estabelecida com recursos estritamente lógicos. (Beckner, 1979, p. 193)

2ª condição: P implica E sempre que existe algum enunciado verdadeiro, G, cuja presença garante os fundamentos para que se estabeleça, em S, por meios puramente lógicos, “se P, então E”.

P implica E sempre que existe um G, verdadeiro, tal que o composto “se G, então: se P, logo E” se torna um teorema em S.

A implicação ou é encarada como decorrência simples ou como decorrência entinemática, onde a premissa oculta do entinema é um enunciado verdadeiro. As regras do sistema S são as regras para a asserção da validade formal de decorrências ostensivamente exibidas. (Beckner, 1979, p. 193)

implica estritamente qualquer proposição e uma proposição necessária é implicada estritamente por qualquer proposição (Copi, 1978).

Beckner propõe que chamemos de base ao enunciado G que se introduz no esquema para descrever a implicação de P para E. As condições formais do sistema S garantem que a base de qualquer implicação deve ser relevante para P e E, conforme afirmado anteriormente.

Se observarmos a Tabela 1, veremos que a implicação depende da verdade ou falsidade de P e E, exceto quanto a impedir a verdade da implicação quando o antecedente for verdadeiro e o consequente falso.

Tabela verdade condicional “se P, então E”		
P	E	$P \rightarrow E$
V	V	V
V	F	F
F	V	V
F	F	V

Tabela 1. Tabela verdade do condicional “se P, então E”. Fonte: <www.inf.ufsc.br>

Para sabermos se vale uma implicação que não seja uma decorrência, constitui, segundo Beckner, uma questão que se resolve por meio da aplicação conjunta de dois procedimentos:

1°. Procedimento lógico de determinar se um enunciado é ou não um teorema de S.

2°. Procedimento extra-lógico de determinar se a base é ou não verdadeira.

Beckner afirma ainda, ser relativamente simples, a explicação de problemas históricos, teleológicos ou motivacionais, uma vez que são problemas que se relacionam com o status e a forma lógica interna das bases de possíveis implicações.

Podemos agora fazer uma síntese das principais características do modelo implicacional da explicação, antes de testá-lo junto à teoria neuronal de Cajal.

Características do modelo implicacional da explicação:

- A explicação deve, de alguma maneira, lançar uma condição necessária e suficiente para o *explanandum* E, ainda que não se trate da mesma condição.
- O *explanans* deve implicar o *explanandum*, podendo ou não acarretá-lo.
- A explicação pode ser dependente de contexto.
- É possível explicar E, mesmo se sua predição for impossível, em princípio, P deve ser uma generalização de certa amplitude, na pior das hipóteses, para evitar que P e E sejam equivalentes.
- O modelo dispõe de um sistema formal S de implicação que contorna os paradoxos da implicação e que permite uma implicação dependente de contexto.
- Uma explicação “P, logo E” deve ser legítima quando satisfizer as seguintes condições:
 - i. P é verdadeiro.
 - ii. P pode decompor-se em duas partes, P₁ e P₂, e existem enunciados verdadeiros, G₁ e G₂, tais que o enunciado: “se G₁, G₂ e P₁ então P₂ implica e é implicado por E” é um teorema de S. Nada impede que G₁ e G₂ e P₁ não figurem no enunciado, mas um deles, ao menos, deve estar presente.

G₁ – base suficiente.

G₂ – base necessária.

P₁ – parâmetro de generalidade da explicação “P, logo E”.

A formulação mais simples seria “se G, então P implica e é implicado por E”. A base G₁ permite afrouxar o requisito de que P implica E. Beckner afirma ser uma falha nas explicações científicas que não deixam clara as condições necessárias para E, no entanto, insiste em que P não explica E, a menos que P seja necessário para e ou faça referência às condições necessárias. A necessidade da base G₂ configura-se exatamente para suprir essa falha, ou seja, a ausência de G₂ diz que P é necessário a E. A decomposição de P em P₁, P₂...P_n se justifica, pois, em muitas explicações P é mais geral que E, de modo que E não poderia implicar P globalmente. (Beckner, 1979).

A dependência de contexto das explicações deve-se a que uma das duas implicações, ou as duas, em “P₂ implica e é implicado por E” pode depender de contexto, já que a verdade das implicações do bicondicional depende de aspectos do tema em questão que não estão explicitamente mencionados na explicação (Tabela 2).

Tabela verdade bicondicional “se e somente se”		
P	E	$P \leftrightarrow E$
V	V	V
V	F	F
F	V	F
F	F	V

Tabela 2. Tabela verdade bicondicional “se e somente se”.

Fonte: Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~mauro/ine5381/slide/Logica.PDF>>. Acesso em: 17 agosto 2009.

As bases G₁ e G₂ podem ambas incluir cláusulas complementares e protetoras. Beckner insiste também que a afirmação de uma cláusula complementar exige cuidadoso julgamento do assunto. A utilização de bases protegidas em uma implicação esclarece quando podemos admitir a existência de explicações não preditivas (Beckner, 1979).

Se voltarmos ao exemplo dos pássaros das ilhas Galápagos, veremos que, embora, não seja possível especificar todos os fatores responsáveis pelo desaparecimento dos pássaros das ilhas, impedindo, assim, a formulação de uma lei geral relativa às condições de propagação dos pássaros, a sua presença *post facto* nas ilhas é um indício a favor do que Beckner chamou de uma “cláusula complementar”.

O modelo implicacional admite, pois, explicações não preditivas se “P, logo E”, é legítima apenas se P de fato implica E; se P implica ou não E é questão que depende de fatos acerca do assunto em questão que nem P e nem E mencionam.

É possível em alguns casos, a implicação basear-se em contingências que não se concretizam no intervalo de tempo que o fenômeno

descrito pelo *explanans* levou para realizar-se. Dessa maneira, podemos perceber que o modelo proposto por Beckner não está isento de que, em alguns casos, a verdade do enunciado “P implica E” não pode ser estabelecida com as informações disponíveis. Por sua vez, o modelo implicacional se torna mais flexível e tolerante que o modelo dedutivo. O modelo implicacional expõe como ponto principal da explicação, a questão da verdade ou falsidade da cláusula complementar. Lembremos que a justificação da ampliação do modelo dedutivo por Beckner se dá para explicações biológicas, o que o autor acredita poder se estender pelas demais disciplinas.

Já no final de seu artigo, Beckner afirma inutilidade do modelo dedutivo nas explicações históricas por estas não citarem condições suficientes para o *explanandum*, limitando-se a mencionar condições antecedentes, temporalmente, que são de algum modo, parte de uma cadeia causal de acontecimentos, culminando com o fenômeno ou evento a ser explicado. Desse modo, no modelo implicacional, a maneira pelo qual se combinam as generalizações (a recorrência as generalizações se dão com o intuito de oferecer explicações) se configura com os enunciados protegidos, enquanto, os juízos particulares são dados pelos enunciados complementares, formando argumentos que dão as condições suficientes para o *explanandum*.

3 A TEORIA NEURONAL DE SANTIAGO RAMON Y CAJAL

Santiago Ramon y Cajal (1852-1934), médico e histologista espanhol, ganhador do prêmio Nobel de 1906 pelos seus trabalhos relativos à unidade básica do sistema nervoso. Seus principais trabalhos foram sobre a estrutura fina do sistema nervoso central. Cajal utilizou a técnica de coloração desenvolvida por Camillo Golgi (1843-1926), que utilizava cromato de prata para corar algumas células cerebrais, em particular as árvores dendríticas e axônios (prolongamentos da célula nervosa). Golgi resolve a estrutura dos neurônios individuais, concluindo que o tecido nervoso é formado por um retículo contínuo de células interligadas, semelhantes ao sistema circulatório, essa é a base da teoria reticular, defendida principalmente por Golgi.

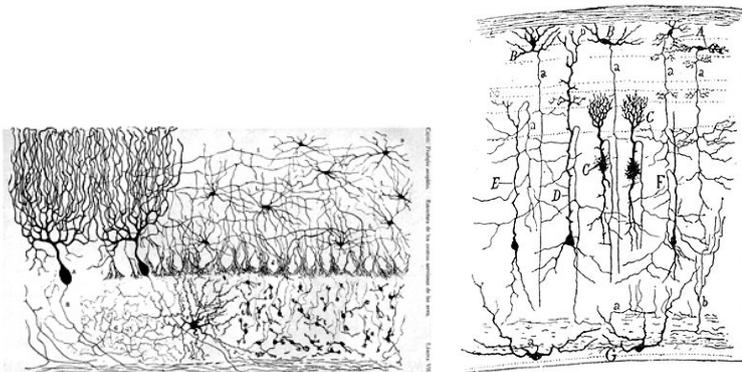


Figura 1. À esquerda, células do cerebelo de pinto; à direita, secção do *Tectum óptico* de um pardal. Fonte: De Felipe & Wagensberg, 2007, pp. 181-182. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Santiago_Ram%C3%B3n_y_Cajal>. Acesso em: 15 novembro 2010.

Cajal chega a uma conclusão bem diferente, segundo ele, o sistema nervoso é composto por bilhões de células nervosas (neurônios), distintos e que se encontram polarizadas. Cajal sugere que ao invés de formarem uma rede, os neurônios comunicam-se através de um mecanismo especializado (sinapse). A postulação dos neurônios como unidade básica do sistema nervoso é a base da teoria neuronal, defendida por Cajal em 1888 (Ramon y Cajal, 1952). Na Figura 1 vemos desenhos de Cajal de observações histológicas de células nervosas.

3.1 A teoria neuronal e o modelo implicacional

A obra que utilizamos para a discussão (*¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatomica de las celulas nerviosas*) que se segue não é a principal produção bibliográfica de Cajal no que diz respeito à teoria neuronal, no entanto, por se tratar de um livro escrito na década de 1930, ou seja, quando a teoria neuronal já possuía aceitação quase que consensual por parte da comunidade científica e além do que, o livro se mostra como uma espécie de síntese das principais evidências de sua teoria ao longo de sua carreira.

O livro está dividido em duas partes. A primeira parte está composta por um capítulo (primeiro) com apontamentos históricos referente à teoria neuronal e os demais apontamentos relativos às conexões entre neurônios, em sua grande maioria conexões axo-somática

ou axo-dendrítica, conexões entre o axônio (prolongamento do corpo celular) de um neurônio e o soma (corpo celular) de outro neurônio e o axônio de um neurônio e o dendrito (prolongamento do corpo celular) de outro neurônio, respectivamente. A segunda parte se refere à unidade neurogenética como prova da teoria neuronal.

O objetivo deste trabalho não é de maneira alguma esgotar o debate sobre as descobertas de Cajal, muito menos atribuir a teoria neuronal apenas os fatores aqui expostos, pretendemos apenas mostrar de que maneira poderíamos explicar a base das evidências expostas por Cajal à luz do modelo implicacional de Beckner.

Como podemos perceber pelos desenhos de Cajal expostos na Figura 1, as observações do cientista espanhol não se davam apenas em cortes histológicos de humanos, mas sim de outros vertebrados. Com o desenvolvimento da Anatomia comparada no Séc. XVIII (Théodorides, 1965, p. 82) e posteriormente da Fisiologia também, temos a base necessária para as generalizações quanto a descobertas de natureza anatômicas e fisiológicas. As teorias de Darwin da segunda metade do século XIX que, segundo Ernst Mayr, se desdobram em outras cinco (evolução, descendência comum, gradualismo, multiplicação das espécies e seleção natural), trouxeram maior força a que se fizessem as generalizações agora pouco citadas (Mayr, 2005, p. 23). Portanto, temos já dois elementos para sustentação da postulação da teoria neuronal a partir de observações de cortes histológicos em aves e sua posterior generalização. Vale ressaltar que Cajal não limita suas observações a aves – somente utilizamos o exemplo para legitimar o trabalho com os mesmos.

O terceiro ponto que levantaremos é referente à teoria celular, que alguns atribuem a origem aos estudos de Robert Hooke (1635-1703), ainda no Séc. XVII, mas a formulação da teoria celular moderna se configura no final da década de 1830, com os trabalhos de Matthias J. Schleiden (1804-1881) e Theodor Schwann (1810-1882). A teoria celular pode ser vista em principio, com a devida particularidade, como um atomismo biológico, ou seja, o que é a unidade básica de um organismo, já que o átomo seria a unidade básica da matéria. Com o advento da teoria celular, a célula assume a condição de unidade morfológica e funcional dos organismos biológicos.

Uma possível explicação da recusa em se aceitar a existência de uma unidade básica para o sistema nervoso se refere à dificuldade em

se atribuir às faculdades mentais do ser humano um substrato morfológico, evitando-se dessa maneira uma espécie de reducionismo anatomo-fisiológico às capacidades cognitivas consideradas superiores na espécie humana.

Podemos então estabelecer três fatores de influência, e que sirvam de base, no desenvolvimento da teoria neuronal, são eles (sem negar, claro, as observações feitas pelo próprio Cajal):

- A anatomia e fisiologia comparada, que permitem as generalizações feitas a partir de observações histológicas.
- As teorias de Darwin, que fortalecem as generalizações feitas a partir da anatomia e fisiologia comparadas.
- A teoria celular, que advoga a unidade básica dos organismos.

Devemos lembrar que a microscopia eletrônica foi desenvolvida apenas na década de 1930 e os trabalhos de Cajal foram feitos na segunda metade do Séc. XIX e início do Séc. XX, ou seja, o uso do microscópio óptico não permitia a observação clara e precisa de cortes histológicos de qualquer estrutura do sistema nervoso, muito menos de qualquer animal, inclusive do homem.

Se por um lado, as observações feitas por Cajal não são dependentes de contexto, quando muito de erros de observação sujeitos a tecnologia de pesquisa disponível em sua época, os fatores apontados acima o são em muitos casos (exemplo do inseto no início do texto). Portanto, podemos arriscar uma explicação da teoria neuronal, em oposição à teoria reticular, já que a teoria que prevalece é a postulada por Cajal (hoje o número de evidências a favor são inúmeros) utilizando o modelo proposto por Beckner (as conclusões provenientes da observação³ – *explanans* – não são condições suficientes para a postulação da existência contígua das células nervosas – *explanandum*).

Uma formalização possível:

P₁: A observação do corte histológico x indica a contigüidade do neurônio a partir de suas conexões (axo-somáticas e axo-dendriticas).

³ Não incluímos de maneira explícita as observações feitas por Cajal sobre a unidade neurogenética dos neurônios e axônios (segunda parte do livro analisado), por considerarmos que tais evidências empíricas são compreendidas pelas teorias de Darwin, assim como, pelas leis da genética do período, evitando assim estender demais nossa exposição.

P₂: As células são a unidade básica que compõem os tecidos.

P₃: Há uma regularidade na natureza morfofisiológica dos organismos, salvo casos de exceção.

P₄: A observação x não se constitui como caso de exceção.

P_n: Outros.

E: O sistema nervoso possui os neurônios como unidade morfológica básica.

O enunciado “P₁ implica E” é verdadeiro caso P₂, P₃, P₄ e P_n sejam verdadeiros, ou seja, a observação da unidade neuronal em um corte histológico qualquer (não importando quantas observações sejam feitas) permite a generalização acerca da composição básica do sistema nervoso se o número n de cláusulas for satisfeito. P_n indica que podemos acrescentar cláusulas complementares e protetoras no sentido de atender todos os fatores de influência, dependentes de contexto ou não, na postulação da teoria.

Concluimos nossa exposição de maneira que, mesmo após a afirmação de Mayr (2005, p. 25) quanto à impossibilidade de reducionismo nas explicações biológicas a eventos físico-químicos, uma vez que não era esse nosso intuito, o modelo implicacional de Beckner para considerar explicações dependentes de contexto, própria de explicações biológicas ou mesmo históricas, nos garante a necessidade de critérios lógicos externos ao campo observacional e experimental característicos das explicações em biologia. Dessa maneira esperamos poder contribuir para o debate em torno de uma compreensão epistemológica da(s) neurociência(s) situada no final do século XIX com os trabalhos de Santiago Ramon y Cajal (1852-1934) e que é considerada ponto inicial das neurociências experimentais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos editores da revista ABFHiB (Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia) pela compreensão e apoio na finalização do presente artigo.

Agradecemos especialmente o Professor Caetano Ernesto Plastino (FFLCH – USP) pelas contribuições na confecção deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECKNER, Morton. Aspectos da explicação em teorias biológicas. Pp. 185-199, *in*: HEGENBERG, Leônidas & MOTA, Octany Silveira da. *Filosofia da Ciência*. São Paulo: Cultrix, 1979.

- COPI, Irving Marmer. *Introdução à Lógica*. Trad. de Álvaro Cabral. São Paulo: Mestre Jou, 1978.
- DE FELIPE, Javier; WAGENSBERG, Jorge (orgs.). *Paisajes Neurona-les: Homenaje a Santiago Ramón y Cajal*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2007.
- MAYR, Ernst. *Biología, ciência única*. Trad. de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- RAMON Y CAJAL, Santiago. *¿Neuronismo o Reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas* [1933]. Madrid: Instituto Cajal, 1952.
- THÉODORIDES, Jean. *História da Biologia*. Trad. de Joaquim Coelho Rosa. São Paulo: Edições 70, 1965.

La relación entre microevolución y macroevolución desde la síntesis biológica: entre las diferencias y las similitudes

Guillermo Folguera *

Resumen: A partir del origen de la síntesis biológica en el siglo XX, la evolución de las poblaciones (microevolución) fue ratificada como el ámbito principal de evolución, relegando a la evolución de los taxones superiores (macroevolución). Sin embargo, si bien se suele presentar a la síntesis biológica como sostenedora de una visión homogénea respecto a esta problemática, el modo de conceptualización de dicha prioridad no necesariamente ha sido la misma entre los diferentes pensadores de la síntesis biológica. Con el fin de estudiar este tópico, en este trabajo se han analizado las posiciones sostenidas al respecto por Theodosius Dobzhansky (1900-1975), Sewall Wright (1889-1988), George Gaylord Simpson (1902-1984), Ernst Mayr (1904-2005) y Francisco Ayala (1906-2009), cinco de los principales investigadores de la síntesis biológica.

Palabras clave: Ayala; Dobzhansky; microevolución; macroevolución; síntesis biológica

Relationship between microevolution and macroevolution since biological synthesis: among differences and similarities

Abstract: Since the origin and the consolidation of biological synthesis during 20th century, evolution of populations (microevolution) was ratified as the main field of evolution in relation macroevolution (evolution of higher taxons). In general, it is proposed a homogeneous position since biological synthesis to this issue. However, microevolution-macroevolution relationship is not conceptualized in similar way among different synthesis biological's researchers. In this paper we have analyzed the point of view on the issue of Theodosius Dobzhansky (1900-1975), Sewall Wright

*Grupo de Filosofía de las Ciencias, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires. Grupo de Historia de la Ciencia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Dirección: Espinosa 423 15°6, C.P.: 1405, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: guillefolguera@yahoo.com.ar

(1889-1988), George Gaylord Simpson (1902-1984), Ernst Mayr (1904-2005) y Francisco Ayala (1906-2009), five of the principal investigators of the biological synthesis.

Key-words: Ayala; Dobzhansky; microevolution; macroevolution; biological synthesis

1 INTRODUCCIÓN

A partir de la consolidación de una visión evolutiva en el estudio de la vida, surgieron las preguntas asociadas de qué entidades son las que cambian a través del tiempo, y de cuáles son los procesos que operan en cada caso. Luego de la publicación de la obra *El origen de las especies* de Charles Darwin, la selección natural fue considerada como el proceso evolutivo de mayor relevancia, a la vez que las poblaciones fueron asumidas como las principales unidades de evolución (Lewontin, 2002). Desde la década de 1930, junto con la aparición y consolidación de la síntesis evolutiva, la evolución de las poblaciones (microevolución de aquí en más) se ratificó como el ámbito principal de evolución, relegando a la evolución de los taxones superiores, conocida como macroevolución.

Al respecto, en diferentes textos de biología, de historia de la biología y de filosofía de biología se suele presentar a la síntesis biológica como sostenedora de una visión homogénea en cuanto a la conceptualización de la relación entre microevolución y macroevolución. En este trabajo analizaremos los principales acuerdos y desacuerdos que se han hecho presente en esta problemática en cinco de los principales investigadores de la síntesis biológica: Theodosius Dobzhansky (1900-1975), Sewall Wright (1889-1988), George Gaylord Simpson (1902-1984), Ernst Mayr (1904-2005) y Francisco Ayala (1906-2009). Entre las similitudes de los autores se marca aquí un predominio de la microevolución, a la vez que un rol secundario de la paleontología (aún desde aquellos investigadores que generaron sus investigaciones desde dicha área) respecto a la genética de poblaciones. Sin embargo, el tipo de relación entre la microevolución y la macroevolución, así como en cuanto a las relaciones disciplinares involucradas, presentan una notable diversidad entre los principales referentes de la síntesis biológica que será reconocida a través de nuestro recorrido.

2 CINCO AUTORES, CINCO MIRADAS SOBRE LA RELACIÓN ENTRE MICROEVOLUCIÓN Y MACROEVOLUCIÓN.

2.1 Theodosius Dobzhansky: los (posibles) límites de la macroevolución

La obra del genetista ruso presenta una gran riqueza conceptual en cuanto a la reflexión sobre el tipo de relación establecida entre microevolución y macroevolución. En primer lugar, al igual que el resto de los investigadores enmarcados en la síntesis, Dobzhansky concentró sus análisis en la dimensión poblacional a partir de la propia conceptualización de evolución biológica (“Evolución es un cambio en la composición genética de las poblaciones”. Dobzhansky, 1951 p. 16). Ya en la década de los años veinte, Dobzhansky afirmaba que el conocimiento evolutivo debía buscarse básicamente en los análisis de la distribución geográfica y de la variabilidad entre poblaciones, así como de la variabilidad individual dentro de ellas. Del mismo modo, en un artículo de su autoría publicado en la revista *American Naturalist* (Dobzhansky, 1933), argumentaba que el proceso de especiación debía ser entendido exclusivamente en términos de una población diferenciada genéticamente, esto es, aislada reproductivamente de las demás. Evidentemente, este acento en la dimensión poblacional guía y delimita el camino epistemológico y metodológico que habrán de adoptar los estudios evolutivos. A nivel metodológico, este objetivo debía perseguirse a través de dos caminos que marcarán los estudios realizados en las décadas siguientes: por un lado, el estudio de las poblaciones naturales y, por otro, los estudios genéticos de laboratorio (Provine, 1986). A su vez, el énfasis en el ámbito poblacional ubicaba en un lugar central a los mecanismos generadores de la variabilidad, condición fundamental de la evolución biológica. De este modo, a través de su obra *Genetics and the Origin of Species* (1951), Dobzhansky se consideraba a sí mismo como un continuador de la tarea darwiniana, pero incorporando a su vez los mecanismos que originaban variabilidad genética (tales como la mutación) y cromosómica (tales como las traslocaciones, inversiones, duplicaciones, etc.).

Sin embargo, en realidad estas consideraciones no dan cuenta del todo de la complejidad del pensamiento del investigador ruso quien, a

pesar de su énfasis en la dinámica poblacional, reconoció un grupo de diferencias entre los fenómenos propios del ámbito microevolutivo y aquellos otros del macroevolutivo. Veamos dos de las principales diferencias mencionadas. La primera es la característica de “reversibilidad” de los procesos microevolutivos, ejemplificada a través del caso de la resistencia de ciertas bacterias a un determinado antibiótico (Dobzhansky, 1965). En oposición, los procesos macroevolutivos son “irreversibles”, como es el caso de las características presentes en el *Homo sapiens* y ausentes en sus ancestros. Por supuesto que, en concordancia con lo señalado más arriba, su explicación se basa en la propia variación genética: la irreversibilidad de los procesos macroevolutivos se debe al hecho de que la cantidad de genes involucrados en tales procesos son presumiblemente millares (Dobzhansky, 1965) y, por lo tanto, el retorno al estado previo resulta sumamente improbable. La segunda diferencia está relacionada con el carácter determinista (o no) del proceso evolutivo. En relación con las respuestas de los seres vivos a las “demandas del ambiente” Dobzhansky señala la diferencia en cuanto al carácter determinista de la microevolución, en oposición a un indeterminismo propio del ámbito macroevolutivo (Dobzhansky, 1965). Mientras en el caso de la microevolución, la respuesta de las poblaciones al cambio ambiental es (en principio) predecible, en el ámbito macroevolutivo las respuestas posibles son múltiples, entre las cuales algunas podrán ser exitosas pero otras no (Dobzhansky, 1965). De este modo, el no-determinismo propio del ámbito macroevolutivo según Dobzhansky no parece responder a nuestra falta de información respecto a las condiciones operantes, sino que se trata de una incerteza propia de la naturaleza macroevolutiva. La característica de presentar una multiplicidad de respuestas posibles de la vida frente a los cambios ambientales, es la que justifica la denominación de una macroevolución “creativa” por parte del científico ruso (Dobzhansky, 1965, p. 209).

Tal como otros investigadores de la síntesis, Dobzhansky niega la posibilidad de una evidencia directa en favor de la evolución proveniente del ámbito macroevolutivo:

La evidencia experimental en favor de la macroevolución debe, por necesidad, ser indirecta. No podemos reconstruir la evolución de los caballos durante el Terciario o bien el surgimiento de la vida en la tierra a partir de los animales vertebrados acuáticos. (Dobzhansky, 1965, p. 209)

De alguna manera, esta limitación de la macroevolución se relaciona con otras críticas que, desde la genética de poblaciones, se con-

tinuarán dirigiendo a la paleontología, señalando su incapacidad para dar cuenta de mecanismos propios del ámbito macroevolutivo. Sin embargo, unos años antes Dobzhansky sostenía que:

El problema de la macroevolución es, por lo tanto, esencialmente el de los patrones de eventos microevolutivos que conducen a cambios macroevolutivos de diferentes tipos. Este problema está más allá de los confines de la presente discusión: la macroevolución no puede ser observada en acción; solamente pueden estudiarse en nuestro tiempo, los productos finales de su acción. Sin embargo, recientemente hemos tenido éxito en experimentos al producir algunos cambios genéticos que parecen trascender los límites de la microevolución, y para los cuales he sugerido el rotulo tentativo de “mesoevolución”. (Dobzhansky, 1958, p. 1096)

Como vemos, al igual que otros autores dentro de la síntesis, Dobzhansky niega una opción dicotómica entre microevolución y macroevolución, incorporando la “mesoevolución” como un ámbito intermedio. Este ámbito es entendido como el correspondiente a los cambios microevolutivos pero de mayor complejidad y susceptibles de ser abordados experimentalmente. Son precisamente los procesos mesoevolutivos los que podrían establecer el puente entre micro y macroevolución.

Ahora bien, surge aquí el interrogante clave: ¿logran los procesos microevolutivos dar cuenta de los fenómenos propiamente macroevolutivos? La respuesta del autor a esta pregunta podría inferirse de lo dicho más arriba. No obstante, el propio Dobzhansky se aproxima explícitamente a la respuesta al considerar que la microevolución y la macroevolución son parte de un mismo continuo y que, por lo tanto, el análisis microevolutivo aportará en alguna medida conocimiento relevante respecto a los niveles superiores (Dobzhansky, 1958). Esto no significa que los estudios en el ámbito macroevolutivo sean completamente innecesarios. Pero aún así, a los ojos del investigador ruso las evidencias suministradas por la paleontología favorecen una interpretación según la cual la macroevolución está compuesta (también) por eventos microevolutivos (Dobzhansky, 1958).

En definitiva, puede afirmarse que Dobzhansky ubica a la microevolución como el principal campo de indagación científica, e incluso la considera capaz de dar cuenta de aspectos diferentes y significativos dentro del ámbito macroevolutivo. Pero, a su vez, reconoce cier-

tas limitaciones en cuanto a su poder explicativo, pues pone en duda que el estudio de la microevolución pueda dar cuenta de la macroevolución en su totalidad. De este modo, Dobzhansky deja un margen considerable a la posibilidad de que quizás sean las propias investigaciones dirigidas al ámbito de la macroevolución las que logren explicar un área hasta entonces insuficientemente explorada.

2.2 Sewall Wright: el *shifting balance* como una vía alternativa

En primer lugar, es importante señalar que el pensamiento de Sewall Wright presenta importantes líneas de continuidad respecto de los pensadores de la síntesis biológica que lo precedieron, tal como la asignación de un papel central a la genética de poblaciones dentro de la síntesis. Sin embargo, respecto de la relación entre microevolución y macroevolución, su propuesta presenta importantes singularidades al ser comparada con las del resto de los autores enmarcados en la síntesis biológica. Por ejemplo, su visión de la teoría evolutiva presenta diferencias en lo referido tanto a la injerencia de los diferentes mecanismos evolutivos como a la dinámica evolutiva propiamente dicha. A su vez, su análisis de las propuestas jerárquicas para el ámbito de la evolución se alejó fuertemente del de los otros autores, por lo cual no podremos detenernos demasiado en su posición. No obstante, veremos someramente algunas características generales de su posición respecto de la relación entre microevolución y macroevolución.

En dos trabajos escritos en la etapa final de su carrera, Wright aborda en particular dicha problemática, siempre en consonancia con sus propias ideas, tal como las había sostenido ininterrumpidamente durante medio siglo. En los artículos “Character change, speciation, and the higher taxa” y “The shifting balance theory and macroevolution”, ambos publicados en 1982, Wright retoma su teoría del *shifting balance*, acaso como una tercera opción frente la controversia del momento entre las posiciones fundamentalistas y aquellas otras que propugnaban abordajes jerárquicos. La teoría de *shifting balance* considera en su conjunto tanto la acción de la selección natural, así como la de la deriva génica. Partiendo de poblaciones pequeñas, la acción de la deriva génica es de gran importancia: Wright propone que la deriva génica puede jugar un papel “creador” al superar la acción de la selección natural. De esta manera, la deriva tendería a alterar la

frecuencia génica de una población respecto a su estado original, desde un “pico adaptativo” (máximo valor de *fitness* para una topografía adaptativa determinada), desplazándola a través del “valle” correspondiente (mínimo valor de *fitness* en esa topografía). Entonces es posible el acercamiento a un nuevo “pico adaptativo”, a partir del cual volvería a actuar de manera intensa la selección natural llevando al *fitness* nuevamente a un valor máximo, distinto al primero. De este modo, bajo la acción conjunta de la deriva génica y de la selección natural, una población determinada podría alcanzar un estado adaptativo, incluso aún de mayor magnitud que el primero (Ridley, 2003). De acuerdo con Wright, lo más importante dentro del ámbito macroevolutivo es la aparición de un nicho ecológico nuevo que las especies podrían ocupar y a partir del cual podrían irradiarse. La propia teoría del *shifting balance* podría dar cuenta, según su autor, de las discontinuidades observadas en los fenómenos de naturaleza (Provine, 1986).

A su vez, nos interesa marcar otros dos aportes de Wright que los diferencian claramente de otras posiciones dadas desde la síntesis biológica. El primero se refiere al grado de injerencia de la deriva génica en la evolución, mecanismo aplicable no sólo en el ámbito microevolutivo sino también en otros niveles taxonómicos. Recordando que la deriva génica es entendida como las fluctuaciones al azar en las proporciones alélicas (Futuyma, 1998), resulta interesante señalar que para este científico, la injerencia de los cambios producidos de modo no selectivo, sería aún mayor en los casos de los niveles taxonómicos superiores al específico que en el ámbito microevolutivo. En segundo lugar, resulta sumamente interesante en este contexto mencionar la noción de Wright en que la selección actúa en diferentes escalas. De este modo, el investigador, por ejemplo, propone la acción de una selección a escala local, a la vez que menciona la acción de otra selección a escala mayor sobre diferentes localidades (Wright, 1982).

Estas características, consideradas en su conjunto, sintetizan una posición que continúa privilegiando el nivel microevolutivo, a la vez que reivindica una mayor injerencia por parte de la deriva génica dentro del propio proceso evolutivo, oponiéndose a cierta tendencia general dentro de la síntesis biológica de otorgarle un rol relativamente marginal. Sin embargo, aún cuando la macroevolución fue objeto de su atención sobre el final de su vida académica – en consonancia

con la propia historia de la síntesis –, Wright no abordó el tema desde una perspectiva jerárquica que rescatara la autonomía de los niveles. En efecto, su propia teoría del *shifting balance* lograba dar cuenta de algunos patrones del campo fenoménico de la paleontología, pero sin necesidad de reivindicar su autonomía disciplinar ni de revisar el predominio del ámbito microevolutivo.

2.3 George Gaylord Simpson: la mesoevolución y la negación de la autonomía disciplinar de la paleontología

No cabe duda alguna de que el paleontólogo George Gaylord Simpson conocía muy bien las aristas del problema cuando se propuso edificar una teoría de la evolución con un núcleo central en la genética de poblaciones. Es que si no existiera un continuo entre la microevolución y la macroevolución, sino que entre ambas mediara una discontinuidad, los estudios microevolutivos no aportarían conocimiento alguno sobre los fenómenos macroevolutivos (Simpson, 1944). Frente a esa posibilidad, y del mismo modo que en el caso de Dobzhansky, Simpson sostuvo la idea de que todo cambio evolutivo debía ser “consistente” con los principios de la genética moderna, a la que incluso consideraba como el fundamento a partir del cual debía edificarse una teoría general y sintética (Gould, 2004). Esta defensa del lugar central de la genética de poblaciones en la biología, por parte de uno de los representantes más importantes de la paleontología de la época, posiciona a Simpson en un lugar clave: es este autor quien “demarcó” el modo en el cual la paleontología fue insertada en la síntesis biológica. De hecho, como puede leerse en algunos de sus escritos, él mismo consideró oportuno señalar las características de esta “inserción”. Por ejemplo, en el año 1944 indicaba que: “El intento de síntesis entre paleontología y genética, parte esencial del presente estudio, puede resultar particularmente sorprendente y posiblemente sea azarosa” (Simpson, 1944, p. xv).

De acuerdo con Simpson, entonces, desde un punto de vista disciplinar el lugar central es ocupado por la genética de poblaciones, y los niveles fundamentales en el escenario evolutivo son los comprendidos entre el nivel genético y el poblacional. Ahora bien, al igual que Dobzhansky, Simpson niega una separación entre la microevolución y la macroevolución, a la vez que considera necesaria la incorporación de otro ámbito que medie entre el ámbito poblacional y el supraespe-

cífico. Pero, a diferencia de la propuesta del investigador ruso, incorpora también un ámbito superior al macroevolutivo. Por ello, la macroevolución será entendida por Simpson como meramente el origen de grupos genéticos que están en el mínimo nivel de discontinuidad genética, esto es, el nivel de las especies y de los géneros.

De esta manera, Simpson incorpora la idea de que la evolución biológica ocurre en una jerarquía superior, a la vez que a mayores intervalos temporales: se trata de la “megaevolución”. Ciertamente es que, a los ojos del paleontólogo, esta distinción entre pequeñas y grandes escalas temporales resulta de menor importancia que el origen de los géneros y las familias como entidades biológicas (Wright, 1945). La diferencia entre ambas cuestiones reside en que, mientras a nivel de la megaevolución no existen transiciones continuas, las familias y las entidades correspondientes a los niveles superiores se originan por saltos. Según Simpson, los saltos se deben a que las pequeñas poblaciones evolucionan alcanzando diferentes posiciones ecológicas y, de este modo, se generan procesos extremadamente rápidos que dan origen a entidades correspondientes a las categorías superiores.

A su vez, el propio Simpson plantea el interrogante acerca de si la diferencia entre los dos tipos de evolución es sólo de grado o es una diferencia cualitativa. Y su respuesta no se hace esperar:

El paleontólogo tiene más razón en creer en una distinción cualitativa entre la macroevolución y la megaevolución que entre la microevolución y la macroevolución. (Simpson, 1944, p. 98)

De esta manera, la megaevolución, esto es, la evolución ocurrida a grandes escalas, encuentra una diferencia cualitativa con los “tradicionales” ámbitos microevolutivo y macroevolutivo. Ahora bien, recordemos aquella renombrada frase en donde Eldredge y Tattersall acusan a Simpson de mantener a los paleontólogos “tan callados como las rocas que indagan” (Eldredge y Tattersall, 1986, p. 58). ¿A qué se refiere dicha acusación en este contexto? Para responder a esta pregunta debemos entender el doble juego que ha realizado Simpson, lo cual permitirá comprender a su vez tanto el papel de la paleontología como la naturaleza de la relación entre macroevolución y microevolución desde su perspectiva. La discontinuidad entre ambos ámbitos señalada por Simpson se manifiesta exclusivamente en el campo fenomenológico, en la medida en que los patrones que registran los paleon-

tólogos son cualitativamente diferentes de los patrones registrados por los genetistas. En ese sentido, resulta preciso acudir a explicaciones únicas y cualitativamente distintas de las que proporciona la propia paleontología. Por ello, aquel silencio al que refiere la cita apunta a que, según Simpson, el marco teórico novedoso debe provenir exclusivamente del área de la genética de poblaciones, permaneciendo la paleontología como una disciplina meramente fenoménica.

Cierto es que la posición de Simpson mostró ciertas diferencias a través de los años; por ello, en esta instancia debemos hacer una importante aclaración en relación al campo que aquí analizamos. En su libro *Tempo and mode in Evolution*, Simpson (1944) desarrolla un argumento destinado a mostrar que la paleontología es el único campo de investigación susceptible de estudiar los fenómenos de mayor escala evolutiva. En principio, el patrón evolutivo a grandes escalas no podría ser explicado a través de la extrapolación de la selección natural y su acción constante, gradual y progresiva. Sin embargo, esta posición sufrirá algunos cambios significativos con el paso del tiempo. En su libro *The major features of Evolution*, Simpson (1953) debilita la diferencia entre los diferentes ámbitos evolutivos, y presenta un vínculo en extremo más lineal entre la genética de poblaciones y la paleontología, tanto a nivel teórico como fenoménico. Según esta nueva posición, la adaptación que resulta de la acción de la selección natural, concebida como extrapolación lineal de lo producido en el ámbito microevolutivo, logra dar cuenta efectivamente del registro fenoménico descrito por los paleontólogos.

2.4 Ernst Mayr: la negación de la reducción metodológica y de la autonomía macroevolutiva

Tal como hemos adelantado, diversos autores coinciden en señalar cierto “endurecimiento” a través del siglo XX, en la posición de los pensadores de la síntesis en relación con las jerarquías genealógicas. Sin duda, la posición de Mayr tuvo una enorme relevancia en esta tendencia. Por ello, antes de analizar la posición de Mayr respecto de las jerarquías genealógicas, nos detendremos en la caracterización de macroevolución que brinda el autor. Al respecto, Mayr entiende la macroevolución como el desarrollo de las principales tendencias evolutivas, el origen de las categorías superiores y el desarrollo de los sistemas orgánicos nuevos; en resumen, todos aquellos procesos evo-

lutivos que requieren largos períodos de tiempo e involucran a las entidades de los niveles taxonómicos superiores. En esta dirección, Ernst Mayr identifica una deuda directa de la macroevolución respecto de la variación intraespecífica:

Toda la evidencia disponible indica que el origen de las categorías superiores es un proceso que no es más que una extrapolación de la especiación. Todos los procesos y fenómenos de la macroevolución y el origen de las categorías superiores pueden remontarse a la variación intraespecífica, aun cuando los primeros pasos de tales procesos sean usualmente muy pequeños. (Mayr, 1942, p. 298)

De esta manera, para Mayr el estudio de la variación intraespecífica se presenta como la “pieza clave” en cualquier interpretación evolutiva, tanto en aquéllas del ámbito microevolutivo como así también en las referidas al ámbito macroevolutivo (Mayr, 1996). Por ello, el estudio de algunos de factores genéticos y evolutivos permitiría dar cuenta de los fenómenos macroevolutivos.

Resulta preciso aquí señalar un doble “movimiento” en la posición de Mayr. Por un lado, se niega a la paleontología la capacidad de generar teorías que expliquen los fenómenos asociados al registro fósil. Pero, a la vez, se ataca fuertemente la “firmeza” de tales fenómenos. Mayr comenzará a argumentar respecto de cierta insuficiencia del propio registro fósil como evidencia para el estudio de la macroevolución (Mayr, 1982). En la obra de Mayr, de un modo similar a la de Ayala que presentaremos en la próxima sección, puede observarse que los resultados que brinda la paleontología serán en todos los casos caracterizados no como impropios, pero sí como insuficientes. Los estudios de Mayr respecto de los diferentes procesos de especiación ponen el acento en la propia dinámica poblacional, lo cual permitiría dar cuenta de la aparición de las entidades de los niveles superiores, en particular de las especies. Según este autor, la macroevolución adeuda a la dimensión poblacional gran parte de sus características, en la medida en que le debe también su propio origen:

Los fenómenos de la macroevolución no pueden ser entendidos salvo que se los remonte a las poblaciones que son especies incipientes y a las neoespecies. Los principales procesos macroevolutivos se inician durante la especiación peripátrica. (Mayr, 1982, p. 1131)

La especiación peripátrica es un proceso de “revolución genética”, pero de orden estrictamente poblacional y necesariamente gradual. En este proceso, el evento más importante es la destrucción de la cohesión de los genotipos presente hasta entonces, y un reemplazo del equilibrio preexistente por un nuevo estado de equilibrio (Mayr, 1982).

2.5 Francisco Ayala: la máxima expresión del “endurecimiento” de la síntesis biológica

Continuando en la dirección de profundización de la síntesis, desde la perspectiva de la genética de poblaciones Francisco Ayala redujo aún más los alcances teóricos y fenoménicos de la macroevolución. Este autor concibió la macroevolución como un conjunto de propiedades emergentes a partir del nivel microevolutivo, conjunto que se explica necesariamente mediante los análisis efectuados a escala poblacional (Ayala, 1982). En este sentido, Ayala consideró el supuesto de actualismo para el estudio de la microevolución, al considerar que según el cual tanto en las poblaciones presentes como en las pasadas, los tipos de procesos evolutivos que actúan son similares, y pueden ser explicados a partir de los mecanismos microevolutivos propuestos desde la genética de poblaciones. Si bien estas observaciones no recogen los puntos centrales del planteo de Ayala, sí nos permiten reconocer el acento que pone el investigador español en la dimensión poblacional.

Sin embargo, la posición de Ayala dista de ser unívoca: de las diferentes formas que adopta, sólo nos detendremos en las que introducen mayores tensiones respecto del supuesto de partida mencionado más arriba. Por ejemplo, en trabajos publicados en 1982 podemos encontrar la afirmación de cierta imposibilidad de reducción de la macroevolución a la microevolución. Sin embargo, según este autor, esta imposibilidad se debe a circunstancias meramente contingentes de no muy clara naturaleza. Al mismo tiempo, Ayala sostiene la imposibilidad de deducir las teorías macroevolutivas de los principios microevolutivos en la medida en que esto nos permitiría elegir una entre las diferentes teorías macroevolutivas (“Sería posible decidir entre modelos macroevolutivos competidores”, Ayala, 1982, p. 285).

La posición de Ayala se desarrolla en el seno del debate en torno a las características del ritmo evolutivo con el que se interpreta del re-

gistro fósil, debate dominado por el enfrentamiento entre las posiciones gradualistas y las denominadas de equilibrio puntuado. En su intervención, Ayala pretende reducir este debate a una cuestión simplemente fenoménica que debe ser contrastada *a posteriori*, y no por inferencia directa a partir de los procesos microevolutivos. A propósito de ello, el investigador español afirma que:

Por lo tanto, la macroevolución y la microevolución están desacopladas en el sentido (que epistemológicamente es el más importante) de que la macroevolución es un campo de estudio autónomo que debe desarrollar y poner a prueba sus propias teorías. (Ayala, 1982, p. 285)

Sin embargo, pese al reconocimiento inicial de cierta imposibilidad de reducción, Ayala niega la autonomía del ámbito macroevolutivo. Más aún, se muestra escéptico respecto de una organización jerárquica de la vida, e incluso pone en duda la existencia de las propiedades emergentes propuestas por diferentes investigadores como una posibilidad de escapar del reduccionismo en la teoría evolutiva:

Si bien estoy de acuerdo con la tesis de que las teorías macroevolutivas no son reducibles a los principios microevolutivos, argumentaré que es un error fundar esta autonomía sobre la organización jerárquica de la vida, o sobre supuestas propiedades emergentes exhibidas por unidades de nivel superior. (Ayala, 1982, p. 285)

En esta última cita podemos reconocer algunas de las tensiones que caracterizan la posición de Ayala. Al igual que Mayr, considera que los procesos microevolutivos no logran dar cuenta de los fenómenos macroevolutivos, pero al mismo tiempo niega la autonomía del ámbito macroevolutivo. Según Sober, la posición de Ayala debe interpretarse como afirmando una imposibilidad epistemológica de reducción: la macroevolución no es reducible a la microevolución en este momento, debido exclusivamente a nuestras propias limitaciones teóricas: “Actualmente somos demasiado ignorantes para llevar a cabo la deducción” (Sober, 1982, p. 317). La interpretación de Sober puede respaldarse en el hecho de que Ayala recurre a las condiciones impuestas por Nagel (1981) para la reducción de una teoría a otra: la condición de derivabilidad (posibilidad de derivación lógica de la teoría reducida a partir de la teoría reductora) y la condición de conectabilidad (posibilidad de definir los términos de la teoría reducida que no figuren en la reductora a partir de términos de la teoría reduc-

tora). Tal como señalamos previamente, Ayala considera que los procesos microevolutivos pueden explicar tanto los patrones presentados por la teoría gradualista como los propios de la teoría de equilibrio puntuado (Stebbins y Ayala, 1981) y, en consecuencia, no es posible inferir en cuál de ambos casos se encuentra el escenario particular analizado en relación con las tasas de evolución. Por lo tanto, Ayala argumenta que la condición de derivabilidad no se satisface, en la medida en que las teorías y modelos de la macroevolución no pueden ser lógicamente derivados de la teoría microevolutiva. El sentido que Ayala adoptará para entender la macroevolución como “un campo autónomo de estudio”, entonces, sólo se relaciona con esta ausencia de derivabilidad (Ayala, 1982).

Ahora bien, el propio Ayala se pregunta si esta insuficiencia epistemológica para la reducción debe ser saldada por medio de análisis realizados desde la genética de poblaciones o mediante investigaciones propias de la paleontología. Sobre la base de lo dicho anteriormente, puede anticiparse su respuesta. Según Ayala, los procesos macroevolutivos no escapan del propio ámbito de la genética, y sólo desde allí podrá realizarse una reducción futura. Más aún, incluso frente a la posibilidad de dar cuenta del registro fósil en términos de equilibrio puntuado, Ayala no ve en principio ninguna teoría que pueda sostenerse por fuera del campo estricto de la genética. Así, la estasis (períodos durante los cuales no se observa cambio alguno en la morfología de los organismos) podría ser explicada como un caso de selección estabilizadora (Stebbins y Ayala, 1981; Ayala, 1982). En definitiva, los fenómenos macroevolutivos podrían explicarse simplemente como resultado de los procesos microevolutivos, por lo cual la mencionada teoría del equilibrio puntuado sería (también) consistente con la teoría de la genética de poblaciones.

Por lo tanto, aún admitiendo la imposibilidad de reducción – epistemológica –, la preeminencia de la microevolución permanece inalterable en el discurso de Ayala: “Cualquier teoría correcta de la macroevolución debe ser compatible con los principios y teorías microevolutivos bien establecidos” (Stebbins y Ayala, 1981, p. 970). Tal como para el resto de los investigadores de la síntesis biológica, es claro que esta compatibilidad no se propugnó sobre la base de una idea de reciprocidad. Por el contrario, se trata de un esquema donde la microevo-

lución ofrece algunos grados de libertad en la interpretación de las características de la evolución biológica, y sólo éstos son susceptibles de ser determinados exclusivamente desde la macroevolución.

En el plano disciplinar, Ayala reduce la importancia de la paleontología en su posibilidad de generar un marco teórico solvente para la macroevolución (Stebbins y Ayala, 1981). Aún reconociendo que algunas teorías fueron formuladas desde la paleontología, tales como el ya mencionado caso del equilibrio puntuado, la selección de especie o bien la “hipótesis de la reina roja” (Van Valen, 1973), según Ayala el cuerpo teórico de la paleontología continúa siendo considerablemente menor que el de las otras disciplinas microevolutivas (Ayala, 1982).

3 DISCUSIÓN: LA SÍNTESIS BIOLÓGICA Y LAS MÚLTIPLES MÁSCARAS DEL TIEMPO

En términos generales, la posición adoptada por los principales investigadores de la síntesis biológica, incorpora al registro fósil – ahora desde cierta posición de simetría respecto de los fenómenos evolutivos considerados desde la perspectiva genético-poblacional – dentro de los fenómenos a ser explicados. A su vez, en general ha habido acuerdo en la síntesis de que la paleontología no permite, en función de su propia metodología y de las propias características de su campo fenoménico (al no tratarse de organismos vivos), responder a la pregunta acerca de los mecanismos evolutivos que operan en sus niveles correspondientes. En este sentido, en general se operó una extrapolación de las teorías generadas a la luz de la microevolución hacia la macroevolución (Thompson, 1983; Eldredge y Tattersall, 1986). En principio, estas consideraciones se relacionan con las propias relaciones disciplinares dentro de la síntesis, originadas a partir que el marco teórico de la genética de poblaciones se consolidó como parte del “núcleo duro” de la Teoría Sintética de la Evolución, relegando a otras disciplinas, como la paleontología o la sistemática (Mayr, 1982; Depew y Werber, 1996). Según esta posición, la paleontología se restringe como disciplina a la presentación de los fenómenos macroevolutivos que deben ser analizados mediante los propios mecanismos microevolutivos, esto es, selección natural, deriva génica, migración y/o mutación (Bowler, 1998). De este modo, en lo relativo a la relación entre macroevolución y la microevolución, podemos

observar que no se trataba (ni se trata actualmente) de un debate respecto de reducción teórica, sino más bien parece tratarse del problema derivado de la ausencia de formulaciones teóricas para explicar procesos evolutivos en los niveles superiores al poblacional.

Sin embargo, aún cuando en términos generales se haya acordado con que la búsqueda sea la de dar cuenta del registro fenoménico, hay algunas diferencias a destacar entre los representantes de la síntesis analizados. Tal como hemos adelantado, se observa en esta problemática un importante grado de “endurecimiento” a medida que avanza el siglo XX. En este sentido, tanto en la “segunda etapa” de Simpson, así como en Mayr y en Ayala, se presentan la posibilidad de reducir todo fenómeno evolutivo a la perspectiva microevolutiva, a la vez que una negación de la autonomía de la macroevolución. Estas dos tesis, en el fondo, son las dos caras de una misma moneda, pues pueden concebirse como una misma afirmación pero formulada desde diferentes niveles jerárquicos. Este “endurecimiento” ha logrado instalarse en una parte importante de los análisis realizados en la actualidad respecto a la relación macroevolución-microevolución presentándola como un debate ya resuelto y al que sólo algunos “nostálgicos” se aferran. Más allá de las causas que motivan dichas caracterizaciones, para los objetivos perseguidos por el presente trabajo basta haber presentado las complejidades de una posición que dista de haber sido uniforme dentro de la síntesis biológica.

Por último, cabe mencionar que en las últimas décadas este esquema explicativo “clásico” se ha visto seriamente discutido y, en ese sentido, algunos biólogos herederos de la síntesis biológica han reconocido la necesidad de “ampliar” a la síntesis biológica. Al respecto, quizás uno de los casos más interesantes y relevantes de esta “ampliación” se esté dando a partir del origen y consolidación del área de conocimiento entendida como *evolution and development* (evo-devo). Sin embargo, las características del recorrido a realizarse ciertamente distan de ser triviales. Pues el interrogante que surge es si debe buscarse (únicamente) la “ampliación” de los conjuntos fenomenológicos y/o teóricos de la síntesis biológica o si debe realizarse (también) una reestructuración de las relaciones disciplinares dadas al seno de la síntesis. El recorrido que hemos realizado en este trabajo pretende ser un (muy pequeño) aporte en esta problemática de gran importancia para la biología de las próximas décadas.

AGRADECIMENTOS

Deseo agradecer la lectura crítica de la Dra. Alicia Massarini, la Dra. Olimpia Lombardi y de un evaluador anónimo, cuyos comentarios sin dudas han enriquecido al presente trabajo. A su vez, se reconoce a la Universidad de Buenos Aires y al CONICET, organismos que han permitido la elaboración del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALA, Francisco J. Beyond Darwinism? The challenge of macroevolution to the synthetic theory of evolution. *PSA. Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, **2**: 275-291, 1982.
- BOWLER, Peter J. *Historia Fontana de las ciencias ambientales*. Trad. Roberto Elier. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1998.
- DEPEW, David J.; WERBER, Bruce H. *Darwinism evolving: systems dynamics and the genealogy of natural selection*. Massachusetts: The MIT Press, 1996.
- DOBZHANSKY, Theodosius. Geographical variation in lady-beetles. *American Naturalist* **67**: 97-126, 1933.
- . *Genetics and the Origin of Species*. Tercera edición. New York: Columbia University Press, 1951.
- . Evolution at work: the pressing problems today center on the mechanisms of evolution and the biological uniqueness of man. *Science* **127**: 1091-1098, 1958.
- . Mendelism, Darwinism, and evolutionism. *Proceedings of the American Philosophical Society* **109** (4): 205-215, 1965.
- ELDREDGE, Niles; TATTERSALL, Ian. *Los mitos de la evolución humana*. Trad. J. Almena. México: Fondo de Cultura Económica, 1986.
- FUTUYMA, Douglas J. *Evolutionary Biology*. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 1998.
- GOULD, Stephen Jay. *La estructura de la teoría de la evolución*. Trad. Ambrosio García Leal. Barcelona: Tusquets, 2004. (Metatemas, 82)
- LEWONTIN, Richard Charles. *El sueño del genoma humano y otras ilusiones*. Trad. Ramón Ibero Iglesias. Barcelona: Paidós, 2002.

- MAYR, Ernst. *Systematics and the Origin of Species*. New York: Columbia University Press, 1942.
- . Speciation and macroevolution. *Evolution* **36**: 1119-1132, 1982.
- . The modern evolutionary theory. *Journal of Mammalogy* **77**: 1-7, 1996.
- NAGEL, Ernest. *La estructura de la ciencia*. Trad. Néstor Míguez. Buenos Aires: Paidós, 1981.
- PROVINE, William B. *Sewall Wright and Evolutionary Biology*. Chicago: University of Chicago Press, 1986.
- RIDLEY, Mark. *Evolution*. New York: Wiley-Blackwell, 2003.
- SIMPSON, George Gaylord. *Tempo and mode in evolution*. New York: Columbia University Press, 1944.
- . *The major features of evolution*. New York: Columbia University Press, 1953.
- SOBER, Elliot R. The modern synthesis: its scope and limits. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* **2**: 314-321, 1982.
- STEBBINS, George Ledyard; AYALA, Francisco J. Is a new evolutionary synthesis necessary? *Science, New Series* **213**: 967-971, 1981.
- THOMPSON, Paul. Tempo and mode in evolution: punctuated equilibria and the modern synthetic. *Philosophy of Science* **50**: 432-452, 1983.
- VAN VALEN, Leigh. Are categories in different phyla comparable? *Taxon* **22**: 333-373, 1973.
- WRIGHT, Sewall. Tempo and mode in evolution: a critical review. *Ecology* **26**: 415-419, 1945.
- . The shifting balance theory and macroevolution. *Annual Review of Genetics* **16**: 1-19, 1982.

Las *masas* lamarckianas como *clases naturales*

Gustavo Caponi *

Resumen: Desde un punto de vista darwiniano, todos los grupos taxonómicos son considerados como entidades históricas que surgen en un momento de la evolución y que siempre, como cualquier otra entidad individual, pueden correr la suerte de desaparecer. Pero esos grupos también pueden ser entendidos, y de hecho fueron así entendidos por muchos naturalistas, como *clases naturales*; es decir: como tipos permanentes y a-históricos. En este trabajo, contrariando aquello que alguna vez sugirieron David Hull y Ernst Mayr, sostendré que ese también fue el caso de Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829). En su Taxonomía, las grandes *masas*, las categorías taxonómicas superiores, eran pensadas como niveles de una tipología jerárquica. Intentaré mostrar, además, que ese pensamiento tipológico también alcanza al modo en el cual Lamarck entendía las especies.

Palabras-clave: Lamarck, J.-B.; clases naturales; individuos; taxonomía

Lamarckian *masses* as *natural kinds*

Abstract: From a Darwinian point of view, all taxonomic groups are considered as being historical entities that arise in a moment of the evolution and that always, like any other individual entity, can cover the luck of disappearing. But these groups can also be understood, and in fact they were understood in that way by many naturalists, as *natural kinds*; that is to say: as permanent and no-historical types. In this work, contradicting what David Hull and Ernst Mayr once suggested, I will support that this was also the case of Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829). In his Taxonomy, the big masses, the higher taxonomical categories, were thought as levels of a hierarchical typology. Further, I will try to show that this typological thought also reaches to the way in which Lamarck understood species.

Key-words: Lamarck, J.-B.; individuals; natural kinds; taxonomy

1 INTRODUCCIÓN

Propuesta originalmente por Willi Hennig (1968, p. 109-10), preconizada firmemente por Michael Ghiselin (1974; 1997) y David Hull

* Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina. Caixa Postal 476. CEP 88.010-970. Florianópolis, SC. E-mail: caponi@cfn.ufsc.br.

(1994 [1978]; 1984), y aceptada, por autores tan influyentes como Edward Wiley (1980), Nils Eldredge (1985), Stephen Jay Gould (2002), Elliott Sober (2003), y Michael Ruse (2009) – que inicialmente la había rechazado (Ruse, 1987) –, la tesis según la cual, en el marco de la Biología Evolucionaria, las especies, pero también los taxones superiores, son considerados como entidades individuales reales, y no como *clases naturales* o artificiales, puede ser considerada como hegemónica en el campo de la Filosofía de la Biología (Ereshefsky: 2007, p. 406 y 2008, p. 102)¹. Y creo que de hecho ella captura cabalmente el modo darwiniano de entender los grupos taxonómicos. Pienso, en efecto, que más allá de algunos escarceos nominalistas que ciertamente pueden ser encontrados en *Sobre el origen de las especies* (Ghiselin, 1983; Waizbort, 2000; Stamos, 2007; Makinistian, 2009), la *Tesis Individualista* elucida correctamente la ontología, o la onto-taxonomía, efectivamente supuesta, no sólo en la obra de Darwin, sino también en toda Biología Evolucionaria actual.

Por eso, en este trabajo, me limitaré a exponer dicha *Tesis Individualista* de forma dogmática y esquemática, para así poder ocuparme en mostrar que, contrariamente a lo sugerido por Ernst Mayr (1976a, p. 243) y David Hull (1967, p. 331)², en Lamarck no podemos encontrar nada semejante a ese modo darwiniano de entender los órdenes

¹ La tesis de que los taxones biológicos son individuos es comúnmente atribuida a Michael Ghiselin y a David Hull. Sin embargo, y aunque estos autores no lo hayan apuntado, la misma está explícita y claramente formulada en los *Elementos de una Sistemática Filogenética* de Willi Hennig (1968, p. 107 y ss); y allí, incluso, este autor la remite a la *Ontología* de Nicolai Hartmann (1964). Este último, en efecto, la formula también con bastante claridad (Hartmann, 1964, 105-6); Pero, diferentemente de Hennig, Hartmann sólo se refiere al orden de la especie, sin aludir a los taxones superiores. Por eso he considerado a Hennig como el proponente original de la *Tesis Individualista*. La obra original de Hennig, data de 1950; yo cito aquí la versión de la misma que fue publicada por EUDEBA bajo la supervisión de Osvaldo Reig. La misma, conforme lo explica el propio Hennig en su *advertencia*, surge de una completa reelaboración y reescritura del texto de 1950, que fue enviada a la Argentina en 1961. Las ediciones originales de la obra de Hartmann, por su parte, fueron publicadas entre 1934 y 1950; y yo cito aquí el quinto y último volumen de la traducción de José Gaos publicada por Fondo de Cultura Económica de México.

² Una posición semejante a la sostenida por estos autores también puede encontrarse en: Martins, 2007, p. 165.

taxonómicos. Para Lamarck, más que entidades individuales producidas por una historia de la naturaleza, los órdenes taxonómicos superiores eran la pauta constante de procesos regulares y repetidos; y las especies, en cierto sentido, eran, para él, como el resultado, también repetible, de las perturbaciones sufridas por dichos procesos. O dicho brevemente: la Taxonomía de Lamarck era una *tipología* y no una *genealogía*³.

2 LA INDIVIDUALIDAD DE LOS TAXONES DARWINIANOS

Decir que en la Biología Evolucionaria las especies y los demás taxones son pensados como individuos no implica pretender que ellos sean ahí considerados como organismos o superorganismos. Los organismos, después de todo, no constituyen las únicas entidades que reconocemos como individuos (Ghiselin, 1997, pp. 37-8). También reconocemos como individuos, como entidades individuales, a una piedra, una isla o un planeta. Todas esas cosas son individuos en el mismo sentido en el que se dice que las especies y los demás taxones lo son; y, al decir eso, estamos mentando, fundamentalmente, que ellos no constituyen *clases naturales* (Ereschefsky, 2007, p. 406 y 2008, p. 102). Es conveniente, por eso, que tengamos una caracterización lo suficientemente clara de lo que hemos de entender por tales clases naturales; pero creo que para los fines de este trabajo basta con citar la propuesta por Marzia Soavi (2009).

Según esta autora, las clases naturales son:

Clases cuyos ejemplos son objetos que comparten una o más propiedades que son fundamentales desde un cierto punto de vista teórico. Verbigracia, muestras de la misma clase química comparten la misma composición molecular o tienen el mismo número atómico. (Soavi, 2009, p. 185)

³ El concepto de *pensamiento tipológico* que aquí estoy presuponiendo no está inmediatamente relacionado con la oposición entre *pensamiento tipológico* y *pensamiento poblacional* propuesta por Mayr (1976b). Estoy pensando, más bien, en una distinción sólo relevante para la discusión relativa al estatuto de los taxones: o ellos son pensados como *clases* o *tipos naturales* o ellos son pensados como individuos; es decir: como entidades históricas.

Por eso, “las clases naturales son caracterizadas como clases que sustentan poderosamente inducciones, es decir, permiten descubrir propiedades que son proyectables sobre sus ejemplos”; y es también por eso que ellas son habitualmente “contrapuestas a las clases cuyos ejemplos no comparten ninguna propiedad teóricamente relevante”. Estas últimas “son a veces llamadas clases artificiales o, alternativamente, clases nominales” (Soavi, 2009, p. 185). Así, si del punto de vista de la Biología, la clase de los animales domésticos de la América precolombina constituye un ejemplo claro de clase artificial, aquéllas designadas por términos como ‘estratovolcán’ o ‘soluble en agua’ constituyen buenos ejemplos de clases naturales.

Estos últimos términos, los que designan *clases naturales*, se predicán de cualquier objeto que supongamos poseedor de ciertas propiedades y disposiciones: ‘estratovolcán’ se predicará de cualquier volcán que se suponga que tiene una determinada estructura; y ‘soluble en agua’ se predicará de cualquier sustancia que supongamos capaz de disolverse en dicho líquido. Los nombres de clases naturales son, en este sentido, nombres generales; y eso puede servirnos para entender la distinción entre clases e individuos. Éstos son designados, o pueden ser designados, con nombres propios como ‘Vesubio’, ‘Islas Malvinas’ o ‘Neptuno’ (Zink, 1963); y cuando se dice que los taxones son individuos se está indicando que designaciones de especie como *leo*, o de género como *Panthera*, funcionan como nombres propios y no como designaciones de clases, sean ellas naturales o artificiales.

Pero, la diferencia entre individuos y *clases naturales* va más allá de una cuestión meramente semántica; y, entre otras cosas, ella también tiene que ver con la distinción entre lo que puede padecer procesos y lo que, aun regulando esos procesos, no participa de ellos. Lo primero es propio de los individuos y lo segundo es propio de las *clases naturales*; y, por eso, afirmar que los taxones son individuos, es también subrayar que ellos son entidades reales que padecen procesos reales (Wiley, 1980, p. 78; Ghiselin, 1997, p. 302). Ellos surgen en un determinado momento, evolucionan –anagenética o cladogenéticamente –, y eventualmente se extinguen: como ocurrió con tantas especies, o como ocurrió con taxones mayores como el de los Trilobites. Las piedras individuales ruedan y se rompen; los volcanes individuales se forman y entran en erupción; y todas las especies, como los demás taxones, surgen en algún momento determinado, evolucionan y siempre pueden extinguirse.

Pero, si bien todas esas entidades individuales que padecen procesos, y los propios procesos que ellas padecen, deben ser considerados como ejemplos de *clases naturales* – verbigracia: cada volcán individual como ejemplo de la clase *volcán* y cada extinción individual como ejemplo de la clase *extinción*; esas mismas *clases naturales*, de la que los individuos y procesos concretos son ejemplos, siempre se hurtan, siempre quedan ajenas, a esas contingencias. A ellas no les ocurre nada y ellas no son nada que ocurra. Lo que ocurre son los diferentes procesos individuales; y ellos, los procesos, les ocurren a las diferentes entidades individuales que pueblan el universo. No es por acaso que Platón erigió las clases naturales en arquetipos que, estando ajenos al mundo fenoménico de los procesos y entes individuales, daban algún orden y alguna inteligibilidad, siempre parcial, a lo que ahí ocurría. Las *clases naturales*, podemos decir nosotros, están incrustadas en la red inmutable de leyes que presiden los cambios sin nunca verse afectadas por esos cambios.

Así, y retomando parcialmente la distinción propuesta por Georges Gaylord Simpson (1970, p. 40) entre *propiedades inmanentes* y *propiedades configuracionales* del universo, se puede decir que, mientras la solubilidad en el agua, el vulcanismo y la extinguidad de las especies, pertenecen al dominio de lo inmanente, los procesos particulares de disolución de sustancias en el agua, las erupciones volcánicas y las extinciones de las especies, pertenecen al dominio de lo configuracional. Y también pertenecen al plano de lo configuracional las entidades individuales que padecen, o pueden padecer, esos procesos. Ahí se cuentan, entonces, los volcanes individuales, los diferentes cuerpos compuestos por sustancias solubles y todos los taxones surgidos a lo largo de la historia de la vida.

Lo inmanente, subrayaba también Simpson (1970, p. 40), es lo *no-histórico*, lo constante, lo uniforme: lo que no cambia pero preside los cambios; y, por ello cabe afirmar que lo inmanente no sufre procesos pero los regula: como el *logos* que es la medida del apagarse y el encenderse del fuego heracliteo. Lo configuracional, mientras tanto, es lo histórico, lo contingente; y está constituido por las entidades individuales que cambian, que *arden*, que padecen procesos como disoluciones, erupciones y extinciones. Dichas entidades individuales son configuraciones temporales que brotan y se disuelven en el devenir del universo; y creo que lo que más claramente pone en evidencia la

individualidad de los taxones darwinianos es ese carácter configuracional que comparten con todo aquello que consideramos individual.

Pero es también el reconocimiento de ese vínculo indisoluble entre lo individual y la temporalidad que es propia de lo *configuracional*, lo que puede llevarnos a pensar que Lamarck también había propuesto una Taxonomía en la que los grupos taxonómicos eran entendidos como individuos. Si en su sistema las formas vivas son hijas del tiempo, entonces, se dirá, los órdenes taxonómicos también lo son; y con la misma razón, poca o mucha, con la que se sostiene que en la Taxonomía darwiniana los taxones son entendidos como entidades individuales, debería también sostenerse que lo mismo ocurre con la distribución de los seres vivos propuesta en las *Recherches sur la organisation des corps vivants* o en la *Philosophie zoologique*. A seguir veremos, sin embargo, que las cosas no son así: para Lamarck los órdenes taxonómicos estaban incrustados en la esfera de eso que Simpson llamaba lo *immanente*: ellos no eran configuraciones temporarias del universo.

3 LA TIPOLOGÍA JERÁRQUICA DE LAMARCK

La verdadera batalla de Lamarck, recordémoslo, fue siempre la defensa, tal vez tardía, de la clasificación serial, tanto en el plano de la botánica como en el de la zoología (Daudin, 1926, pp. 202-4 y 1927, v. 2, pp. 111-8; Martins, 2007, pp. 134-6). Lamarck (1994 [1809], p. 136; 1815, p. 128) propugnaba, en efecto, una idea jerárquica o serial de la distribución taxonómica de los seres vivos. Para él era evidente que:

La totalidad de los animales que existen, constituye una *serie de masas*, forman una verdadera cadena; y que de un extremo a otro de esa cadena reina una degradación paulatina en la organización de los animales que la componen y una disminución proporcional en el número de las facultades de esos animales: de manera que, si en uno de los extremos de esta cadena se encuentran los animales a todas vistas más perfectos, en el extremo opuesto vemos necesariamente los animales más simples y los más imperfectos que puedan encontrarse en la naturaleza. (Lamarck, 1802, p. 18)

Pero, además de pensar a la Taxonomía como una jerarquía, Lamarck también sostenía que esa distribución expresaba, en sus gran-

des líneas, lo que cabía caracterizar como un orden natural (Lamarck, 1994 [1809], p. 137; 1991a [1818], p. 72). Esa jerarquía de formas, lejos de ser un artificio metodológico, describía una secuencia real y necesaria que iba de las formas más simples y imperfectas, a las más complejas y acabadas (Lamarck, 1802, p. 15; 1994 [1809], p. 139; 1815, p. 133). Esa secuencia, que Lamarck llamaba la marcha de la naturaleza, no era entendida, sin embargo, como un fenómeno único.

Ella era un fenómeno recurrente y constante. “Todos los días”, decía Lamarck (1994 [1809], p. 107), la naturaleza forma “los cuerpos organizados más simples” (Corsi, 2001, p. 167; Martins, 2007, p. 107); y a partir de cada una de esos brotes insignificantes de vida ella recommienza, metódicamente, el progresivo incremento de la complejidad que, con el sucederse de las generaciones, va subiendo los peldaños predeterminados de la series zoológica y botánica (Lamarck, 1815, p. 134). Y es como peldaños predeterminados, o niveles preestablecidos, de complejidad organizacional, que debemos interpretar a las grandes categorías, las grandes *masas* (Lamarck, 1815, p. 128), de la Taxonomía lamarckiana (Burkhardt, 1995, p. 159 y ss; Martins, 2007, p. 137 y ss). En ella, las categorías Pólipos, Radiados, Gusanos, Insectos, Arácnidos, Crustáceos, Anélidos, Moluscos, Peces, Reptiles, Aves y Mamíferos (Lamarck, 1802, pp. 34-7) no designaban grupos particulares, producciones singulares de la naturaleza, como lo harían para un naturalista darwiniano. Para Lamarck esos órdenes eran niveles sucesivos de complejidad por los que, necesariamente, habría de pasar la descendencia de cada brote de vida.

Las *masas lamarckianas*, lo vemos ahí claramente, no son configuraciones particulares e irrepetibles que las formas vivas han tomado: ellas son las formas que necesariamente la vida debe adoptar en su repetida marcha de lo simple a lo complejo. Por eso se puede decir que esas *masas* son *clases naturales* ejemplificadas por los organismos individuales realmente existentes. Lejos de ser una forma precursora de las filogenias darwinianas (Ghiselín, 1997, p. 11), he ahí el error de Hull (1967, p. 332), la Taxonomía lamarckiana es, en realidad, una escala de tipos organizacionales que, al mismo tiempo, señala los pasos necesarios que siempre deberá seguir la recurrente marcha de la naturaleza. Lamarckianamente hablando, la adscripción de una especie particular a una de esas categorías, antes de implicar una hipótesis sobre la historia de esa especie, implica, primaria y básicamente, una

caracterización de su nivel y tipo de organización. En este último punto Lamarck no está muy lejos de Cuvier (1817, v. 1, p. 57 y ss); y seguramente está más cerca de él que de Darwin (1859, p. 411 y ss)⁴.

Esa caracterización organizacional, claro, podrá permitir algo semejante a una hipótesis filogenética: todo mamífero, podría decir Lamarck, debe tener necesariamente un ancestro reptil. Pero no es esa filiación la que justifica su adscripción a la clase de los mamíferos, sino su forma y nivel organizacional. Los mamíferos de hoy son el resultado de secuencias independientes y paralelas de incremento progresivo de la complejidad que se iniciaron en diferentes lugares y transcurrieron por diferentes circunstancias: las *masas* lamarckianas no son, ni nunca quisieron ser, *grupos monofiléticos*.

Pero eso, pensando lamarckianamente, no le quita significado real a la distinción de esas masas; porque la clasificación, pensada como una tipología jerárquica, no refleja una historia y sí una escala de complejidad creciente en el modo de organización. Y aquí quiero recordar a Marzia Soavi, a quien cité más arriba diciendo que “las clases naturales son caracterizadas como clases que sustentan poderosamente inducciones”, porque eso es central para entender lo que aquí estoy diciendo sobre el estatuto de *clases naturales* que tendrían las masas lamarckianas. Ellas merecen a ser así consideradas en tanto y en cuanto, al adscribir un organismo o una especie a una de ellas no se está simplemente proponiendo un nombre o una forma de identificación; sino que se está dando, o pretendiendo dar, una información efectiva y verdadera sobre su modo, y nivel, de organización.

Es cierto, por otra parte, que Lamarck siempre reconoció cierta arbitrariedad en las distinciones que podían establecerse dentro de esa escala de complejidad creciente que es la serie animal (Lamarck, 1994 [1809], p. 79). Pero, también es cierto que, desde su punto de vista, si se dice que un animal es un mamífero, se está queriendo decir algo efectivo y real sobre cómo él es. Y si se decidiese, quizá con cierta arbitrariedad, que sería más conveniente clasificar ese mismo animal cómo un *ave de alta complejidad* eso estaría significando que la organización de ese ser, aunque posea rasgos que preanuncian al mamífero, globalmente se aproxima más a la de un cóndor que a la de un equidna.

⁴ Comparé la Taxonomía cuvieriana con la darwiniana en: Caponi, 2008, p. 36 y ss.

4 LA ESPECIE EN LAMARCK

Se podría discutir, sin embargo, lo que ocurre en el nivel de las especies. Como se recordará, Lamarck reconocía que, una vez que una especie es adscripta a una masa como la de los reptiles o mamíferos, era imposible, o muy difícil, clasificarla jerárquicamente al interior de su grupo (Lamarck, 1815, p. 128). Así, suponiéndose en posesión de argumentos y razones para considerar a los mamíferos como siendo superiores a las aves, Lamarck reconocía que no tenía criterios para comparar dos especies particulares de aves, como podrían serlo el carancho y el urubú, decidiendo cuál de ellas debería ocupar un lugar superior en la escala zoológica (Caponi, 2006, p. 13); y la razón de ello estribaba en que la comparación entre esas dos aves se tendría que basar, no en el tipo organizacional de ambas especies, que era el mismo, y sí en órganos particulares considerados aisladamente (Lamarck, 1802, p. 39).

Es que, según Lamarck (1802, p. 39; 1815, p. 133), los distintos órganos no seguían una escala tan regular, de inferior a superior, en sus conformaciones particulares, como la que sí seguían los tipos organizacionales que permitían distribuir los grandes órdenes taxonómicos; y esa irregularidad se tornaba más pronunciada conforme considerábamos órganos de menor importancia fisiológica (Jordanova, 1990, p. 109 y ss). Estos últimos, decía Lamarck (1802, pp. 39-40), “no están siempre en relación los unos con los otros en su perfección o degradación”. Así:

Si se siguen todas las especies de una clase, se verá que tal órgano, en tal especie, goza de su más alto grado de perfección; mientras que tal otro órgano, que en esa misma especie está marcadamente empobrecido y es claramente imperfecto, se encuentra muy perfeccionado en tal otra especie. (Lamarck, 1802, p. 40)

Pero, “estas variaciones irregulares en el perfeccionamiento y en la degradación de los órganos no esenciales” (Lamarck, 1802, p. 40) tenían una explicación en el *sistema* de Lamarck.

Esos órganos, argüía Lamarck (1802, p. 40), “están más sujetos que otros a las influencias de las circunstancias exteriores”; y sus variaciones están estrechamente relacionadas con la diversidad de circunstancias en las que los seres vivos desarrollan sus existencias. Son

esas circunstancias, por lo tanto, las que hacen que la materia viva produzca variaciones divergentes y singulares en los perfiles de los organismos (Lamarck, 1815, p. 134); y es esa permanente transformación y retransformación de las formas la que habría generado esa diversidad de especies que aparecen como ramificaciones que se separan de las masas y que no nos dejan clasificarlas “en una serie única, simple y lineal, bajo la forma de una escala regularmente graduada”(Lamarck, 1802, p. 40). Por eso, en la medida en que, para Lamarck, los nombres de especies no designan diferentes grados de complejidad dentro los diferentes niveles jerárquicos constituidos por las grandes *masas* taxonómicas, sino formas particulares que la organización puede tomar en función de las circunstancias, se podría llegar a pensar que, en su *sistema*, las especies particulares son más producciones singulares, contingentes o circunstanciales de la naturaleza, que *clases naturales*.

Usando las palabras de Simpson, ellas – aparentemente – estarían más del lado de lo *configuracional* que del lado de lo *inmanente*, que es el lado del cual de hecho caen las grandes *masas* taxonómicas. Creo, sin embargo, que el modo correcto de pensar es otro. A mi entender, en la gramática lamarckiana, una palabra como “león” no designa simplemente una forma singular o contingente, o una simple configuración irrepetible. A mi entender, la palabra “león” designa la forma particular que habrá de tomar un linaje de mamíferos si pasa por una determinada serie de circunstancias. Esas circunstancias, claro, pueden ser de repetición improbable. Pero si ellas por ventura se repitiesen, producirían nuevos leones con la misma infalibilidad con la cual, una vez pasadas las generaciones suficientes, el poder de la vida produce reptiles después de producir peces; y lo que se repite ya no es un individuo. En el mundo de Lamarck, “león” designa un fenómeno tan repetible, si se dan las condiciones adecuadas, como lo es el *arco iris*.

No creo, para decirlo de otro modo, que Lamarck hubiese exigido que para denominar *Felis leo* al león de la India fuese necesario determinar que esa subespecie conformaba, junto con la subespecie africana, lo que hoy llamaríamos un *grupo monofilético*. Conjeturo que, para Lamarck, el análisis morfológico hubiese bastado, no sólo para decir que el león de la India era un mamífero, sino también para decir que él era lo suficientemente semejante al león africano como para tam-

bién denominarlo *Felis leo* (Lamarck: 1802, p. 100 y 1991b [1818], p. 78; Martins, 2007, p. 168). Y me parece, además, que su explicación de esa semejanza no hubiese estado en la filiación común, de hecho dudosa por la separación geográfica entre ambas subespecies, y sí en la similitud de las condiciones de vida. En cambio, y vale resaltar esa diferencia, si hoy se descubriese que el león de la India, ahora denominado *Panthera leo persica*, evolucionó independientemente del león africano desde el ancestro común de *Panthera leo* y *Panthera pardus*, la lógica filogenética que ahora rige la Taxonomía nos llevaría a no considerarlo como *Panthera leo*, no obstante su parecido con el león africano y no obstante el hecho de que, como también ocurre con el propio leopardo, él pueda cruzarse con los leones africanos.

Creo, por otro lado, que ahí está la clave de todo lo que aquí hemos discutido. Lo que nos lleva a pensar los taxones como individuos no es la simple adopción de una perspectiva evolucionista: lo que nos impulsa a ello es el modo filogenético de entender la Taxonomía. Donde ese modo genealógico de pensar está ausente sólo quedan dos alternativas: pensar a los taxones como *clases artificiales* o pensarlos como *clases naturales*; y éste último, como vimos, fue el caso de Lamarck. Claramente en el caso de las grandes *masas*; y de un modo indirecto en lo que atañe a las especies. Éstas, después de todo, no dejaban de ser formas que los seres vivos debían tomar si se daban las condiciones apropiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURKHARDT, Richard. *The spirit of system: Lamarck and evolutionary biology*. Cambridge: Harvard University Press, 1995.
- CAPONI, Gustavo. Retorno a Limoges: la adaptación en Lamarck. *Asclepio* **58** (1): 7-42. 2006.
- . *Georges Cuvier: un fisiólogo de museo*. México: UNAM/LIMUSA, 2008.
- CORSI, Pietro. *Lamarck*. Paris: CNRS, 2001.
- CUVIER, Georges. *Le règne animal*. Paris: Deterville, 1817. 2 vols.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species*. London: Murray, 1859.
- DAUDIN, Henri. *De Linné a Lamarck: méthodes de la classification et l'idée de série en botanique et en zoologie*. Paris: Alcan, 1926.
- . *Cuvier et Lamarck: les classes zoologique et l'idée de série animale*. Paris: Alcan. 1927. 2 vols.

- ELDREDGE, Nils. *Unfinished synthesis*. Oxford: Oxford University Press, 1985.
- ERESHEFSKY, Marc. Species, taxonomy, and systematics. Pp. 403-428, *in*: MAUTHEN, Moham & STEPHENS, Christopher (eds.). *Philosophy of Biology*. Amsterdam: Elsevier, 2007.
- . Systematics and taxonomy. Pp. 99-118, *in*: SARKAR, Sahotra & PLUTYNSKI, Anya (eds.). *A companion to the philosophy of biology*. Oxford: Blackwell, 2008.
- GHISELIN, Michael. A radical solution to the species problem. *Systematic Zoology* **23**: 536-544, 1974.
- . *El triunfo de Darwin*. Trad. Eulalia Sedeño. Madrid: Cátedra, 1983.
- . *Metaphysics and the origin of species*. Albany: SUNY Press, 1997.
- GOULD, Stephen. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge: Harvard University Press, 2002.
- HARTMANN, Nicolai. *Ontología*. Vol. 5 (Filosofía de la naturaleza & El pensar teleológico). Trad. José Gaos. México: Fondo de Cultura Económica, 1964. 5 Vols.
- HENNIG, Willi. *Elementos de una sistemática filogenética*. Trad. Horstpeter Ulbrich (revisión técnica de Osvaldo Roig). Buenos Aires: EUDEBA, 1968.
- HULL, David. The metaphysics of evolution. *The British Journal for the History of Science* **3** (12): 309-337, 1967.
- . A matter of individuality [1978]. Pp.193-217, *in*: SOBER, Elliott (ed.). *Conceptual issues in Evolutionary Biology*. Cambridge: MIT Press, 1994.
- . Historical entities and historical narratives. Pp. 17-42, *in*: HOOKWAY, Christopher (ed.). *Minds, machines and evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- JORDANOVA, Phyllis. *Lamarck*. Trad. Federico Patán. México: Fondo de Cultura Económica, 1990.
- LAMARCK, Jean-Baptiste. *Recherches sur l'organisation des corps vivants*. Paris: Maillard, 1802.
- . *Philosophie Zoologique* [1809]. Paris: Flammarion, 1994.
- . *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*. Vol I. Paris: Verdière, 1815. 7 Vols.
- . Distribution des corps naturels [1818]. Pp. 71-77, *in*: LAMARCK, Jean. *Articles d'Histoire Naturelle*. Paris: Belin, 1991(a).

- _____. Espèce [1818]. Pp.78-88, *in*: LAMARCK, Jean-Baptiste. *Articles d'Histoire Naturelle*. Paris: Belin, 1991(b).
- MAKINISTIAN, Alberto. El concepto de especie en Darwin. Pp. 123-140, *in*: BARBOZA, Carolina; AVILA, David; PICCOLLI, Carolina; CORNAGLIA FERNÁNDEZ, Jimena (eds.). *150 años después: la vigencia de la teoría de la evolucionista de Darwin*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 2009.
- MARTINS, Lilian. *A teoria da progressão dos animais, de Lamarck*. Campinas: Booklink, 2007.
- MAYR, Ernst. Lamarck revisited. Pp. 222-250, *in*: MAYR, Ernst. *Evolution and the diversity of life*. Cambridge: Harvard University Press, 1976a.
- MAYR, Ernst. Typological versus Population Thinking. Pp. 26-29, *in*: MAYR, Ernst. *Evolution and the diversity of life*. Cambridge: Harvard University Press, 1976b.
- RUSE, Michael. Biological species: natural kinds, individuals, or what? *The British Journal of the Philosophy of Science* **38**: 225-242, 1987.
- _____. *Charles Darwin*. Trad. Elena Marengo. Buenos Aires: Katz, 2009.
- SIMPSON, Georges Gaylord. La ciencia histórica. Pp. 39-70, *in*: ALBRITTON, Claude (ed.). *Filosofía de la Geología*. Trad. José López Rubio. México: Compañía Editorial Continental, 1970.
- SOAVI, Marzia. Realism and artifact kinds. Pp. 185-202, *in*: KROHS, Ulrich & KROES, Peter (eds.). *Functions in biological and artificial worlds*. Cambridge: MIT Press, 2009.
- SOBER, Elliott. Metaphysical and epistemological issues in modern Darwinian Theory. Pp. 267-288, *in*: HODGE, Jonathan & RADICK, Gregory (eds.). *The Cambridge companion to Darwin*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- STAMOS, David. *Darwin and the nature of species*. Albany: SUNY Press, 2007.
- WAIZBORT, Ricardo. Cento e quarenta anos sem Charles Darwin bastam: sobre variedades espécies e definições. *Principia* **14** (1): 141-184, 2000.
- WILEY, Edward. Is the evolutionary species fiction? *Systematic Zoology* **29**: 76-80, 1980.
- ZINK, Sidney. The meaning of proper names. *Mind* [New Series] **72** (288): 481-499, 1963.

Darwin communicates with the Christian world: his transatlantic strategy

James Moore *

Abstract: Born into a Christian world without an audience for naturalistic theories of evolution and human origins, Charles Darwin came of age sharing many of his world's beliefs about nature, God and history. After the *Beagle* voyage he faced the challenge of gaining an audience for his private theorizing about life's evolution from "one common ancestor". From the start of his evolution-research he aimed to promote "my theory", not necessarily as the negation of religious doctrines, but as a religious-scientific advance. One such doctrine, to which he adhered deeply, was a belief in the common-ancestry or brotherhood of the human races as the moral basis for abolishing black chattel slavery. With abolition complete in the British Empire in 1838, all eyes turned to the United States, where slavery flourished alongside a new slavery-sanctioning, race-pluralist creationism. Darwin's transatlantic strategy from the 1850s was to cultivate elite anti-slavery Yankee naturalists whose sponsorship of his common-descent theory would serve to undermine this pluralist creationism more effectively than discredited scriptural arguments for human racial unity. His theory could thus appeal as a moral-scientific advance to abolitionist Christian America. But the strategy never realized its potential, leaving new forms of creationism to spring up in the twentieth century.

Key-words: Darwin, Charles; Darwinism; evolution; creationism; common descent; slavery abolitionism; U.S. Civil War; Agassiz, Louis; Dana, James Dwight; Gray, Asa; Garrison, William Lloyd

Darwin comunica-se com o mundo cristão: sua estratégia transatlântica

Resumo: Nascido em um mundo cristão, sem audiência para teorias naturalistas de evolução e sobre as origens do homem, Charles Darwin cresceu compartilhando muitas de suas crenças sobre natureza, Deus e história. Após a viagem no *Beagle* ele se deparou com o desafio de obter uma audiência para sua própria teoria sobre a evolução da vida a partir de "um ancestral comum". Desde o início de sua pesquisa sobre evolução ele teve por objetivo promover "minha teoria", não necessariamente como uma negação das doutrinas religiosas, mas como um avanço científico-religioso. Tal

* Department of History, Open University, Milton Keynes MK7 6AA, United Kingdom. E-mail: j.r.moore@open.ac.uk

doutrina, à qual ele aderiu profundamente, consistia na crença da ancestralidade comum ou parentesco das raças humanas como a base moral para a abolição da escravidão dos negros. Com a abolição da escravatura no Império Britânico em 1838, todos os olhos voltaram-se aos Estados Unidos, onde a escravidão florescia junto a um novo criacionismo, que a sancionava e era racista-pluralista. A estratégia transatlântica de Darwin, a partir dos anos 1850, foi a de cultivar os naturalistas da elite *Yankee* anti-escravagista cujo patrocínio à sua teoria da ancestralidade comum serviria mais efetivamente para minar o criacionismo pluralista do que os desacreditados argumentos bíblicos em prol da unidade racial humana. Sua teoria poderia então parecer como um avanço científico-moral para a América Cristã abolicionista. Mas sua estratégia não atingiu todo seu potencial, deixando novas formas de criacionismo surgirem no século XX.

Palavras-chave: Darwin, Charles; Darwinism; evolution; creationism; common descent; slavery abolitionism; U.S. Civil War; Agassiz, Louis; Dana, James Dwight; Gray, Asa; Garrison, William Lloyd

1 INTRODUCTION

Communication transforms local knowledge into universal knowledge by the reciprocal sending and receiving of messages. Knowledge-communication is a multi-pathway process – not broadcasting, but dialogue. The dialogue goes on both distantly, between senders and recipients, and locally among senders and among recipients as they seek to fix the knowledge-content of messages. At the same time, the knowledge-content is shaped by the medium through which the messages are sent. Every medium imposes its own constraints on the form and content of messages, paper being the obvious example. As a medium of knowledge-communication, paper ordinarily requires senders to be able to write and recipients to be able to read. Fixing the knowledge-content of messages is thus privileged to those with the access, means and skills to create and interpret inscriptions (Moore, 1989).

Paper was Charles Darwin's usual medium of knowledge-communication. The history of the communication of Darwin's theories is therefore primarily the history of the writing, illustrating, printing, advertising, distributing, selling, reading, reviewing, translating and redacting of Darwin's private research through the medium of letters, tracts, books, journals, magazines and newspapers. (No Edison foil-cylinder recording of Darwin's voice has been found.) Once we understand the political economy and sociology of the print-medium in Darwin's day – from the price of paper and the structure

of press ownership to the rise of mass literacy – we will understand the material and historical preconditions for the dissemination of a universal knowledge that has come to be known as “Darwinism” (Moore, 1986, 1991, 2001).

But no universal agreement has ever existed on what Darwinism *is*. Indeed, senders and recipients of messages about the knowledge-content Darwin’s texts are notoriously unable to agree on what those texts mean (or even sometimes on what their own messages mean). This discord originated with Darwin himself: he backtracked, hedged, glossed, and temporized in numerous passages, notably in the five revised editions of the *Origin of Species*. During his lifetime, critics exploited the changes and inconsistencies (some still do), much to Darwin’s chagrin. Privately, he would admit to “wriggling” or “truckling” to get his message across (e.g. *CCD*, vol. 9, p. 331; vol. 14, p. 60), but in print he always sought to appear as he believed himself to be: cautious, honest, open, sincere and above all faithful to “the facts”. In the introductory pages of the *Origin of Species*, for instance, Darwin presents himself as the model of an upright English man of science, and with characteristic modesty he hopes that he “may be excused” for doing so. In these six pages, on the brink of revealing to the world the lonely burden he has borne for twenty years, Darwin is at his most disarming: he appeals directly to his readers in the first-person, using “I”, “me” and “my” 63 times (Darwin, 1859, pp. 1-6). Darwin knew that his theories would be transformative if communicated strategically to a hostile world.

2 THE MORAL SUPERIORITY OF “MY THEORY”

No man of science was ever more conscious of his audience. Or, in Darwin’s case, it was as much the *absence* of an audience that he was aware of. Evolutionary biology as known today was non-existent in the 1830s; there was no field of evolutionary anthropology, no natural science of human origins. In Britain, only reckless or “bad” persons – atheists, revolutionaries, republicans, fools – endorsed the notion of species “transmutation”, with its corollary that humans were nothing but advanced apes. The gentlemen whom Darwin most respected, the Christian naturalists and natural philosophers on whose patronage his fledgling career depended, anathematized all

such speculation (Desmond, 1989, pp. 398-414). Thus even as the ambitious young Darwin “let conjecture run wild” in his private transmutation notebooks (*Notebooks*, B 232), hell-bent on solving what his mentors politely termed “the mystery of mysteries” (Darwin, 1859, p. 1), how living species originate, he was devising self-protective and promotional strategies against the day his theorizing would appear in print.

“Mention persecution of early Astronomers”, he reminded himself, bold believers such as Galileo whose theories the Church had come to embrace; play up the “opposition of divines to progress of knowledge”, he jotted again (*Notebooks*, C 123, N 19e). Explain how “my theory” is “very distinct” (*Ibid.*, B 214) from the French naturalist Lamarck’s *transformisme*, and “avoid stating how far, I believe, in Materialism” (*Ibid.*, M 57), as the revolutionary French do. Don’t disparage the Bible – that would show “bad taste” (*Ibid.*, D 37) and detract from the virtues of “my theory”, which to Darwin were very real. For “what a magnificent view one can take of the world” if evolution be true, a “far grander” view than that of a tinkering God creating by miraculous interference, a view of the earth “peopled with myriads of distinct forms” in accordance with Divinely appointed laws (*Ibid.*, D 36-37). “My theory would give zest” to all sorts of subjects, from fossils to “metaphysics”, he crowed; it would promote the study of “causes of change in order to know what we have come from & to what we tend” (*Ibid.*, B 228); it would even make our so-called “innate knowledge of [the] creator [...] a necessary integrant part of his most magnificent laws [...] which we profane in thinking not capable to produce every effect, of every kind which surrounds us” (*Ibid.*, M 136).

In short, young Darwin saw “my theory” as a scientific-religious advance, and he aimed to communicate it as such. This was not just a ploy to win a hearing for “my theory”, for he *believed* in what he was doing, believed in the moral magnificence of his covert notebook project. “Man in his arrogance thinks himself a great work, worthy the interposition of a deity”, Darwin scrawled solemnly in spring 1838; “more humble & I believe true to consider him created from animals” (*Notebooks*, C 196-97). From the start, ethics, epistemology and theology were as one in Darwin’s theorizing.

But this was no innovation. The “unity of truth” was foundational to the scientific consciousness of young Darwin’s generation. Christian naturalists believed that God did not contradict Himself, God did not lie. The universe was a lawful cosmos, ruled by a beneficent Creator. Nature, history, human nature and human destiny together made up a preceptive moral order by Divine arrangement. Any defects or flaws in the system would eventually be put right, and all would turn out to be for the best in this world and in the next. Knowing the truth about God’s created order – *scientific* as well as religious truth – would set humanity free (Cannon, 1978, pp. 1-23).

Darwin had been brought up as a “rational Dissenter” – a Unitarian Christian outside the established state Church of England. But having been baptized into the Church as an infant, he was entitled – after failing at medicine – to train for the Anglican priesthood at Cambridge University. In this ancient seminary, unity-of-truth was in the air young Darwin breathed, and he absorbed its assumptions effortlessly, unconsciously. After the *Beagle* voyage, while filling his transmutation notebooks, he continued to adhere to these assumptions, more or less. He believed in a Creator-God. He believed in the reality and universality of natural laws. He believed in real history – time’s linear directionality – and in the reality of historical progress towards a better world according to laws ordained by God. Humanity seemed to be advancing rapidly on many fronts, with Britain and her Empire in the lead, but the most striking evidence of qualitative advance in young Darwin’s age was a singular moral triumph, the culmination of a half-century of struggle: the final abolition of black chattel slavery in the British Empire on 1 August 1838 (Davis, 1980; Moore, 2010). That summer, as Darwin’s notes plunged ever deeper into what he termed “metaphysics on morals” (*Notebooks*, M cover), as he edged towards a formulation of what he would eventually call “natural selection”, he and the rest of bourgeois England were riding the crest of moral tsunami. All expected it to sweep westward and annihilate the slavery still flourishing in England’s former colonies, the United States of America.

Anti-slavery, too, had been in the air Darwin breathed at Cambridge – in fact, it had been instilled in him since childhood. His commitment to the brotherhood of the races, the unity of the human species and the “sin” of holding persons as property was a further set

of assumptions he had brought to his theorizing (Desmond and Moore, 2009, pp. 1-110). But as he jotted down strategies for communicating “my theory”, Darwin was plagued by memories of the *reality* he had learnt to detest. On the east coast of South America, he had witnessed slavery in the flesh – raw horse-whipped flesh. He remembered too well the “heart-sickening atrocities” committed against black Africans and Christian men making light of or even condoning these atrocities, men who, Darwin raged:

Profess to love their neighbours as themselves, who believe in God, and pray that his Will be done earth! It makes one’s blood boil, yet heart tremble, to think that we Englishmen and our American descendants, with their boastful cry of liberty, have been and are so guilty. (Darwin, 1845, pp. 499-500)

His righteous wrath had first ignited on the *Beagle*, where his chief intellectual reference-points were the captain, Robert FitzRoy, and the English geologist Charles Lyell, whose *Principles of Geology* Darwin studied during the voyage. Neither Lyell nor FitzRoy was a fervent opponent of slavery, but as Christian gentlemen they did share and reinforce at least one of Darwin’s inherited assumptions: that the human races had diversified within a single species during their descent from a single ancestral source. That this source was the biblical Adam and Eve could be fairly disputed. FitzRoy thought so, Lyell didn’t; and at this stage Darwin may have sided with Lyell (Desmond and Moore, 2009, pp. 87-97). The point however was a moral one: the world of racial diversity that Darwin discovered during the voyage was manifest within one human family, one species. All the races he encountered were brothers and sisters; their differences had not been specially created by God, with some races destined for slavery. The different races, the *varieties*, of humankind had appeared *naturally* over time, perhaps a very long time.

As the voyage ended, Darwin was wondering about the parentage of other species and whether their varieties too had come into existence naturally. He was becoming preoccupied with the origin and nature of *all* racial differences and the practicalities of tackling this problem. And his thoughts were turning to transmutation as the solution. The immensity, indeed the enormity of that shift in his thinking is calibrated by the life-changing decision that Darwin made while still

in South American waters and three years before his mythical finches eureka-moment in the Galapagos archipelago. After months of witnessing slavery in the raw, he underwent the most disturbing encounter of the voyage – indeed, of his entire life. Days before Christmas 1832, at Good Success Bay on the easternmost coast of Tierra del Fuego in southern Patagonia, Darwin first set eyes on “wild” men, “savages” he called them, an “untamed” race of fellow-humans (Keynes, 1988, pp. 122-25, 444; *CCD*, vol. 1, p. 302). “The reflection at once rushed into my mind – such were our ancestors”, he remembered, whereupon immediately, on the spot, the 23 year-old tyro became a new man, a convert with a mission, his life’s work stretching out before him. Face to painted face with this proof of human plasticity and racial variability, Darwin vowed for the first time (as he later wrote) that “I could not employ my life better than in adding a little to natural science” (Darwin, 1871, vol. 2, p. 404; Barlow, 1958, p. 126)¹.

¹ Thirty years later, Darwin admitted that man’s animal ancestry was less “awful & difficult” for him to contemplate “partly from familiarity & partly, I think, from having seen a good many Barbarians. I declare the thought, when I first saw in T. del Fuego a naked painted, shivering hideous savage, that my ancestors must have been somewhat similar beings, was at that time as revolting to me, nay more revolting than my present belief that an incomparably more remote ancestor was a hairy beast” (*CCD*, vol. 10, p. 71). He had been shaken to the core, yet afterwards his first letters home emphasized the “extreme interest [...] created by the first sight of savages” (*Ibid.*, vol. 1, p. 303), “an interest, which cannot well be imagined, until [sic] it is experienced” (*Ibid.*, vol. 1, p. 306), “an interest which almost repays one for a cruise in these latitudes; & this I assure you is saying a good deal”. In little over a year, the voyage had given him a “zeal [...] for every branch of Natural History” (*Ibid.*, vol. 1, p. 305), and “this my favourite pursuit [...] will remain so for the rest of my life”. Thus in the immediate aftermath of his first encounter with ‘wild men’ (*Notebooks*, B 33), Darwin signalled a new sense of vocation and a new commitment to his family, who had doubted whether he would ever lead a “steady life” (*CCD*, vol. 1, p. 133) after the voyage: “I trust and believe that the time spent in this voyage, if thrown away for all other respects, will produce its full worth in Nat: History: And it appears to me, the doing what little one can to encrease [sic] the general stock of knowledge is as respectable an object of life, as one can in any likelihood pursue” (*Ibid.*, vol. 1, p. 312). Seeing “the world before us”, Darwin went on to exclaim, “How may magnificent & characteristic views, how many & curious tribes of men we shall see – what fine opportunities for geology & for studying the infinite host of living beings”. Among those beings, now as never before, was “man”. On the tribes Darwin met in Tierra del Fuego, Chapman, 2006, is authoritative.

3 THE ANTI-AGASSIZ *ANNUS MIRABILIS*

The United States of America was anything but united in the 1840s as Darwin wrote the early drafts of “my theory”, which he now called, very privately, “natural selection”. From his Yankee correspondents and *The Times* newspaper he kept abreast of the gathering North-South crisis and the dire predictions that slavery would tear the new nation apart. In fact, Christian abolitionists were demanding as much, and quietly Darwin sided with the most radical of them, the evangelical preacher and pacifist William Lloyd Garrison, notorious as “the Liberator”, who at a public rally in 1854 burned the U.S. Constitution for its tolerance of slavery. Not that Darwin’s moral compass deflected from pursuing “the truth” as he saw it. If, for instance, the evidence was reliable and different species of lice did live on different races of humans, he would have to face the possibility that the host races themselves were unrelated species, for as he admonished one earnest correspondent, “I myself do not think our supposed knowledge of having come from one stock ought to enter into any scientific reasoning” (*CCD*, vol. 3, p. 38). It was an open question in science whether the human races had originated separately by divine creation or by some undiscovered natural process. Darwin knew that. But he had already made up his mind.

The “supposed knowledge of having come from one stock” had entered into his reasoning, if not from childhood or fully at Cambridge, then certainly from the time his faith in the consanguinity of the human races became a burning conviction in South America. But it was no longer the discredited, “supposed knowledge” of Adam and Eve that he now embraced. Christian abolitionists took their stand on the Bible and the literal truth of the story of Adam and Eve as the first parents of all the races, but this sacred ground was crumbling. Geology, ethnology and historical criticism were discrediting the Bible, undermining abolitionist proofs of the “brotherhood of man”. Darwin knew that. He knew that a different and better foundation was needed, a more secure, scientific knowledge of human nature to replace the “supposed” biblical one in which God made “man” by miracles. As he had jotted in an early notebook, it was “more humble & I believe true to consider him” – “man” in all his races – “created from animals”. The ethical, epistemological and theological superior-

ity of “my theory” would thus be to the fore as Darwin moved at first slowly, then decisively towards publication. Belief in his theory’s transformative power would underwrite his strategy to win a hearing in a Christian world outraged by the enslavement of black Africans.

From about 1850, Darwin began devouring the latest literature on human racial origins. The central question in English-speaking ethnology at mid-century was not whether humans had evolved from animals but whether the human races had diverged from one common stock. Traditional Christians, including abolitionists, answered Yes; a rising band of free-thinking “anthropologists” declared emphatically No – the races had descended from as many separate stocks.

The unity-versus-plurality debate escalated during the 1850s as divisive laws, terrorist attacks and racial atrocities pushed the United States towards civil war. From the outset, the argument turned on domesticated animals (Desmond and Moore, 2009, pp. 199-227). Had specialized races of dogs or pigs been selectively bred from a common stock, as the traditional unitarists held? Or were the fancy and farmyard races so many separate *species*, as distinct now as at their creation? So the pluralists insisted, citing evidence from ancient monuments that the races had remained constant and from breeders that the crossed offspring of these races were defective, showing the races to be species. The political stakes were high, though of course no one saw their *own* science as politically tainted: if animal races turned out to be separate *species* and their offspring defective hybrids, the same must be true of humans. White and black were not of one blood, but a superior and an inferior species of genus *Homo* that interbred at the nation’s peril, spawning a population of defective mulemen, or “mulattoes”. It was a conclusion, Darwin noted, “much [...] to the comfort of the slave-holding Southerners” (*CCD*, vol. 4, p. 353).

With those political words, in a private letter, he damned America’s foremost naturalist, a charming young Harvard University professor named Louis Agassiz. Bankrolled by the captains of the New England slave-cotton textile industry, Agassiz was promoting the new pluralist anthropology as a non-sectarian creation-science, perfectly suited to a nation whose Constitution forbade religious establishments. What Agassiz’s science revealed was nothing less than God’s eternal “Plan” to populate the earth and place spiritual man at the

apex of the Creation. That Plan – Agassiz’s plan – had unfolded through the geological ages as wave after wave of increasingly advanced species came into existence miraculously across their entire ranges until at last, in a crowning act, the eight basic human types were separately created, each in its appointed zone, Africa for Negroes, Europe for Caucasians and so on (Lurie, 1960).

Agassiz’s authority was immense and his popularity soared throughout the 1850s. In England, Darwin wasn’t impressed, but he worried. From where he stood, after eight years of barnacle dissecting, it was far from obvious that Agassiz’s creationism would *not* prevail across the Atlantic, that the human races would *not* be found to be unrelated species and that American slavery would *not* survive. Least obvious to Darwin, perhaps, was that his moral alternative to Agassiz’s ideas, “my theory”, would *not*, as he feared, explode “like an empty puff-ball” mushroom (CCD, vol. 5, p. 187). In fact, none of the outcomes celebrated today even looked *likely* from where Darwin stood in 1854. All he could do was hope, put his shoulder to history’s wheel and push. And so, looking over his old notes, he decided it was too soon to resume writing for publication. Instead, he would tackle Agassiz’s creative Plan on a global scale – examine life “in its greatest features”, he announced that November: “I have been trying from land productions to take a very general view of the world” (CCD, vol. 5, p. 233).

The year 1855 was Darwin’s anti-slavery *annus mirabilis*, with three major research projects under way (Desmond and Moore, 2009, pp. 245-66). First, he abolished Agassiz’s worldwide creation-centres and the miraculous multiple-appearance of species by showing the simplicity of “single creations”. “I believe in single creations”, he jotted to himself, meaning that every species had appeared *naturally* only once, in one place, and then migrated (Stauffer, 1975, p. 583). His prize experimental evidence proved that even immobile plants could populate the earth by their seeds, without Divine intervention. Second, Darwin established that, having arrived in a place, a species might be flexible enough to adapt to the new environment, with none of Agassiz’s Divine pre-purposing. Here domesticated animals held the key, as Darwin knew from the unity-plurality debate, and he demonstrated that wild species had been stretched and shaped by breeders to make today’s fancy and farmyard races, and that these

same races, when crossed, produced healthy and even improved offspring. The same was true for the human races: the mulatto was not a defective hybrid, but a handsome mongrel.

Finally, Darwin amassed evidence to show how the human races had diverged from a single stock; replacing Agassiz's eight separate creations with a natural mechanism. The fact that humans were the only species to domesticate other species pointed to a profound truth: the longer a species had been domesticated, the more likely its breeds would be to exhibit differences as pronounced as the racial differences between the human groups who had bred from that species. As the animal differences had emerged, so had the human differences; the breeders and the bred formed races in tandem. Darwin's originality lay in seeing that the mechanism in both cases was the same: mate selection. Pigeons, domesticated for ages, illustrated this perfectly, and he acquired fancy varieties from every corner of the earth, co-extensive with the human groups who had kept them. Matching, mating and measuring the birds, he showed that the eleven principal races were the inter-fertile descendants of the common Rock Dove. Selective mating over countless generations had created a family tree of fancy pigeons just as "sexual selection" – competitive mate choice – had created a family tree of "fancy" people, the races. No miracle was needed (Desmond and Moore, 2009, pp. 251-258, 261-262, 279-282, 289-290).

4 THE MISSION OF ASA GRAY

The sun of creationism, far from setting in the west, was rising fast in the luminous figure of Agassiz. Peering across the Atlantic, Darwin saw abolitionists such as Garrison rising too, but there was no accompanying common-descent science to challenge the racial pluralists. Quite simply, Christian America, North and South, believed in the Bible, not evolution. How then to win an audience from thousands of miles away and coax them to understand and even accept what he, Charles Darwin, had been researching in almost total secrecy for the past two decades? How to communicate "my theory" in a great nation torn by slavery and hurtling towards war?

Neutralize Agassiz – that was the key. With his research projects continuing, Darwin began sorting his notes and drafting paragraphs.

In May 1856, after his old mentor Lyell urged him to publish before someone else did (he already had Alfred Russel Wallace in mind), Darwin took the plunge and began writing the early chapters on stock-breeding and pigeons for a huge treatise called “Natural Selection”. As he finished the chapters, his anti-Agassiz strategy fell into place. He would target the demagogue from the inside, scotch Harvard with Yale. In September, Darwin tipped his hand to the Yale University geologist James Dwight Dana, who had editorial control of the nation’s most influential scientific periodical, the *American Journal of Science*. Dana was a kindred spirit, a globe-trotting barnacle expert of evangelical anti-slavery conviction. Oddly, he was an Agassiz disciple, but Darwin gambled that a long confessional letter would turn him, and he sketched how his “19 years” of work on “the variation & origin of species” had undermined Agassiz’s Plan of creation. At the end of the letter, he left Dana in no doubt about the politics to which his “heterodox” views on species were joined. He wanted Dana to know, he wrote, “how fervently we wish you in the North to be free” – free from the incubus of slavery, free from the wretched South (CCD, vol. 6, pp. 235-237). This was Garrison’s purist message, “No Union with Slaveholders”, on Darwin’s own lips. He would see the United States broken apart.

Dana didn’t take the moral bait, and his Adamic theology remained unequally yoked with Agassiz’s pluralism as he suffered a prolonged breakdown. “Poor fellow, he believes in [the] 1st Ch[apte]r of Genesis”, Darwin groaned, and he looked elsewhere for a champion (CCD, vol. 6, p. 516). His ideal agent turned up in Agassiz’s own back yard, Harvard’s professor of botany Asa Gray, second-editor at the *American Journal of Science* (Agassiz being the third). Gray too was a common-descent anti-slavery evangelical, so sure of truth’s unity that he refused to measure his science by his religious beliefs, much less mingle them together. He referred to Darwin’s belief in “single creations” and racial common descent as “the orthodox faith”, not just because the Bible said so, but because to him “the facts” did; and thus Gray dismissed “Agassiz’[s] heresies” as both scientifically and religiously wrong².

² Asa Gray to Joseph Dalton Hooker, 21 February 1854, Asa Gray Letters, Royal

Gray's facts about plant distribution were already swelling Darwin's enormous manuscript, helping him make the case against Agassiz's separate creations. Clearly, Gray was a Yankee after Darwin's heart, and "with the warmest feeling of respect", in September 1857 he posted Gray a summary of the theory of natural selection, asking him "not to mention my doctrine" lest someone steal his thunder (CCD, vol. 6, p. 445-46). Gray was the third colleague to be told Darwin's secret, or rather part of it. For months Darwin had intended to treat the "Races of Man" together with those of other domesticated animals in his manuscript (Stauffer, 1975, p. 213; Desmond and Moore, 2009, p. 290). Now the subject was dropped. Darwin's theory of racial divergence, sexual selection, was incomplete and Gray read nothing about it either. But then Darwin had no need to persuade him of the "orthodox faith" about the human races, though he probably worried about alarming a traditionalist by revealing how far he pushed evolution.

With Gray at Harvard poised to neutralize Agassiz, Darwin pressed on with his "Natural Selection" book only to be forestalled by Wallace in 1858 – the story is too familiar to repeat here. The huge manuscript was cut, crushed and rushed into print within eighteen months as *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. At last Darwin's self-protective and promotional strategies came into play. The *Origin* opens with a quotation from the highest moral authority he could think of, his old Cambridge professor, the Revd William Whewell, and ends on his old notebook theme of "grandeur in this view of life". Natural selection is personified as if it were the Creator and its "far higher workmanship" contrasted with that of human breeders. The word "creation" and its cognates are used over one hundred times in the text, the word "evolution" and its cognates only once (Darwin, 1859, pp. [ii], 84, 490). The *Origin* was really about "man", Darwin knew that, and he expected the world would also. But lest there be some doubt, he coat-tailed judiciously, putting "races" in

Botanic Gardens, Kew, which Darwin read approvingly (CCD, vol. 5, p. 186) (Gray [1876], 1959, pp. 216-232).

the subtitle, hinting “light will be thrown on the origin of man and his history” and suggesting “some little light can apparently be thrown” by sexual selection on “the differences between the races of man” (Darwin, 1859, pp. 199, 488). Even more striking was a passage about ant communities that exhibit “so extraordinary and odious an instinct as that of making slaves” (Darwin, 1859, p. 220). “Odious” was a clue to the *Origin*’s moral pedigree, if only the Christian world would read it that way.

For his part, Gray played John the Baptist to Darwin’s Messiah. In a slave-owning America convulsed by race and kinship questions and plunging towards open war – indeed, at a Harvard that cherished Agassiz’s creationism and condoned his race-pluralism – Gray’s mission was to bring Darwin’s meaning to the fore, to clarify his “orthodox view” of common descent, which, Gray insisted publicly, “makes the negro and the Hottentot our blood-relations”. “You see I am determined to *baptize*” the *Origin*, he told Darwin; otherwise “it will be *dammed*, I fear” (Gray, 1963, p. 76; *CCD*, vol. 10, p. 140).

The baptism was performed with an outpouring of articles as Gray agented the book and saw it published in early 1860. His thunderous anti-Agassiz review in the *American Journal of Science* (Gray being senior editor in Dana’s absence) had so pleased Darwin that he wanted the American *Origin* to be a “joint publication”, with Gray’s review at the head – *On the Origin of Species* by Darwin and Gray (*CCD*, vol. 8, pp. 54, 61-62, 75). When this fell through, Darwin seized on Gray’s three-part series in the nation’s literary flagship, the anti-slavery *Atlantic Monthly*, which Darwin thought by “*far* the best Theistic essays” he had ever read (*CCD*, vol. 8, p. 388). He paid for the series to be reprinted as a pamphlet with a telling title, *Natural Selection Not Inconsistent with Natural Theology*, and had over one hundred copies distributed to select naturalists, theologians, reviewers and libraries. The 1861 edition of the *Origin of Species* even carried Darwin’s puff for the pamphlet, giving its price and address for purchase (Peckham, 1959, p. 57; *CCD*, vol. 9, pp. 393-404).

But with the United States now at war, Gray’s voice was scarcely heard above the din of battle. And although he and Darwin were on the same side, they found they differed radically about natural selection. Gray’s God selected organisms by Design and shaped their history through His providence, including the destiny of the northern

United States. Selection to Darwin was the contingent outcome of “laws ordained by God to govern the Universe”, not the work of a Designer who favours some beings over others, including those in the northern United States (Stauffer, 1975, p. 224). Darwin could no more see God’s hand in the Civil War than in the *Origin’s* “war” of nature. He and Gray willed the same moral outcome – the end of slavery – but for Darwin the means were all too bloodily human. Yet, for all that, natural selection-versus-Design wasn’t the root problem, as he explained to Gray; it was Agassiz’s creationism-versus-evolutionary common ancestry: “[C]hange of species by descent [...] seems to me the turning point. Personally, of course, I care much about Natural Selection; but that seems to me utterly unimportant compared to question of *Creation or Modification*” (CCD, vol. 11, p. 403). So it had been since his early notebook days.

5 BEYOND EMANCIPATION

A triumphant North in 1865 counted the cost of saving the Union: a murdered president, 600,000 dead – more than the nation’s combined losses in all of its other wars from the Revolution to Afghanistan – and 4 million bewildered freed black slaves. Agassiz carried on at Harvard, his popularity waning, and he died in 1873; his students became expressly *non*-Darwinian evolutionists. Evolution stayed in the universities, where Darwin first planted it in the 1850s; it set seed but never took root in the minds and hearts of ordinary Americans, thus leaving new forms of creationism to spring up in the twentieth century. Darwin’s communication strategy failed to realize its potential. With the end of black chattel slavery in the United States and the decline of pluralist anthropology, the moral moment was lost.

But old abolitionists never forgot Darwin. Throughout the 1870s, they trekked across the Atlantic to visit him at home: urban pastors, Harvard rejects, lapsed Unitarians and freethinkers (Darwin’s eldest son married into one of their families), a Southern planter-turned-slave rescuer and even the wounded Union veteran who had led the first official black regiment made up of former slaves.

A note from Garrison’s son arrived in 1879. On his father’s deathbed he had read to him Darwin’s words about the “heart-sickening atrocities” he had encountered in South America and how

“it makes one’s blood boil, yet heart tremble, to think that we Englishmen and our American descendants, with their boastful cry of liberty, have been and are so guilty”. The aged Liberator was astonished. Those words, his son told Darwin, had “shed a new and welcome light on your character as a philanthropist”. For “in combating the enemies of freedom in this country”, the elder Garrison “had emancipated himself from that theology the destruction of which is perhaps your highest title to the honors of your own time and the blessings of posterity”³.

Religious emancipation, scientific anti-slavery, had always cohered in Darwin’s core project – it was “more humble & I believe true to consider” humans “created from animals”. Garrison was “a man to be forever revered”, Darwin replied warmly to the son. “It will ever be a deep gratification to me to know that your Father, whom I honor from the bottom of my soul, should have heard and approved of the few words which I wrote many years ago on Slavery”⁴.

ACKNOWLEDGEMENTS

This essay is based on a paper prepared for the International Conference on Darwin in Communication, held at Beijing University, 26-28 August 2010. It is indebted to “Darwin and the Problem of Slavery”, my opening plenary address at the 2010 annual conference of the Brazilian Association for Philosophy and History of Biology, University of São Paulo, 11-13 August 2010, and to my lecture “Darwin’s Sacred Cause”, given at the conference, Darwin in Bahia, held at the Museum of Science and Technology, State University of Bahia, Salvador, Bahia, Brazil, 6-8 October 2009. For invitations and subventions to attend these conferences, and particularly to my genial hosts, Professors Yang Haiyan, Maria Elice Brzezinski Prestes, Lilian Al-Chueyr Pereira Martins and Charbel Niño El-Hani, I remain deeply grateful.

³ Wendell Phillips Garrison to Darwin, 4 October 1879, Darwin Manuscripts, Cambridge University Library (DAR), 165.

⁴ Darwin to Wendell Phillips Garrison, 16 October 1879, in the Garrison family (copy in DAR); Garrison and Garrison, 1899, p. 189n. For full transcriptions and commentary, see Moore, 2010.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- BARLOW, Nora (ed.). *The autobiography of Charles Darwin, 1809-1882, with original omissions restored*. London: Collins, 1958.
- CANNON, Susan Faye. *Science in culture: The early Victorian period*. New York: Science History Publications, 1978.
- CHAPMAN, Anne. *Darwin in Tierra del Fuego*. Buenos Aires: Imago Mundi, 2006.
- CCD. BURKHARDT, Frederick; SMITH, Sydney (eds.). *The correspondence of Charles Darwin*. 18 vols to date. Cambridge: Cambridge University Press, 1985- .
- DARWIN, Charles. *Journal of researches into the natural history and geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world*. 2nd ed. London: John Murray, 1845.
- . *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray, 1859.
- . *The descent of man, and selection in relation to sex*. 2 vols. London: John Murray, 1871.
- DAVIS, David Brion. Slavery and “progress”. Pp. 351-66, in BOLT, Christine; DRESCHER, Seymour (eds.). *Anti-slavery, religion, and reform: Essays in memory of Roger Anstey*. Hamden, CT: Archon, 1980.
- DESMOND, Adrian. *The politics of evolution: morphology, medicine, and reform in radical London*. Chicago: University of Chicago Press, 1989.
- DESMOND, Adrian; MOORE, James. *Darwin's sacred cause: race, slavery and the quest for human origins*. London: Allen Lane, 2009.
- DUPREE, A. Hunter. *Asa Gray, 1810-1888*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1959.
- GARRISON, Wendell Phillips; GARRISON, Francis Jackson. *William Lloyd Garrison, 1805-1879: The Story of His Life*. Vol. 4, 1861-1879. New York: Century, 1889.
- GRAY, Asa. *Darwiniana: essays and reviews pertaining to Darwinism*. [1876]. Ed. A. Hunter Dupree. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1963.
- KEYNES, Richard Darwin (ed.). *Charles Darwin's Beagle diary*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- LURIE, Edward. *Louis Agassiz: a life in science*. Chicago: University of Chicago Press, 1960.
- MOORE, James. Socializing Darwinism: historiography and the for-

- tunes of a phrase. Pp. 38-80, in: LEVIDOW, Les (ed.). *Science as politics*. London: Free Association Books, 1986. (Radical science series, 20)
- . Communications. Pp. 200-249, in: CHANT, Colin (ed.). *Science, technology and everyday life, 1870-1950*. London: Routledge, 1989.
- . Deconstructing Darwinism: the politics of evolution in the 1860s. *Journal of the History of Biology* **24**: 353-408, 1991.
- . Darwinism Gone to Seed [review of NUMBERS, Ronald L.; STENHOUSE, John (eds.), *Disseminating Darwinism: the role of place, race, religion, and gender*]. *Books and Culture*, March-April: 36-38, 2001.
- . Darwin's progress and the problem of slavery. *Progress in human geography* **34**: in press, 2010.
- NOTEBOOKS. BARRETT, Paul H. et al. (eds.). *Charles Darwin's Notebooks, 1836-1844: geology, transmutation of species, metaphysical enquiries*. Cambridge: British Museum (Natural History) with Cambridge University Press, 1987.
- PECKHAM, Morse (ed.). *The origin of species by Charles Darwin: a variorum text*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1959.
- STAUFFER, R. C. (ed.). *Charles Darwin's "Natural Selection": being the second part of his big species book written from 1856 to 1858*. Cambridge: Cambridge University Press, 1975.

The dissemination of the chromosome theory of Mendelian heredity by Morgan and his collaborators around 1915: a case study on the distortion of science by scientists

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins*

Abstract: In the transposition of scientific concepts, teachers usually provide their students with a knowledge that does not correspond to the complex science that is produced by scientists. This difference between the results of research and the science that is taught also may be found when scientists disseminate their own ideas. In such a process they may oversimplify the scientific results and present a “clean” and attractive account that will help them to gain adepts, at the cost of hiding the intricacy of the scientific process. This paper presents a historical case study of the dissemination by Thomas Morgan, Alfred Sturtevant, Herman Muller and Calvin Bridges of their ideas concerning the Mendelian chromosome theory in the *The Mechanism of Mendelian Heredity* (1915). It analyses the process of simplification in this case, discussing some educational parallels, pointing out the resulting distortion of the scientific image and suggesting means of circumventing those problems.

Key-words: history of genetics; chromosome theory; Morgan, Thomas Hunt; transposition

A difusão da teoria cromossômica da herança mendeliana por Morgan e seus colaboradores em torno de 1915: um estudo de caso de distorção da ciência por cientistas

Resumo: Na transposição de conceitos científicos, os professores costumam apresentar a seus estudantes um conhecimento que não corresponde à ciência complexa produzida pelos cientistas. Esta diferença entre os resultados da pesquisa e a ciência que é ensinada pode também ser encontrada quando os cientistas divulgam suas próprias idéias. Nesse processo, eles podem simplificar exageradamente os resultados científicos e apresentar uma versão “limpa” e atraente que os ajudará a obter adeptos,

* Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brazil; Grupo de História e Teoria da Ciência, Universidade Estadual de Campinas, Brazil. Caixa Postal 6059, CEP 13083-970, Campinas, SP. E-mail: lilian.pereira.martins@gmail.com

pagando o custo de ocultar as dificuldades do processo científico. Este trabalho apresenta um estudo de caso histórico da disseminação por Thomas Morgan, Alfred Sturtevant, Herman Muller e Calvin Bridges de suas idéias sobre a teoria cromossômica mendeliana no livro *The Mechanism of Mendelian Heredity* (1915). O artigo analisa o processo de simplificação ocorrido neste caso, discutindo alguns paralelos educacionais, apontando a distorção resultante da imagem de ciência e sugerindo meios de contornar tais problemas.

Palavras-chave: história da genética; teoria cromossômica; Morgan, Thomas Hunt; transposição

1 INTRODUCTION

In the transposition of scientific subjects teachers usually provide their students with knowledge that does not correspond to the complexity of the science that is produced by scientists. Facts and theories are oversimplified, the limitations and problems found by scientists are hidden, the existence of alternatives or competing ideas is not mentioned, etc.¹ This difference between the results of research and the science that is taught may also be found when scientists disseminate their own ideas. In such a process they may oversimplify the scientific results and present a “clean” and attractive account that will help them to gain adepts, at the cost of hiding the intricacy of the scientific process and distorting the actual status of the ideas they uphold².

This paper presents a historical case study of the dissemination by Thomas Morgan (1866 – 1945), Alfred Sturtevant (1891 – 1970), Herman Muller (1890 – 1967) and Calvin Bridges (1889 – 1838) of their ideas concerning the Mendelian chromosome theory, in the book *The Mechanism of Mendelian Heredity* (1915).

¹ The process of *didactic transposition* as described by Yves Chevallard (1985) is related to the necessary changes that are received by the body of knowledge and its use, enabling it to be learned at school. The *didactic transposition* involves a distinction between (1) the original knowledge; (2) the knowledge that should be taught (that is part of the *curriculum*); (3) the knowledge that is taught by teachers in the classroom; and (4) the knowledge that is actually learned by students. This approach also contains a basic theoretical model for the researcher (Chevallard, 1985; Bosch, Chevallard & Gascon, 2005, p. 4).

² A similar result occurs when the science educator presents a history of science that romanticises scientists, inflates the drama of their discoveries, and oversimplifies the process of science (*pseudo-history*). Both processes contribute to the creation of false ideas about *how science works* (Allchin, 2004, p. 179; Allchin, 2003).

The book had a strong influence and is usually regarded as a landmark of “Mendelism” and the chromosome theory (Sturtevant, 1965, p. 49; Allen, 1972, p. vi). Several scholars, including not only some of Morgan’s coeval scientists such as Robert H. Lock (Muller, 1943, p. 154; Martins, 1997, p. 8:29) but also some historians of science such as Ernst Mayr (Mayr 1982, p. 771), agree that the Mendelian chromosome theory was made consistent by the genetic data presented in *The Mechanism*, in 1915. According to Stephen Brush, “Morgan’s theory began to reach a wider audience of biologists through books and reviews articles published soon after the 4-man work of 1915” (Brush, 2002, p. 510). However, in a critical review of the *Mechanism* published in *Nature*, William Bateson criticised several points of the theory. Mayr found it difficult to understand why some of Morgan’s colleagues could not accept chromosome theory at that time:

It is therefore somewhat puzzling why Bateson, Johannsen, and others continued in their opposition, and why, instead of ignoring them, Morgan’s two closest associates, Sturtevant and Bridges, felt the need to substantiate the validity of chromosome theory by ever new experiments. (Mayr, 1982, p. 771)

It seems that Mayr did not perceive any problem in the work published by Morgan and his collaborators. However, the book was not a flawless presentation of current knowledge since several crucial problems still existed at that time and were concealed by the authors.

This paper aims to discuss whether *The Mechanism* did really present a solid ground for Mendelian chromosome theory or not. Besides that, it will discuss to what extent Morgan and his close associates used convincing strategies (rhetoric and pictorial representation) when the situation was not clear and there was a lack of evidence. It analyses several shortcomings of *The Mechanism* and discusses the relevance of the fabrication of science in teaching.

2 “THE MECHANISM OF MENDELIAN HEREDITY”

It is well known that Morgan was a strong opponent of both the chromosome hypothesis and the Mendelian theory, until 1910-11,

when he became converted to both of them³. From this time onwards he and his group (Alfred Henry Sturtevant, Herman Joseph Muller and Calvin Blackman Bridges) intensely dedicated themselves to the study of mutations and heredity patterns in *Drosophila*. They discovered several sex-linked characters, and other linked factors that were not related to sex. They explained the association between factors as due to their location in the same chromosome. Very soon they found some cases in which the association was not complete – a phenomenon which had been previously described by William Bateson and Reginald C. Punnett in *Primula*⁴.

The partial (incomplete) linkage of factors in *Drosophila* was interpreted by Morgan, Sturtevant, Muller and Bridges as a result of the exchange of parts between homologous chromosomes. This interpretation was based on the cytological study made by Franz Alphonse Janssens using the salamander *Batrachoseps attenuatus* (Janssens, 1909). Morgan, Sturtevant, Muller and Bridges tried to explain the numerical results of the recombination process by analysing the mechanism through which homologous chromosomes exchanged parts (*crossing-over*), and they attempted to determine the distance between the factors found in the same chromosome through the frequency of crossing-over. They built the so-called “chromosome-maps”, assuming that the factors were linearly arranged along the chromosomes. This idea, regarded as a vital step in the establishment of chromosome

³ This issue will not be discussed in this paper. There are several works that deal direct or indirectly with Morgan’s change of mind concerning both Mendelian and chromosome theories. Some of these works admit that this turn happened around 1910-11 (Allen 1974; Allen 1983; Allen 1985; Moore 1983; Gilbert 1978; Blanc 1985; Vicedo 1990). Other authors claim that Morgan was converted in 1910-11, but not completely (Roll-Hansen 1978). There are still other works that claim that Morgan was gradually converted between 1910 and 1915 (Carlson, 1974).

⁴ Bateson, Punnett and Edith Saunders around 1906, when making crossing experiments with sweet-peas, realised that some characters were inherited together, in disagreement with Mendel’s principle of independent segregation (Bateson, Saunders & Punnett 1906). At the outset they only *described* the phenomenon, without trying to explain it, and they called it *coupling*. In 1911 they tried to explain it through a special cell division process (reduplication hypothesis). This hypothesis was independent of the chromosome hypothesis. The same phenomenon was later called *linkage* by Morgan and his associates (Martins, 1997, p. 5:1).

theory, was not, however, accepted by the whole scientific community at that time.

The discovery of non-disjunction of the sexual chromosomes in *Drosophila* by Bridges (Bridges, 1913a; Bridges, 1913b) allowed the establishment of a new parallel between cytological phenomena and experimental crossings. Soon after that, Morgan and his collaborators felt the need of presenting their views in a systematic way, in book form.

Despite the title of their book, *The Mechanism of Mendelian Heredity*, the authors' purpose was not simply to present the Mendelian theory of heredity and afterwards discussing the chromosome hypothesis. The book began by the introduction of chromosome hypothesis, followed by the introduction and discussion of Mendel's theory based on experimental crossings in *Drosophila*, and this strategy transmuted the specific phenomena studied by Morgan's group into the central basis of Genetics. Mendel's work, and the Mendelian research that had been developed by William Bateson and other authors in the early 20th century, are either dismissed or presented as secondary evidence. At some points the authors not only attacked several aspects of Bateson's work – the presence-absence hypothesis and the reduplication hypothesis – but also severely criticised the terminology employed by the early Mendelians.

The book did not present (nor intended to present) new results. Its purpose was to acquaint biologists in general (those who were not experts in heredity) with the new genetics (Morgan *et al.*, 1915, Preface, pp. vii-viii). The book was dedicated to Edmund Beecher Wilson, who was a cytologist⁵.

Since Sturtevant's pioneer work (Sturtevant, 1913), linkage data about several factors of *Drosophila* had been accumulated and factors had been classified under four groups. Each group was interpreted as belonging to one of four chromosomes. From this set of data the

⁵ Although they worked in the same department at the University of Columbia and despite being friends, Wilson and Morgan strongly disagreed concerning the Mendelian theory and the chromosome hypothesis until 1910-1911, when Morgan changed his mind. From that time onwards the mutual criticisms disappeared. The dedication at the front page of *The Mechanism*, "To Edmund Beecher Wilson", was a token of this conciliation.

authors constructed the chromosome maps of *Drosophila*, showing the relative position of 36 factors, as presented on the frontispiece of the book.

In the preface the authors tried to convince the readers that the chromosome theory was not the sole contribution of the book and that even if it would be rejected in the future, the results presented by them in the book would still be valid:

[...] We have, of course, put our own interpretation on the facts, and while this may not be agreed to on all sides, yet we believe that in what is essential we have not departed from the point of view that is held by many of our co-workers at the present time. Exception may perhaps be taken to the emphasis we have laid on the chromosomes as the material basis of inheritance. Whether we are right here, the future – probably a very near future – will decide. But it should not pass unnoticed that even if the chromosome theory be denied, there is no result within the following pages that may not be treated independently of chromosomes; for, we have made no assumption concerning heredity that cannot also be made abstractly without the chromosomes as bearers of the postulated hereditary factors. Why then, we are often asked, do you drag in the chromosomes? Our answer is that since the chromosomes furnish exactly the kind of mechanism that Mendelian laws call for; and since there is an ever-increasing body of information that points clearly to the chromosomes as the bearers of the Mendelian factors, it would be folly to close one's eyes to so patent a relation. (Morgan *et al.*, 1915, pp. viii-ix)

However, as Garland Allen pointed out, although the authors *in principle* admitted that the Mendelian laws could be accepted independently of the chromosome theory, this was not the view they actually adopted in their work, but only a mere strategy (Allen, 1981, pp. 524-525).

At the beginning of chapter 1, where the authors described Mendelian segregation, they commented:

Mendel did not know of any mechanism by which such a process could take place. In fact, in 1865 very little was known about the ripening of the germ cells. But **in 1900**, when Mendel's long-forgotten discovery was brought to light once more, **a mechanism had been discovered that fulfils exactly the Mendelian requirements of pairing and separation.** (Morgan *et al.*, 1915, p. 1; our emphasis)

In this quotation the authors tried to convey the impression that since 1900 the chromosome hypothesis furnished an adequate explanation for the Mendelian theory. However, that was not a historical fact because at that time (1900-1903) little was known about cell division or concerning the nature and behaviour of the chromosomes. This early situation led several scholars, including Morgan himself, to reject the chromosome hypothesis (Rostand, 1933, pp. 75-76; Martins, 1997, p. 3:1; Martins, 1998, pp. 104-106). Besides that, there were several cytological and embryological studies that were inconclusive, concerning the explanation of heredity as related to the chromosomes or cell nucleus. Moreover, although some hereditary phenomena could be explained by Mendel's principles, others were in conflict with them or even had no relationship with them (Martins, 1997, p. 3:1). Therefore, the impression that Morgan and his group tried to convey was false.

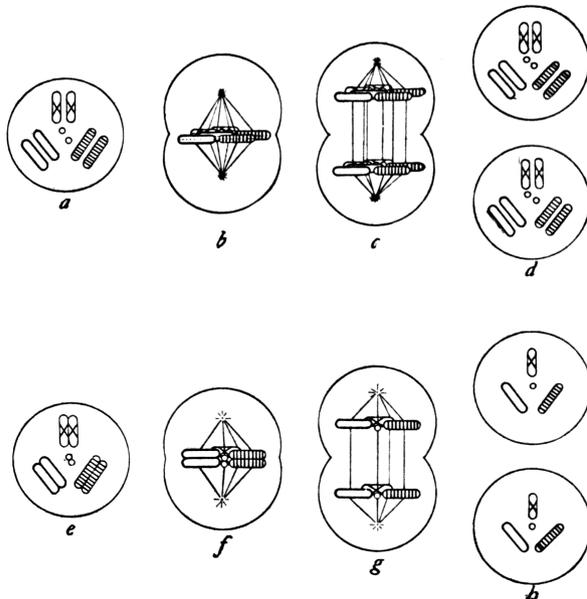


Fig. 1. The representation of chromosomes in the diagrams published by Morgan and collaborators (Morgan *et al.*, 1915, p. 3) conveyed the wrong idea that they could be observed in all stages of the cell division and that they always had the same form.

The authors continued by discussing the gametogenesis process in a didactic fashion, using theoretical diagrams that showed the presumed behaviour of chromosomes. The chromosomes that are shown in their diagram (Morgan *et al.*, 1915, p. 3) presented the same form in all stages of cell division (Fig. 1). In addition, the text expressed no doubts regarding both the individuality and constancy of chromosomes during cell division (Morgan, *et al.*, 1915, pp. 2-5). The readers who were not familiar with the cytological studies around 1900 could be led to believe that everything was clear and that the diagrams presented exactly what was really seen in cytological observation⁶. However, those diagrams were not in agreement with the cytological studies of that time, because the cytological data were not sufficiently clear. The chromosomes could be seen only during cell division. The number of chromosomes that could be seen during what is now called ‘mitosis’ seemed to be twice the number of chromosomes found during some steps of what we call today ‘meiosis’. During mitosis it seemed that each chromosome was longitudinally split into halves, but the process was not well known. Besides that, it was not clear at that period whether chromosomes always maintained their identity or not, since it seemed to several cytologists that between cellular divisions they all combined to build a continuous thread (*spireme*) or a network (Martins, 1999, p. 262).

Besides trying to convey the impression that since 1900 the chromosome hypothesis furnished the adequate explanation for the Mendelian theory, the authors presented their own version of the recent history of genetics. They stated that: “Sutton was the first to present the idea [chromosome hypothesis] **in the form in which we recognize it today**” (Morgan *et al.*, 1915, p. 4, our emphasis). That was not a true historic version (see for instance Martins, 1999). Sutton’s

⁶ In didactic books, pictorial representation is a highly important factor that may lead to a non-critical acceptance of theories. Not only in elementary but also at higher levels, many students believe that the drawings of atomic and molecular orbitals are real (presumably photographed with an electronic microscope) and not an artistic representation of a theory. A similar effect occurs in the case of the drawings shown in Genetics textbooks.

chromosome hypothesis as put forward in 1902-3 was widely different from the chromosome theory that was defended in 1915. In the first place, there was no coherent chromosome hypothesis in 1902-3. In those early years there was no cytological basis for Mendel's laws, because the cytological studies used pure types, while the heredity experiments used cross breeds, and cytological phenomena could be different in those cases. Secondly, the cytological processes were still obscure. There were serious doubts about the synapsis process, which was a central point of the whole hypothesis. In addition to this, the individuality and constancy of the chromosomes were still doubtful. Boveri's research brought only indirect evidence concerning this issue. Such a difficulty was only solved in 1909. Without assuming the individuality and constancy of chromosomes it was difficult to explain the constancy of Mendel's factors and the purity of gametes. On the other hand, those who believed in the individuality and constancy of chromosomes had difficulty in explaining the independent segregation of factors admitted by Mendel. In short, there was no coherent chromosome hypothesis establishing a parallel between the behavior of Mendelian factors and cytological behavior of chromosomes in 1902-3 (Martins, 1999, p. 270).

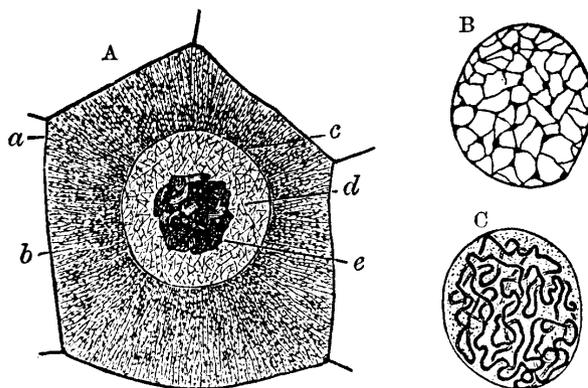


Fig. 2. Many cytological representations of the chromosomes published in the early 20th century assumed that between the cellular divisions they all combined to build a continuous thread or a network (Thomson, 1902, vol. 3, p. 49).

3 PROBLEMS FOUND IN *THE MECHANISM*

3.1 The relationship between linkage groups and chromosomes

According to Morgan and his associates, from its very beginning the chromosome hypothesis was able to predict that “all the factors carried by the *same* chromosome should tend to remain together” (Morgan *et al.*, 1915, p. 4). This was not true. There were lots of possibilities. Sutton, for instance, admitted that factors *must remain together* because he regarded chromosomes as indivisible units (Sutton, 1902, p. 126; Sutton, 1903, pp. 232, 237, 240). De Vries, on the other hand supposed that some factors could be exchanged in fertilization and probably at the beginning of the formation of the sexual cells, because he regarded chromosomes as temporary associations of elements. In this way, in sexual reproduction, characters varying in different degrees and directions could unite in every possible kinds of combination (De Vries, 1910, vol. 2, p. 647). There were several possibilities and no definite prediction. However, by their slight historical reinterpretation, Morgan and his group led the reader to believe that the main point to substantiate chromosome theory was to confirm the prediction that there were factors that tended to be transmitted together.

The authors talked about groups of sex-linked factors as well as other groups of non-sex-linked factors emphasising that there were four kinds of chromosomes and four linkage groups. However, they did not mention that there were in fact *five* kinds of chromosomes (the fifth kind was the Y chromosome found in the male *Drosophila*) and they did not associate any factor to this chromosome, although it was bigger than the X chromosome, as seen in Figure 3 (Morgan *et al.*, 1915, pp. 5-8). It is relevant to point out here that, five years before, Morgan regarded the Y chromosome as a problem: the sex chromosome hypothesis could not explain it because although in some insects the Y chromosome could be related to the production of a male, there were other insects in which the Y chromosome was not present (there was no chromosome dimorphism) although they could also be male or female (Morgan, 1910a, pp. 490-491).

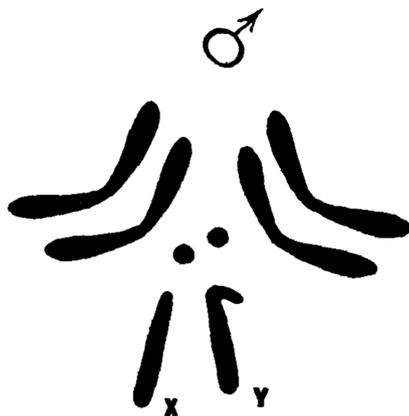


Fig. 3. A diagram showing the chromosomes of the male *Drosophila* (Morgan *et al.*, 1915, p. 7).

At another point of the book the authors briefly stated: “The curious fact also comes to light that no mutations have been discovered in the Y chromosome, nor does it contain any factors dominant to any known mutant or normal factors in its mate, the X chromosome” (Morgan *et al.*, 1915, p. 54). In the book this was not presented as a problem, but it is possible to infer that they regarded it as an important difficulty, since Muller published an article mentioning the fact that they had not discovered any factor yet that could be associated to the Y chromosome, suggesting several explanations for this fact (Muller, 1914, pp. 18-19).

Group:	Frontispiece:	Table, p. 6:
I	19 factors	47 factors
II	9 factors	27 factors
III	6 factors	22 factors
IV	2 factors	2 factors

Table 1. Relation between linkage groups and chromosomes, according to Morgan and collaborators.

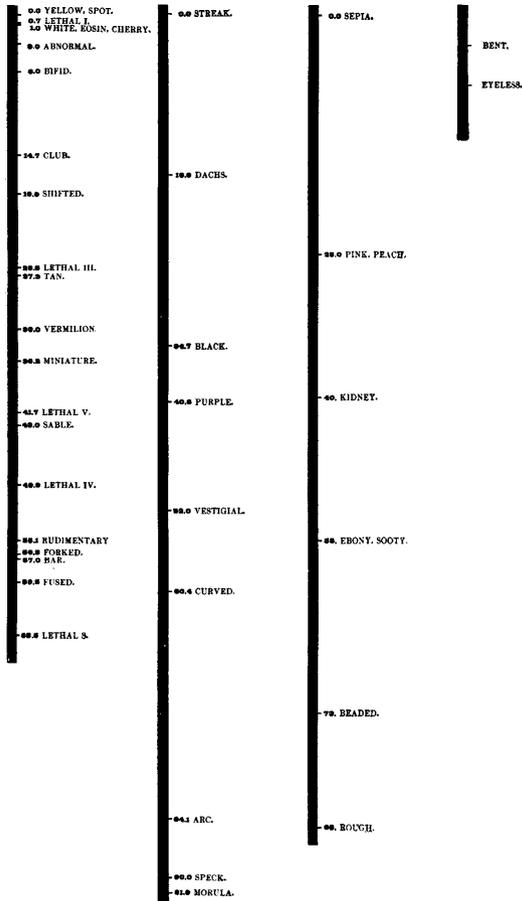


Fig. 4. The frontispiece of *The Mechanism of Mendelian Heredity*, showing chromosome maps (Morgan *et al.*, 1915, frontispiece).

They also stated that the biggest chromosomes contained more factors: “Moreover, the size relations of the groups of chromosomes correspond” (Morgan *et al.*, 1915, p. 8). The figure on the frontispiece of the book, showing four chromosome maps, also conveyed the same idea (Figure 4). However, this was not the case. The only chromosome that could be identified at that time as being associated with certain factors was the X chromosome. Although it was not the big-

gest one, the X chromosome was associated with a much larger number of factors (linkage group I). The number of factors associated to each linkage group is shown in Table 1.

Despite this fact the authors stated:

There is one great group of characters that are sex-linked. There are two other groups of characters slightly **greater in number** (Morgan *et al.*, 1915, p. 5; our emphasis).

So the text *suggested* that the number of factors of each group was in direct proportion to the size of its respective chromosome. Group IV would be associated with the smaller pair of chromosomes. However, there were more known factors associated with the X chromosome, the *third* in size (in cytological terms) than with the other chromosomes (see Figure 3). On the other hand, there was *no evidence* that could associate any non-sexual (autosomal) chromosome to any linkage group. Even if it were admitted that each group corresponded to a definite kind of chromosome, it could be possible that group IV corresponded to a big chromosome and that the smallest chromosome corresponded to the linkage groups II or III. We must remember that there was no known factor associated with the biggest chromosome (Y). In this way, it would be possible that group IV (which had only two known factors) could correspond to a big chromosome.

To sum up: it seems that Morgan and his colleagues tried to convince the reader from the very beginning that the chromosome hypothesis was able to predict that some factors carried by the same chromosome tended to remain together, because this would reinforce what they intended to substantiate afterwards: there were several linkage groups associated with some particular chromosomes in *Drosophila*. When talking about linkage groups they made wrong generalisations such as “bigger chromosomes bear a greater number of associate factors than the smaller ones”, perhaps because this could convince the reader of the truth of the hypothesis. They avoided talking about the Y chromosome (probably deliberately) because, although it was bigger than the others, there was no factor associated with that chromosome, and this represented a problem for their theory. Trying to convey the impression that the situation was clear and simple, and hiding problems from the reader, were persuasion strategies used by Morgan and his associates.

3.2 Linear arrangement

One of the most important points defended by Morgan's group was the proposal that the factors are linearly arranged along the length of the chromosomes and that the proportion of crossing-over gametes was an indirect measurement of the distances between the factors along the chromosomes. This momentous claim should have been substantiated by a wealth of data. However, they offered scarce information about each one of the four linked groups and about the factors mentioned by them. The lack of observational information may be regarded as a serious flaw in the book. This is not an anachronistic criticism, since William Bateson indicated it shortly after the publication of *The Mechanism*. Although Bateson regarded the linear arrangement hypothesis as a promising one, he stated that the book offered only a glimpse of the evidence from which it has been deduced, that is, the documentation for an examination of the theory was not contained in the book:

We are told that the breeding numbers prove the factors to be in four linked groups. We would like to take each one separately and follow the proof regarding its linkage. [...]. The book tells us that more than 40 factors have been located in it and arranged in order. Respecting the great majority we have no details at all and as to most of the remainder very few. There are, however, six that we can examine in the light of the data summarised by Sturtevant in *Zeits. f. Vererbungsl.*, 1914, the last considerable body of evidence to hand. (Bateson, 1916, p. 540)

When Morgan and his associates omitted information, presenting only a few results, they prevented the reader from finding inconsistencies and gave the impression that everything was simple and clear.

3.3 Sex linkage

The book goes on to discuss the inheritance of one pair of factors in *Drosophila*, trying to explain it by the chromosome theory (Morgan *et al.*, 1915, pp. 8-13). The authors assumed the relation between sex and chromosomes from the very beginning, without discussing the doubts that existed at that time on this subject. Sex-linked inheritance is introduced by the white-eyes fly example (*ibid.*, pp. 14-20). It is well known that, between 1905 and 1912, several studies on sex determi-

nation in insects had been developed by E. B. Wilson, Nettie Maria Stevens and others, including Morgan himself (see for instance: Stevens, 1906; Stevens, 1907; Stevens, 1909; Wilson, 1906; Wilson, 1909a; Wilson, 1909b, Wilson, 1909c; Morgan, 1909a; Morgan, 1909b). Although to some extent they could substantiate the relation between sex and some definite chromosomes, they faced several difficulties mainly due to the plurality of models of sex determination: the chromosome difference between males and females could vary according to the insect that was considered. There were lots of problems that led those authors, in some cases, to suggest several hypotheses to explain the relation between sex and chromosomes, without choosing any one of them. As late as 1914 Leonard Doncaster showed that the evidence that related sex determination to chromosomes was still incomplete (Martins, 1997, pp. 4:1-4:2; Doncaster, 1909). Moreover, Morgan did not mention his own previous difficulties when dealing with sex determination in *Phylloxera* (Morgan, 1909b, p. 275) and he also omitted them in building the explanation he presented in the *Mechanism* (see Morgan, 1910b, for instance).

We can see once more that omitting difficulties and creating the impression that the situation was clear and established was a convincing strategy used by the authors.

In the discussion of the inheritance of two or more independent pairs of factors, the experimental material is also *Drosophila*. Everything is explained from the point of view of the chromosome hypothesis. The authors did not even mention other possible explanations that existed at that time. Several diagrams depict chromosomes that were “painted” in different ways, suggesting that it was possible to establish a relationship between the factors and definite chromosomes to which they were associated (Morgan *et al.*, 1915, pp. 20-26). Of course, this was not possible at that time.

3.4 The explanation of development

In chapter 2 of *The Mechanism*, Morgan and his associates discussed the environmental conditions that could influence the development of characters⁷ and they briefly mentioned the problem of cell

⁷ They included among them “age” and gave the example of a white flower that may

differentiation. It is worth remembering that five years before Morgan considered that the chromosome theory could not explain cell differentiation (Morgan, 1910a, p. 453). He doubted that different animal organs and tissues could contain the same assemblage of chromosomes and, at the same time, to exhibit different properties (*ibid*, p. 477). However, the authors presented this point in the book as if it was devoid of problems, without showing the evidence upon which their ideas were grounded:

There is extensive evidence from cytology, experimental embryology, and regeneration, to show that all the different cells of the body receive the same hereditary factors. We must suppose, then, that the Mendelian factors are not sorted out, each to its appropriate cell, so that factors for color go only to pigment cells, factors for wing-shape to cells of the wing, etc., **but that differentiation is due to cumulative effect of regional differences in the egg and embryo, reacting with a complex factorial background that is the same in every cell [...]** (Morgan *et al.*, 1915, p. 43; our emphasis)

This was an inaccurate description of the situation. First, because it was known at that time that the body cells were not all equal, in hereditary terms. Some plant experiments showed the possibility of obtaining, by graft, different plants from the same tree (see, for instance, Bateson, 1913, p. 312; Bateson & Pellew, 1915). The evidence of regeneration only showed that it could take place in *some simple organisms*, but this was not a general phenomenon. Why was it not general, if all the cells of every organism contained all the factors? Experimental embryology showed that, in some definite cases, from the beginning of the egg division, there was an irreversible differentiation that led the cells to change (Wilson, 1905).

Secondly, even if the facts described by Morgan and associates in the paragraph cited above were real, their *explanation* would be problematic. If the wing and the eye have the same chromosomes that carry the same factors, the properties of different kinds of cells are

change to purple as the plant gets old. In *Drosophila*, they explained that in young flies it is possible to distinguish the factor for pink eyes from the factor for purple eyes. However, as they grow old the eyes of both of them assume a purplish shade and it is very difficult to distinguish one from the other (Morgan *et al.*, 1915, p. 420).

not determined by their chromosomes. Consequently, chromosomes and factors do not induce the existence of different organs that have different properties. So the basic organic structure could be determined by another cause. Certainly this presented a problem to the chromosome theory, and this was not only realised but also pointed out by several scholars, during the first decade of the twentieth century, such as Bateson (Bateson, 1907, pp. 165-166; Martins, 1997, p. 3:80) and Morgan himself (Morgan, 1910a). Although Morgan was aware of the difficulties and had no answers, he tried to conceal them, writing as if no doubts had arisen on the subject.

3.5 Linkage and crossing-over

In chapter 3 of *The Mechanism*, Morgan and his associates introduced linkage and crossing-over as necessary consequences of the theory and not as experimental results that could be interpreted in several ways. The chapter begins thus:

If two factors lie in the same member of a chromosome pair we should expect them always to be found together in successive generations of a cross unless an interchange can take place between such a chromosome and the homologous chromosome derived from the other parent. [...] But if pieces of homologous chromosomes are interchanged, then some of the gametes will contain one of the factors in question, and an equal number will contain the other factor. The process of interchange between chromosomes is called crossing-over; the tendency of factors to stay together is called linkage. (Morgan *et al.*, 1915, p. 48)

The term “crossing-over” was first introduced as a description of the macroscopic phenomenon that could be observed in experimental crossings. The exchange of pieces between homologous chromosomes was the microscopic *explanation* of crossing-over, according to the chromosome hypothesis. However, by starting from a *cytological* definition of crossing-over it becomes almost impossible to believe that the recombination of factors could have had another different cause. In spite of this, at that time there was an alternative explanation for the recombination of the factors – the reduplication hypothesis – which had been previously proposed by Bateson and Reginald C. Punnett (Bateson & Punnett, 1911). It tried to explain why there were more gametes presenting the parental or maternal

combination of factors than gametes presenting the other combinations. Based on the evidences they got from their studies on sweet peas as well as from Edith Saunders' observations on *Matthiola* and *Petunia*⁸, they suggested that after segregation the cells containing mixed factors would split only once, each one producing two cells. On the other hand, the cells that were similar to those of the parents would split several times. In this way, there would be more plants, which looked like their parents than plants that did not look like them. Whereas the chromosome hypothesis suggested that segregation would take place during the reduction division (meiosis), the reduplication hypothesis proposed that it could occur earlier than gametogenesis (Bateson & Punnett, 1911, p. 211).

Morgan and his colleagues introduced the exchange of chromosome pieces as a very simple concept, without presenting any problem. They did not discuss whether chromosomes could really exchange factors between them and how it could happen, for instance. Instead of discussing this, they presented several examples of macroscopic crossing-over (got from *Drosophila* experiments) without dealing with the microscopic evidence related to the *Drosophila* chromosomes. This was problematic since, although they had some genetic evidence (macroscopic) that suggested that crossing-over could take place in the female *Drosophila*, they had no available cytological evidence got from *Drosophila*. Besides that, they were only dealing with one single organism.

As the text unfolds we detect no references concerning papers where we could find the data and computations upon which the authors founded their claims⁹. In fact, the whole of chapter 3 is full of *fake or theoretical* examples. For instance, concerning crossings of black vestigial wing flies with grey, long wing flies, they presented the result shown in Table 2 (Morgan *et al.*, 1915, p. 50).

⁸ Bateson and Punnett referred to Saunder's articles published in the *Royal Society Evolution Committee Reports*, vol. 4, 1908 and the article published in the *Journal of Genetics* vol. 1, 1911 (Bateson & Punnett 1911, p. 211).

⁹ Although the authors mentioned that they studied around 40 factors in *Drosophila*, the data or calculations related to them did not appear in the book. Even in the extensive bibliography presented at the end of the *Mechanism*, that should include all the works of the group, there is only one reference to specific papers in which we can find the data about 17 factors studied by the group (Morgan *et al.* 1915, pp. 232-233).

Without crossing over :		With crossing over	
Black, vest.	Grey, long	Black, long	Grey, vest.
41.5%	41.5%	8.5%	8.5%
83%		17%	

Table 2. A “theoretical” or “ideal” set of experimental values, according to Morgan.

Of course no real experiment would show the result of Table 2, with exactly equal numbers for “black, vestigial” and “grey, long”. The table presented for backcrossings (Morgan *et al.*, 1915, p. 52) showing exactly the same percentages, could not also present real data. Let us compare them to a *real* set of data (Table 3) that was published by Morgan himself, dealing with the same factors (Morgan, 1914, pp. 196-197).

Without crossing over:		With crossing over :	
Black, long	Grey, vest.	Black, vest.	Grey, long
1.552	1.315	294	338
44.3%	37.6%	8.5%	9.6%
81.9% ^o		18.1%	

Table 3. A “real” set of experimental values, according to Morgan.

We can notice that this “real” table is a little bit different from the ideal one presented in the book.

The authors used several persuasive strategies in the cases mentioned above. First of all, they created the impression that the only explanation available for their experimental results involved the chromosome interpretation of linkage and crossing-over. They did not clarify that there were other possibilities, including the reduplication hypothesis, for instance. Besides that, they described crossing-over in *Drosophila* as if they had observed it in cytological terms, and that was not the case. They did not exhibit their real data or calculation, but only theoretical examples that displayed “perfect” numbers. This conveyed the impression that everything was crystal clear and established upon a solid basis.

When discussing linkage, the authors commented *en passant* that there was no crossing-over in the male *Drosophila* (Morgan *et al.*, 1915,

pp. 49, 50, 54). Morgan had published an article one year before about the absence of crossing-over in the male of *Drosophila* for genes in the second and third pairs of chromosomes, without discussing its implications to the theory (Morgan, 1914). The authors neither emphasised nor discussed this point as if it deserved no explanation, giving the impression that this was not a problem for the theory. However, the only cytological evidence for crossing-over at that time was related to *Batrachoseps*, and in the case of that organism this phenomenon could only be observed in the males. This was pointed out by some of their coeval scientists.

Bateson regarded the absence of crossing-over in the male *Drosophila* as very difficult to conciliate with the theory and was surprised that there was no discussion of the difficulties thus created, either in the book or in the material previously published by Morgan and his associates (Bateson, 1916, p. 539). This same point was discussed elsewhere by another author (Anonymous, 1916, p. 118). He argued that the absence of any crossing-over in the male for any character should be cleared up and that this was a weak point in the theory. However, it could be turned into a strong one if the cytologist could show that the behaviour of the chromosomes during the maturation divisions was different in the two sexes. It is relevant to point out that two historians of science with a scientific background, Ernest Mayr and John A., when dealing with the context of the establishment of chromosome theory, did not mention this problem (Mayr, 1982, chapter 17; Moore, 1986).

Mentioning briefly, without any discussion, some problems of the theory, such as the absence of crossing-over in the male *Drosophila*, the authors led the reader to think that they were unimportant, contrary to the actual situation.

3.6 The cytological mechanism of crossing-over

In chapter 3 of *The Mechanism*, where the authors discussed linkage, they also dealt with the cytological mechanism of crossing-over. They presented cytological data in a very superficial and simplified way. The main point – the interchange of pieces between chromosomes – was treated in the following way:

There has been much controversy as to how this union takes place, but in some cases at least, the united chromosomes twist around each other as they come together. This is illustrated to the left in figure [...]. As a consequence, parts of one chromosome will come to lie now on one, now on the other side of the mate. If when the twisted chromosomes separate, the parts on the same side go to the same pole the end result will be that shown to the right in figure [...]. Each chromosome has interchanged a part with its mate. This process has been called crossing-over. It is, of course, also possible that the twisted chromosomes do not break and reunite where they cross, and if they do not then when they begin to separate they simply pull apart irrespective of the side on which they lie. When this occurs each chromosome remains intact and no crossing over takes place (Morgan *et al.*, 1915, pp. 60-61).

As time went by Morgan changed his mind about the way in which he imagined the exchange of pieces between homologous chromosomes. At first, following Janssens' hypothesis, he supposed that two chromosomes twisted around each other. After that, they split longitudinally. In this way there would remain several pieces of each on one side, that would join forming a new chromosome. However, later Morgan changed his mind. It is possible that he had realised that crossing-over was not as frequent as it should be according to this previous model. From here onwards Morgan and his group considered only a single twist between homologous chromosomes (Figure 5).

Was this acceptable, at that time?

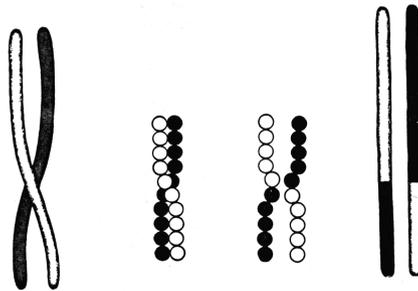


Fig. 5. The mechanism of crossing-over, as shown in *The Mechanism of Mendelian Heredity* (Morgan *et al.*, 1915, p. 60).

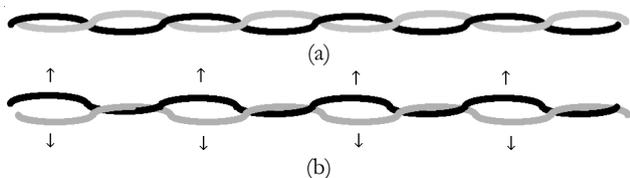


Fig. 6. If two chromosomes were twisted several times around each other, as it was described by some cytologists (a), they would necessarily break at several points, when they separated by a transversal motion (b).

Let us suppose that two chromosomes were really twisted several times around each other, as it was described by some cytologists (Figure 6a). It was possible that the chromosomes, instead of fusing at the points where they get in touch, were only rolled up. Up to this point Morgan's reasoning presented no problems. However, let us imagine that the two chromosomes would split by a movement perpendicular to their length, without unrolling. Morgan and colleagues thought that sometimes this could happen without the exchanging of pieces between chromosomes. This is impossible as we can see in Figure 6b. There are some pieces from one chromosome that should pass through the pieces of the other. This could not happen without breakage. If there is breakage, why do some pieces of the chromosomes not fuse? On the other hand, if chromosomes passed through each other, why do they sometimes exchange pieces?

We can see how important was the role of diagrams in the dissemination of the chromosome theory. The drawings presented in *The Mechanism* conveyed a false impression of what was observed in the cell division.

3.7 The cytological evidence of crossing-over

In chapter 5, entitled "The chromosomes as the bearers of heredity" the authors presented in a few pages the cytological evidence related to synapsis and the exchange of pieces between chromosomes. They admitted that there were doubts concerning those processes: "When we come to consider how this union of chromosomes is brought about, there is much divergence of the opinion, for the evidence is fragmentary or contradictory on almost every point"

(Morgan *et al.*, 1915, p. 122). Despite this statement they presented a favourable description of the chromosome hypothesis. How was this possible, if the evidence was contradictory? “For any information that is worth while we have to rely on the best material available” (*ibid.*, p. 123). “The best material available” corresponded to two studies. The first was Janssens’ study of spermatogenesis in the salamander *Batrachoseps attenuatus*. The second one was Marechal’s study of oogenesis in the shark *Pristiurus melanostomus*. Was it sensible to generalise the conclusions got from these *two cases* to all living beings?

The book reproduced some of drawings made by Janssens describing some stages of meiosis, emphasising that the leptotene chromosomes appeared as threads twisted around each other (Morgan *et al.*, 1915, p.124). Janssens’ drawings not only showed this twisting, but also gave the impression that homologous chromosomes *twisted several times around each other*, and not once as it appears in the crossing-over diagrams presented in the book. After the period in which the chromosomes were united, Janssens’ drawing showed a longitudinal split of the threads, and cross connections uniting the halves of the threads, looking like a rope ladder: “Later, *j*, the threads become fused throughout their length (pachytene stage). Still later the thick threads begin to show a longitudinal split (diplotene stage), and cross connections, uniting the halves of the threads, appear in different places” (*Ibid.*, p.125). However, according to this description, if the exchanges between chromosomes took place in these stages, there should *always* be an exchange between *several* pieces of chromosomes. However, the authors only described Janssens’ observation, without commenting on them. At another point of the same chapter they considered Janssens’ representation as consistent with the model presented by them, in which homologous chromosomes twisted around each other only once:

It is not necessary to assume that crossing over takes place at every node, but only that it may sometimes take place. In fact, our work on *Drosophila* shows for the sex chromosome in the female that crossing over takes place in only about half of the cells, and double crossing over is a rather rare event. (Morgan *et al.*, 1915, p. 132)

In short, instead of being guided by cytological studies, Morgan and his associates were guided by their own experimental results that

were *incompatible* with the idea of the existence of several exchanges of pieces between chromosomes.

For Bateson it was very difficult to judge to what extent Janssens' hypothesis (that chromosomes could twist, anastomose and again break, exchanging parts of their substance) was in accord with the observed facts:

That twisting takes place in many types, especially Amphibia, is clear; but neither the figures reproduced from Janssens nor the originals from which they are taken – still less the very fragmentary observations of both Stevens and Metz from *Drosophila* – provide more than a slender support for this most critical step in the argument. It is to be hoped that the authors will before long tell us exactly upon what evidence they are here relying (Bateson, 1916, p. 538).

Bateson's criticism was plausible since the figures presented showed only a twisting. This was not a guarantee of the occurrence of crossing-over. Besides that, there was no microscopic evidence of the occurrence of crossing-over.

In an anonymous critical review published in *Nature*, the author pointed out as a gap in the argument built by Morgan and his colleagues the fact that, at that time, one did not know whether or not *Drosophila* showed the peculiar twisting of the homologous chromosomes round one another, such as was described by Janssens in *Batrachoseps*, and the existence of such a twisting was essential to the "crossing-over" explanation of the linkage characters in heredity (Anonymous, 1916, pp. 117-118). Another scientist of that time, Leonard Doncaster, commented:

The twisting of the chromosomes round each other in synapsis appears undoubtedly, to occur in certain cases, but until the splitting across the twist postulated by Morgan has been shown with certainty to occur, his hypothesis must be regarded as almost speculative. (Doncaster, 1914, p. 492)

Morgan and his associates did not comment that there was no crossing-over in the male *Drosophila*, whereas Janssens, through his studies in the spermatogenesis of *Batrachoseps*, found some signs that indicated that there could be an exchange between parts of homologous chromosomes. They could have argued that in *Drosophila* the phenomena could be different. But to what extent would it be rele-

vant to describe Janssens' observations if it could not be applied to other species?

There were several problems concerning the cytological evidence of crossing-over, which was a vital feature of the theory. However, the authors conveyed the impression that everything was clear and established. First of all, they used as evidence of their theory the cytological study made by Janssens in *Batrachoseps* (salamander) although they were dealing with *Drosophila*, another organism. They did not present any cytological study made in *Drosophila* in their book but they had got genetic evidence (from experimental crossings) that there was crossing-over only in the female *Drosophila*. Janssens studied the male salamander. Morgan and his associates did not make this clear to the reader, that is, in those two organisms the situation was different and in *Drosophila* they were dealing with indirect evidence. Secondly, Janssens' drawings showed homologous chromosome threads twisting around each other twice or more times. In the model presented by Morgan and his colleagues in the book, this happened only once. They did so in order to conciliate the model with their experimental results. They also did not make any comment about this issue. To make things worse, although one could see homologous chromosome threads twisting around each other in Janssens' drawings, there was no cytological evidence of the exchange of pieces between them at that time, either in the salamander or any other organism. This was only a possibility. So, the authors did not present the real situation to the reader.

3.8 Discrepancies between prediction and observation

In chapter 3 the authors explained that it was possible to calculate the distance between factors from the frequency of crossing-over. They commented:

In this way the diagram shown in the frontispiece has been constructed. Not only can all the facts of linkage so far studied be explained on this basis, but, as will now be shown, certain further results can be predicted. (Morgan *et al.*, 1915, p. 61)

The authors claimed that the frequency of crossing-over was proportional to the distance between the factors. If we consider three factors (A B C) arranged linearly on the same chromosome, the dis-

tance between A and B (AB) plus the distance between B and C (BC), would be the distance between A and C (dist. AB+ dist. BC = dist. AC). This could only be the case if the percentage of crossing-over between A and B plus the percentage of crossing-over between B and C was equal to the percentage between A and C ($\%AB + \%BC = \%AC$). However, that is not the case. Except for very short distances, it was observed that $\%AB+\%BC>\%AC$.

Before clarifying that (for long distances) the observed percentage of crossing-over was smaller than that which was calculated from the diagrams, Morgan and his colleagues introduced the concept of double-crossing-over. They presented this discrepancy as a (corollary) consequence foreseen by the theory and not as a problem:

In fact, the sum of the two crossover percentages 33 and 22 (55) is much greater than the apparent amount (44) of crossing-over when only white and bar [factors] are involved. Here then we have an explanation of why long distances taken as a whole give too little crossing over, as compared with the same distances taken section by section. The lowered percentage is an actual **mathematical necessity** owing to the occurrence of double crossing over. (Morgan *et al.*, 1915, p. 63, our emphasis)

Well, if this reduction was a foreseen “mathematical necessity”, and the simple rule did not hold in this case, how was it possible to calculate the percentages of crossing-over for long distances? Neither the book, nor the works published at that time offered any elucidation of this point. However, at another point the authors stated that it was possible *to calculate* this discrepancy:

[...] given the distance between any two factors on the map, the per cent of crossing-over between them can always be *calculated* from this distance (since the amount of discrepancy due to the double crossing over also depends on the distance); this shows that the amount of crossing-over between them is an expression of their position in a *linear series*. (Morgan *et al.*, 1915, p. 65; original emphasis)

It would be nice if they could really present a way of determining the double crossing-over as well as conciliating the observed frequencies with the distances on the maps. Whether they did not know how to make this calculation or decided to hide this important feature of the theory, we do not know. In the book their main focus was upon the examples that “worked”, such as the cases of short distances:

In the construction of the maps shown in the frontispiece the distance taken as a unit is that within which 1 per cent. of crossing over will occur. Thus, yellow and white are placed one unit apart, since there is 1 per cent. of crossing over between yellow and white. White and bifid give 5 per cent. of crossing over, hence they are placed five units apart; and since yellow and bifid give 6 per cent., bifid must be on the other side of white from yellow. (Morgan *et al.*, 1915, p. 64)

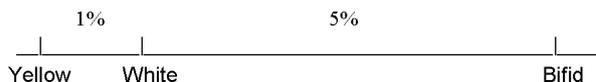


Fig. 7. A diagram representing the supposed relation between the distances between the three factors yellow, white, and bifid (Morgan *et al.*, 1915, p. 64).

In this example (Figure 7) there is a perfect correspondence between experimental data and theoretical prediction. Nonetheless, did the data really show this? At that time there was no published data on the bifid factor¹⁰. As regards the factors for yellow body and white eye, the percentage of crossing-over was 1.1% (354 cases in 32218) and not exactly 1% (see Sturtevant, 1915, p. 238). It is scarcely likely that the percentages of crossing-over for white/bifid and yellow/bifid were *exactly* 5% and 6%. This was again a theoretical example, with no real data. This example could lead the reader to think that the theory was able to make exact predictions.

In short, Morgan and his collaborators stated not only that it was possible to calculate the distance between factors from the frequency of crossing-over, but also to make predictions in this respect. However, they found discrepancies between what was predicted and what was observed. They created the impression that this was not a problem and focused their attention on the cases that worked.

4 OTHER PIECES OF EVIDENCE FOR THE CHROMOSOME THEORY

In chapter 5 the authors presented more evidence for the chromosome theory. It begins in this way:

¹⁰ It is curious that the factor “bifid” did not appear in later chromosome maps. Thus, it is not possible to learn about the experimental data related to it.

The evidence in favor of the view that the chromosomes are the bearers of hereditary factors comes from several sources and has continually grown stronger, while a number of alleged facts, that seemed opposed to this evidence, have either been disproved, or else their value has been seriously questioned. We propose now to examine in some detail the observations and experiments that bear on the chromosome theory of heredity. (Morgan *et al.*, 1915, p. 108)

The evidence presented by the authors came from several sources:

- Boveri experiments with sea urchins that showed the influence of the nucleus in the offspring, as well as Boveri's studies upon dispermic fertilisation of the egg of the sea urchins.
- Boveri's studies in *Ascaris* that led to the view that chromosomes retained their individuality from one cell division to the next.
- When different species are crossed and anomalous chromosomes are introduced in an egg, they may be identified and shown to reappear after several cell divisions, showing their continuity.

The evidence presented above was not new. The authors did not mention any of Morgan's previous embryological experiments that brought results that substantiated the role of the cytoplasm in heredity and that had led him to deny that the nucleus was the bearer of hereditary factors (Morgan, *The frog's egg*, *apud*, Gilbert, 1978, pp. 315-316). In a similar way, they did not refer to Morgan's previous doubts concerning the individuality of chromosomes:

If [the chromatin threads] fuse, what guarantee is there that they will separate again along the exact lines of union? If the separation is not exact the materials of the chromosome would, before long, become completely intermixed. It is this difficulty that has created a presumption against the theory of the individuality of the chromosomes. (Morgan, 1910a, p. 455)

To sum up, in general, the evidence presented by Morgan and his associates was not new, and a few years before it was not regarded by Morgan as consistent enough to substantiate the chromosome theory. His old scientific objections had not been answered. However, in the book the authors did not discuss Morgan's previous objections, but presented the same evidence that was considered problematic by Morgan as being conclusive. In short, depending on his necessity

Morgan used the same evidence against or in favour of the chromosome theory.

5 DECISIVE POINTS OF THE THEORY

According to the authors the strongest features of the chromosome theory was the evidence of sex-linked inheritance and non-disjunction:

In the case of sex and sex linked factors it can even be shown that they have the *same* distribution as the sex chromosomes. [...] Not to interpret this evidence to mean that factors are contained in and carried by the chromosomes is to reject a mechanistic basis known to exist in the cell [...] (Morgan *et al.*, 1915, p. 148).

The advantage of the chromosomal interpretation as applied to sex chromosomes is nowhere better illustrated than in the history of a process called non-disjunction, which was discovered by Bridges. Furthermore this case, supported on the one hand by extensive and definite experimental breeding and on the other by cytological investigation, offers the most direct evidence yet obtained concerning the relations of particular characters and particular chromosomes, for in this case an abnormal distribution of sex chromosomes goes hand in hand with an identical abnormal distribution of all sex linked factors [...] (Morgan *et al.*, 1915, p. 149).

In fact, we must agree that these two points provided strong evidence for the theory.

In the same year when Sturtevant created the first chromosome map, Bridges provided a very important piece of evidence in favour of the chromosome theory (Bridges, 1913a). He realised that some crossings did not give the expected results and tried to explain this fact through the non-disjunction of sexual chromosomes, which was observed in a definite percentage of eggs during maturation. He stated that ordinarily when a *Drosophila* female with white eyes (XwXw) is mated to a wild male with red eyes (XWY), the daughters have red, and the sons, white eyes – a typical case of the criss cross inheritance characteristic of sex linkage. However, he found an exceptional case where 5% of the daughters were similar to their mothers and 5% of the sons were similar to their fathers (*ibid*). He explained that in such mothers “a certain per cent of maturations are of

a type characterized by non-disjunction, i.e., eggs are formed which contain two sex chromosomes instead of the normal one, and other eggs corresponding to them contain no sex chromosome" (*ibid*, p. 588). In this way some eggs, instead of presenting one X chromosome, would present two X (XX), and others would contain no X chromosome. There would be three classes of eggs: X; XX and no X. However, Bridges pointed out that, at this time there was no cytological evidence of non disjunction in *Drosophila* (*ibid*, p. 604). The cytological evidence came later in the 1930's (Moore, 1986; Martins, 1997, p. 10:8).

When *The Mechanism* was published there was, however, a problem related to Bridges' studies on non-disjunction: neither the experimental data about the experiments, nor the cytological information related to them had been published yet. It was in the *Mechanism* that there appeared for the first time a drawing that represented the chromosomes of the anomalous female (XXY) (Morgan *et al.*, 1915, p. 152). Even Bateson was very well impressed with Bridges' work on non-disjunction in *Drosophila*, which was afterwards published in *Genetics* in 1916. He considered it as bringing remarkable evidence not only concerning experimental crossings but also regarding cytological demonstration:

[...] Of the discovery that may perhaps come hereafter to be regarded as the most illuminating of all – the phenomenon of “non-disjunction” – we have still to speak. The exploration of this group of facts has been made by Bridges, who, since the brief note contained in the book, has published in *Genetics* a detailed account of his experiments. With this publication it must be admitted we are lifted on to something like solid ground. (Bateson, 1916, p. 541)

We can say that the studies of sex-linked inheritance in *Drosophila* had brought quite good results. If we suppose that the female possessed two X chromosomes and the male only one as well as the sex linked factors were carried by these chromosomes, it was possible to make several predictions about what could occur or could not occur in definite crossings. In general the predictions could be confirmed – but there were a considerable amount of “impossible cases” that were explained away by Morgan and his associates as experimental errors, although Leonard Doncaster considered them as a serious difficulty (Doncaster, 1914, p. 510). The number of cases in which the theory

“worked” was impressive. In this way, at that time, it was possible to suppose that the “impossible cases” could be experimental errors.

Even when we regard the existence of the strong evidence of sex-linked inheritance and non-disjunction, we can say that the authors used some convincing strategies in presenting them. In the first quotation, for instance, they tried to relate the sex linked factors as having the same distribution as the sex chromosomes to the mechanistic basis known to exist in the cell, giving the impression that this was the only possibility – and that was not the case. Besides that, they did not mention the empirical observation of “impossible cases”. Concerning the relationship between particular characters and particular chromosomes, they presented Bridges’ non-disjunction in *Drosophila*, as if it was supported not only by experimental crossings, but also by cytological evidence. In this second case, there was no information nor in the book, neither in the papers available at that time. In spite of this, the authors gave the impression that this material was available.

In 1916 there appeared in *Nature* an anonymous critical review of *The Mechanism*. Its author pointed out some favourable aspects of the theory:

- Chromosome distribution corresponds to Mendelian factors distribution.
- In some cases there is a relationship between sex and definite special chromosomes.
- The factors found in *Drosophila* may be divided in four linkage groups.
- Only the factors that belong to one of these groups show sex-linked inheritance
- It is possible to build chromosome maps from the studies of crossing-over (Anonymous, 1916, p. 117).

The author acknowledged that *The Mechanism* presented strong arguments for the chromosome theory of heredity. However, the author also perceived some gaps in it (Anonymous, 1916, p. 117).

6 CRITICISMS ABOUT BATESON’S WORK MADE BY THE BOOK

At several points of the book the authors attacked directly or indirectly some features of Bateson’s work, such as the presence-absence

hypothesis (Morgan *et al.*, 1915, pp. 208-222), the reduplication hypothesis (Morgan *et al.*, 1915, pp. 74-76) or even Bateson's careful analysis of the combs of fowls (Bateson, Saunders & Punnett, 1905; Bateson & Punnett, 1905). In this last case, they not only strongly criticised the nomenclature used by Bateson, but also suggested that it should be substituted by the one used by them in their studies of *Drosophila* (Morgan *et al.*, 1915, pp. 216-220).

Bateson was quoted only at four points in the book

- Bateson and Punnett made the discovery of linkage, which they called gametic coupling, *although they did not relate such a discovery to chromosomes* (Morgan *et al.*, 1915, p. 5)
- Bateson and Punnett interpreted linkage on a basis entirely different from that adopted in this book (chromosome theory). *It was based on questionable or even wrong suppositions* about 'gametic ratios', egg's polarity, somatic (prereductional) segregation and the gametogenesis process (Morgan *et al.*, 1915, pp. 74-76).
- Bateson pointed out that a complex character like stature must depend on multiple factors (Morgan *et al.*, 1915, p. 173).
- Bateson defended the idea that multiple alleles could be explained by a process of fractionation of factors, *but this suggestion is not acceptable* (Morgan *et al.*, 1915, pp. 214-216).

From the beginning of the 20th century Bateson had exhaustively dedicated himself to the Mendelian research program. Until 1915 he was considered the leader of Mendelian research not only in the UK, but also in the other English-speaking countries. Of course the authors were acquainted with Bateson's research. In their bibliography they included 8 of his works. Why did the authors present Bateson's work in such a negative way?

Was there a scientific incompatibility between the works of Bateson and Morgan's group? It does not seem so. Bateson's experimental studies were compatible with the chromosome theory except for some anomalies, which could not be explained at that time. Only the reduplication hypothesis (see section 7) was in conflict with chromosome theory, but it was proposed before the publication of Morgan's chromosomal interpretation of linkage, and not as an alternative to it.

The attitude of Morgan's group could be interpreted as a strategy for appropriating the authority in the field of genetics, by lowering

the importance of one of the main characters in the area. A kind of “struggle for authority in the field” was studied by Jan Sapp, though referring to other characters in the field of Genetics (Sapp, 1983; Sapp, 1987).

7 DISCUSSION AND COMMENTS

The present study led to the conclusion that although the theory presented in the *Mechanism* by Morgan and his associates could be deemed reasonably well grounded in some respects (see section 5), there were lots of gaps, problems and obscure points. We can try to follow Bruno Latour’s suggestion that “we need to look at the way in which someone convinces someone else to take up a statement, to pass it along, to make it more a fact, and to recognise the first authors ownership and originality” (Latour, 1990, p. 24). We realised that when dealing with these obscure points they used several types of persuasive strategies to create the impression that the situation was clear and established.

First of all, the authors were not completely sure about the potential of the chromosomal interpretation of Mendelian theory. Therefore, they tried to guarantee their results even if in the future chromosomes could be denied as the bearers of hereditary factors. It was a strategy to protect their work against possible criticisms and to save at least a part of it, although they were adopting the chromosome theory throughout the whole book.

Morgan and his collaborators tried to convince the reader that since 1900 chromosomes furnished the adequate explanation for Mendelian theory, and that was not the case.

- The authors presented some points that were thought by Morgan five years ago as not explained by chromosome theory (such as cell differentiation) as devoid of problems, with no discussion and where no new scientific evidences was brought forward.
- The authors introduced linkage and crossing-over as a consequence of their theory and not as experimental results that could also be interpreted in another way.
- The authors presented several ideal numerical examples. They presented no real experimental data.

- The group attacked Bateson's ideas, even the ones that did not conflict with the theory supported by them in the book.

Morgan and his colleagues created the impression that there was a considerable amount of sex linked factors as well as other groups associated to definite chromosomes of *Drosophila* which were known at that time, when in fact there was evidence that suggested only a few ones.

We can see that in general throughout the book the authors focused their attention upon the main points of the chromosome theory and its successes, without mentioning the difficulties they faced. The same attitude was adopted by Morgan in two of his articles which were published in the same year as *The Mechanism* (Morgan, 1915a; Morgan, 1915b). He presented some diagrams describing the theory, which were not got from the cytological observation. Moreover, those papers, although they were published in academic periodicals, were devoid of bibliography (Martins, 1997, pp. 5:77–5:78).

The authors used some diagrams and drawings directly related to the Mendelian chromosome theory¹¹ that showed things that were not observed, conveying the impression that some points of the theory were clear and established.

These are some of the persuasive strategies used by the authors.

Despite of all these problems the authors succeeded in convincing many biologist that the Mendelian chromosome theory was already firmly established at that time. The way they presented some points gives the reader the false impression that their theory arose ready and devoid of problems, transmitting a wrong view about the theory and the very nature of the scientific endeavour. Although Morgan and his collaborators could have elucidated some previous difficulties, such as the relationship between the number of chromosomes and the number of factors, the chromosome theory was not established. They could neither present the cytological evidence that chromosomes

¹¹ But they did not make use of photographs or photo-diagram pairs, which are, according to Michael Lynch another pictorial mode of argumentative persuasion (Lynch, 1991, p. 219). In this sense, Morgan and his associates acted in a different way from E. B. Wilson, who in his early cytological work presented his data in photographs and only later, when he was more confident in his interpretations, adopted abstract diagrams (Maienschein, 1991, p. 227).

exchanged pieces in *Drosophila*, nor could they point out at which stage of meiosis it took place. In this sense, the criticisms made by Bateson, Doncaster and others lead them to improve and to make the theory not only more elegant, but also more consistent.

This case study also showed that the same problems found in the transposition of scientific subjects by teachers and in dealing with pseudo-history may be found sometimes when scientists disseminate an unduly simplified science accompanied by unjustified claims of established foundations. This kind of attitude may deceive readers and students and will transmit a wrong view about the theory and about the very nature of the scientific endeavour.

However, as Jean-Louis stated:

It is necessary, especially at the secondary level, to give an accurate view of science, not an oversimplification. To present the good sides of science, and the less glorious ones. To give a fair report of history, not a childish or idealistic view. (Heudier, 2001, p. 23)

8 EDUCATIONAL STRATEGIES

We can ask what could be done in order to avoid – or, at least, to reduce – such kind of problem. Certainly it is not an easy task. We think that scientists, even when they address a broader public, should submit their work to a critical reading by their colleagues (people who are experts in that subject). It is up to this people to be critical and to point out problems and shortcomings. And it is up to the scientist to improve his work. In the case of the *Mechanism* a very careful criticism was made by Bateson but, unfortunately, after its publication. We imagine that the adoption of that kind of attitude could possibly help in reducing this problem.

Of course we do not expect that every reader will be an expert in the subject of the book. In our particular case, the book was not addressed to the specialist in Genetics. However, we may advice teachers, students and the reader in general to be careful concerning some respects. Students should be *trained* to have a critical view concerning the textbook presentation of “ideal science”.

First of all, we think that the reader must be extremely cautious as regards scientific novelties that are usually presented in a simplified and exalted way. It is commonly the case that the evidence for new

theories is very scarce. In our case study, Morgan and his associates were proposing something new and they based their studies on one single organism: *Drosophila*. Secondly, the reader must distrust perfect numbers and exact fitting between theory and observation, such as the ones presented by Morgan and his associates, because in practice we seldom find such results. Moreover, he shall be cautious regarding perfect drawings representing difficult or obscure observations, such as the Morgan's drawings representing microscopic "facts", especially at a time when they were so ambiguous. The reader should also pay attention to the absence of any discussion of alternative explanations to the facts. Surely they may exist, and that was the case concerning the facts discussed in the book. Bateson and Punnett's reduplication hypothesis still remained a viable alternative at that time. Furthermore, in real science there are habitually exceptions, unexplained facts, difficulties of several kinds. The want of a discussion of problems such as the absence of crossing-over in the male *Drosophila* is also a serious symptom since they are always present in every theory.

By considering those points, educators, students or readers in general could learn to analyse a new scientific contribution more critically. This will contribute to form and impart a more accurate view of the complexity of the scientific endeavour.

A sound scientific education should exhibit case studies of "real science", such as the case described here. Of course, it is impossible to discuss every scientific subject showing its detailed history. However, the presentation of a few typical case studies will be enough to convey a more satisfactory view of the actual practice of science.

ACKNOWLEDGMENTS

I am very grateful to FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) and the Brazilian National Council for Scientific Development (CNPq) for supporting this research.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- [Anonymous]. Heredity and chromosomes. *Nature* **97**: 117-118, 1916.
ALLCHIN, Douglas. Scientific myth-conceptions. *Science Education* **87** (3): 329-351, 2003.
———. Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education* **13** (3):

- 179-195, 2004.
- Allen, Garland E. Introduction. In: MORGAN, STURTEVANT, MULLER & BRIDGES, *The mechanism of Mendelian heredity*. [The sources of science n° 86]. New York: Johnson Reprint, 1972, pp. v-xxvi.
- . Opposito to Mendelian-chromosome theory, the physiological and developmental genetics of Richard Goldschmidt. *Journal of the History of Biology* 7: 49-92, 1974.
- . Morgan, Thomas Hunt. Vol. 4, pp. 515-526, in: GILLESPIE, Charles C. (ed.). *Dictionary of Scientific Biography*. New York: Charles Scribners Sons, 1981.
- . T. H. Morgan and the influence of mechanistic materialism on the development of the gene concept: 1910-1940. *American Zoologist* 23: 829-844, 1983.
- . Thomas Hunt Morgan et la naissance de la génétique moderne. *La Recherche* 16: 592-599, 1985.
- Bateson, William. Facts limiting the theory of heredity. *Science* 26 (672): 649-660, 1907. (Reproduzido em BATESON, William. *Scientific Papers*, vol. 2, 162-177).
- . *Mendel's principles of heredity*. 2nd. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1913.
- . [Review of Morgan et al., *The Mechanism of Mendelian Heredity*: 1915]. *Science* 44: 536-543, 1916.
- . *Scientific papers*. Ed. R. C. Punnett. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press, 1928.
- Bateson, William; Sauders, Edith R. & Punnett, Reginald C., *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society* 2: 87-124, 1905.
- BATESON, William; PELLEW, Caroline. Note on an orderly dissimilarity in inheritance from different parts of a plant. *Proceedings of the Royal Society of London B* 89: 174-175, 1915 (Reproduzido em BATESON, William, *Scientific papers*, vol. 2, 259-260).
- BATESON, William; PUNNETT, Reginald C. A suggestion as to the nature of the "walnut" comb in Fowls. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 13: 165-168, 1905.
- . On gametic series involving reduplication of certain terms. *Journal of Genetics* 1: 293-302, 1911. (Reproduzido em BATESON, William, *Scientific papers*, vol. 2, 206-215).
- BATESON, William; SAUNDERS, Edith Rebecca; PUNNETT,

- Reginald C. Experimental studies in the physiology of heredity. *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society* **3**: 2-11, 1906 (Reproduzido em BATESON, William, *Scientific papers*, vol. 2, 152-161).
- BLANC, Marcel. Darwin, Mendel, Morgan. Le lancement de la génétique. *Diogenes* (131): 108-120, 1985.
- BOSCH, Marianna; CHEVALLARD, Yves; GASCON, Josep. Science or magic? The use of models and theories in didactics of Mathematics. Pp. 1-10, in: *Fourth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. San Feliu de Guixols, 2005.
- BRIDGES, Calvin Blackman. Non-disjunction of the sex chromosomes of *Drosophila*. *The Journal of Experimental Zoology* **15** (4): 587-605, 1913a.
- . Partial linkage in the pigeon. *Science* **37**: 112-113, 1913b.
- BRUSH, Stephen G. How theories became knowledge, Morgans chromosome theory of heredity in America and British. *Journal of the History of Biology* **35**: 471-535, 2002.
- CARLSON, Elof Axel. The *Drosophila* group, the transition from the Mendelian unit to the individual gene. *Journal of History of Biology* **7**: 31-48, 1974.
- CHEVALLARD, Yves. *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985.
- DE VRIES, Hugo. *The mutation theory. Experiments and observations on the origin of species in the vegetable kingdom*. 2 vols. Translated by J. B. Farmer and A. D. Darbishire. Chicago: Open-Court Publishing Co, 1909-1910.
- DONCASTER, Leonard. Recent work in the determination of sex. *Science Progress* **4**: 90-104, 1909.
- . Chromosomes, heredity and sex, a review of the present state of the evidence with regard to the material basis of hereditary transmission and sex determination. *Quarterly Journal of Microscopical Science* **59**: 487-521, 1914.
- GILBERT, Scott. Embryological origins of the gene theory. *Journal of the History of Biology* **11**: 307-351, 1978.
- HEUDIÉ, Jean-Louis. The role of history and philosophy in physics education. Pp. 22-23, in: WILSON, H.; WARMBEIN, B. (eds.). *Physics on stage. Full Proceedings 2000*. Noordwijk: European Space Division, 2001.

- JANSSENS, Frans Alfons. Spermatogénese dans les batraciens, V. La théorie de la chiasmotypie, nouvelle interprétation des cinèses de maturation. *La Cellule* **25**: 389-406, 1909.
- LATOUR, Bruno. Drawing things together. In M. LYNCH and S. WOOLGAR (eds.). *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1990.
- LYNCH, Michael. Science in the age of mechanical reproduction, moral and epistemic relations between diagrams and photographs. *Biology and Philosophy* **6**: 205-226, 1991.
- MAIENSCHNEIN, Jane. From presentation to representation in E. B. Wilsons *The cell*. *Biology and Philosophy* **6**: 227-254, 1991.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria cromossômica da herança, proposta, fundamentação, crítica e aceitação*. Campinas: Unicamp, Tese de doutorado, 1997.
- . Thomas Hunt Morgan e a teoria cromossômica, de crítico a defensor. *Episteme. Filosofia e História da Ciência em Revista* **3** (6): 100-126, 1998.
- . Did Sutton and Boveri propose the so-called Sutton-Boveri chromosome hypothesis? *Genetics and Molecular Biology* **22**: 261-271, 1999.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought, diversity, evolution, and inheritance*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1982.
- MOORE, J. A. Science as a way of knowing – genetics. *American Zoologist* **26** (3): 583-747, 1986.
- MORGAN, Thomas Hunt. Sex determination and parthenogenesis in Phylloxerans and Aphids. *Science* **29**: 234-237, 1909a.
- . A biological and cytological study of sex determination in Phylloxerans and Aphids. *The Journal of Experimental Zoology* **7** (2): 239-351, 1909b.
- . Chromosomes and heredity. *American Naturalist* **44**: 449-496, 1910a.
- . Sex limited inheritance in *Drosophila*. *Science* **32**: 120-122, 1910b.
- . No crossing over in the male of *Drosophila* of genes in the second and third pairs of chromosomes. *Biological Bulletin* **26** (4): 195-204, 1914.
- . The constitution of the hereditary material. *Proceedings of the Philosophical Society* **54**: 143-153, 1915a.

- . Localization of the hereditary material in the germ cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 1: 420-429, 1915b.
- MORGAN, Thomas Hunt; STURTEVANT, Alfred Henry; MULLER, Hermann Joseph; BRIDGES, Calvin Blackman. *The mechanism of Mendelian heredity*. New York: Henry Holt, 1915.
- MULLER, Hermann Joseph. A gene for the fourth chromosome of *Drosophila*. *Journal of Experimental Zoology* 17: 325-6, 1914 (reproduzido em: pp. 18-26, in: MULLER, Hermann Joseph. *Studies in genetics*. Bloomington: University of Indiana Press, 1962).
- . Edmund B. Wilson – an appreciation. *American Naturalist* 77: 5-37; 142-172, 1943.
- ROLL-HANSEN, Niels. *Drosophila* genetics, a reductionist research program. *Journal of the History of Biology* 11: 159-210, 1978.
- ROSTAND, Jean. *Les chromosomes artisans de l'hérédité et du sexe*. Edition revue et augmentée. Paris: Hachette, 1933.
- SAPP, Jan. The struggle for authority in the field of heredity, 1900-1932 *Journal of the History of Biology* 16: 311-342, 1983.
- . *Beyond the gene. Cytoplasmic inheritance and the struggle for authority in genetics*. New York: Oxford University Press, 1987.
- STEVENS, Nettie Maria. Studies in spermatogenesis. Part II. A comparative study of the hetero-chromossomes in certain species of Coleoptera, Hemiptera and Lepidoptera, with especial reference to sex determination. *Carnegie Institution of Washington, Publication* 36 (2): 33-57, 1906.
- . A study of the germ cells of certain Diptera, with reference to the heterochromosomes and the phenomena of synapsis. *Journal of Experimental Zoology* 5: 359-374, 1907.
- . Further studies on the chromosomes of the Coleoptera. *The Journal of Experimental Zoology* 6 (1): 101-113, 1909.
- STURTEVANT, Alfred Henry. The linear arrangement of six sex-linked factors in *Drosophila*, as shown by their mode of association. *Journal of Experimental Zoology* 14: 43-59, 1913 (reproduzido em: pp. 67-78, in: J. A. PETERS (ed.). *Classic papers in genetics*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1913).
- . The behaviour of the chromosomes as studied through linkage. *Zeitschrift für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre* 13: 234-287, 1915.
- . *A history of genetics*. New York: Harper & Row, 1965.

- SUTTON, Walter S. On the morphology of the chromosome group in *Brachystola magna*. *Biological Bulletin* **4**: 24-39, 1902.
- . The chromosomes in heredity. *Biological Bulletin* **4**: 231-51, 1903. (reprodução parcial em: pp. 27-41, in: J. A. PETERS (ed.). *Classic papers in genetics*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1903.
- THOMSON, John Arthur. Cell. Vol. 3, 46-53, in: *The Illustrated Chambers Encyclopaedia*. New edition. London: W. Chambers and R. Chambers, 1902.
- VICEDO, Marga. T. H. Morgan, neither an epistemological empiricist nor a “methodological” empiricist. *Biology and Philosophy* **5**: 293-311, 1990.
- WILSON, Edmund Beecher. The problem of development. *Science* **21**: 281-294, 1905.
- . Studies on chromosomes. III. The sexual differences of the chromosome groups in Hemiptera with some considerations on sex determination and inheritance of sex. *The Journal of Experimental Zoology* **3**: 1-40, 1906.
- . Studies on chromosomes. IV. The “accessory” chromosome in *Syromastes* and *Pyrrochoris* with a comparative review of the types of sexual differences of the chromosome groups. *The Journal of Experimental Zoology* **6**: 69-99, 1909a.
- . Studies on chromosomes. V. The chromosomes of *Metapodius*. A contribution to the hypothesis of the genetic continuity of chromosomes. *The Journal of Experimental Zoology* **6**: 147-205, 1909b.
- . Recent researches on the determination and inheritance of sex. *Science* **29**: 53-70, 1909c.

Maurice Wilkins e a polêmica acerca da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA

Marcos Rodrigues da Silva*

Resumo: Neste artigo é apresentado o relato de Maurice Wilkins de sua participação na construção do modelo da dupla hélice do DNA. O objetivo do artigo é discutir o enfoque oferecido por Wilkins acerca da participação de Rosalind Franklin no episódio da dupla hélice. De acordo com Wilkins, como ele tinha conhecimento das regras de Chargaff, que eram a pista principal para a estrutura do DNA, ele e Rosalind poderiam ter proposto um modelo para o DNA. No entanto, devido ao comportamento hostil de Rosalind, a cooperação entre os dois não se estabeleceu e a estrutura não foi proposta.

Palavras-chave: história da biologia; dupla hélice do DNA; Wilkins, Maurice

Maurice Wilkins and the controversy about Rosalind Franklin's involvement in the double helix dna model's construction

Abstract: In this paper we present Maurice Wilkins' account concerning his performance in the double helix DNA model's construction. The article has as aim to argue the approach given by Wilkins about Rosalind Franklin's involvement in the double helix DNA model's construction. Accordingly Wilkins, because himself had knowledge of the Chargaff's rules, and these rules were the ultimate clue to the structure for DNA, then himself and Rosalind could be suggest a model for DNA. However, because Rosalind's unfriendly behavior there was not co-operation between them and a structure was not proposed.

Key-words: history of biology; DNA's double helix; Wilkins, Maurice

1 INTRODUÇÃO

É bem conhecida a tese de que a construção do modelo da dupla hélice do DNA, apresentado à comunidade científica em 1953, foi

* Universidade Estadual de Londrina. Endereço: Rua Juscelino Kubitscheck 635, ap. 204. 86020-000 Londrina, Paraná. E-mail: mrs.marcos@uel.br

marcada por um processo de trabalho coletivo e interinstitucional. James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004), proponentes do modelo - e que trabalhavam no Instituto *Cavendish*, em Cambridge, na Inglaterra -, foram tributários de várias fontes de conhecimento científico; dentre estas fontes, uma foi padronizada pela literatura historiográfica sobre a dupla hélice como tendo o *status* de fundamental: as evidências empíricas com técnicas de difração de raio-X obtidas no *King's College* de Londres. Tais evidências foram produzidas pela biofísica e cristalógrafa de raio-X Rosalind Elsie Franklin (1920-1958).

Rosalind Franklin, ao chegar ao *King's* em 1951, estava dando curso ao programa de investigação de organismos (especialmente o DNA) a partir da cristalografia de raio-X, um programa de investigação que já contava, no *King's*, com as contribuições de outros físicos, como Maurice Wilkins (1916-2004). Por razões que serão examinadas neste artigo, o que era para ser um trabalho coletivo e comunitário entre Rosalind e Wilkins acabou sendo um dispêndio de esforços individuais. Em todo caso, seguindo a literatura, deveríamos fazer um acréscimo à frase anterior: “um dispêndio de esforços individuais” *no que diz respeito à construção, por parte de Wilkins e Rosalind, de uma estrutura para o DNA*. E este acréscimo seria devido ao fato de que, atesta unanimemente a historiografia, a produção de Rosalind foi fundamental para a construção do modelo, uma vez que suas evidências serviram de suporte a Crick e Watson. Mas, se serviram de suporte para Watson e Crick, por que não serviram para Rosalind? Ou então, numa versão mais intensa da mesma pergunta, por que não serviram de suporte para Rosalind e Wilkins? Aqui se localiza o problema historiográfico que o artigo pretende tratar, um problema que tem sua gênese no relato autobiográfico de Watson sobre a dupla hélice, publicado em 1968 com o título *The Double Helix*.

O surgimento do livro de Watson provocou o nascimento da historiografia da dupla hélice. E, dentre os vários momentos do episódio da construção do modelo apresentados por Watson, um deles por sua vez provocou o nascimento do que poderíamos chamar de um “sub-campo” da historiografia da dupla hélice: o estudo específico e detalhado da participação de Rosalind na construção do modelo, sub-campo este que se dedica a responder uma pergunta sugerida por

James Watson: por que Rosalind Franklin não construiu a estrutura molecular do DNA?¹ Dentre tantas respostas dadas à pergunta, uma delas é a de que Rosalind não encontrou, no *King's*, uma ambientação profissional adequada para a realização de seu trabalho; e isto por sua vez possui outra razão: ela não encontrou devido ao comportamento de Maurice Wilkins. Basicamente se argumenta que, se Wilkins tivesse conduzido os trabalhos de modo a situar Rosalind no problema do DNA, as evidências que serviram de suporte a Crick e Watson teriam servido para Wilkins e Rosalind².

Em 2003 foi publicado o relato autobiográfico de Wilkins, *The Third Man of the Double Helix*. Nele, procura se defender desta acusação. Sua linha argumentativa segue exatamente o mesmo padrão de *The Double Helix*, com uma ou outra nova informação: Rosalind, por conta de um episódio obscuro em sua chegada a Cambridge (uma carta a ela enviada pelo Diretor do *King's*, carta na qual o Diretor lhe informa que ela seria a única pessoa no laboratório a trabalhar com DNA), e por conta, a partir da carta, de alguns desentendimentos com Wilkins, teria se tornado uma adversária de qualquer concepção prévia acerca do DNA que fizesse menções à possibilidade de sua estrutura ser helicoidal. Para Wilkins, esta teria sido a razão da falta de entendimento entre ele próprio e Rosalind.

Neste artigo pretende-se, após uma rápida seção introdutória ao problema geral do livro de Wilkins (seção 1), apresentar a descrição histórica de Wilkins a respeito destes acontecimentos, bem como oferecer ao leitor uma estruturação de sua linha argumentativa geral (seção 2). Por fim (seção 3), pretende-se apresentar alguns problemas da estratégia geral de Wilkins. Na conclusão aponto dificuldades à hipótese de Wilkins de que, caso ele e Rosalind tivessem estabelecido um relacionamento profissional, a dupla hélice poderia ter aparecido no *King's* e não no *Cavendish*.

¹ Em outro artigo (Silva, 2010), procurei apresentar as dificuldades do estabelecimento de tal pergunta, sobretudo a partir da distinção entre a busca pela estrutura do DNA e a indicação de uma função genética do DNA.

² Para referências específicas sobre o comportamento de Wilkins em relação a Rosalind (e o prejuízo que este comportamento causou) ver Sayre (1975, cap. 5) e Maddox (2002, caps. 9 e 10).

2 WILKINS E A DUPLA HÉLICE

Faz parte do inexpugnável consenso historiográfico a afirmação de que a história da construção do modelo da dupla hélice do DNA é uma história marcada por muitos pequenos episódios, por uma construção coletiva e por aspectos que transcendem o científico propriamente dito; a respeito deste último ponto, em geral, é lembrado que a dupla hélice do DNA de James Watson e Francis Crick foi, entre outras coisas, um produto de uma série de circunstâncias institucionais e pessoais – sobretudo no que diz respeito ao relacionamento entre dois laboratórios de pesquisa da Inglaterra, e também no que diz respeito ao relacionamento entre os cientistas que atuavam nestes laboratórios.

O primeiro destes laboratórios era o *King's College*, de Londres. Neste, dirigido por *Sir* John Randall, atuavam, no início da década de 50 do século passado, Wilkins e Rosalind, que trabalhavam em aplicações de técnicas da física para a solução de problemas biológicos e bioquímicos, aplicações estas que eram uma tendência científica da época. O maior destes problemas era o de decifrar a estrutura química do DNA – os arranjos moleculares que tornariam o DNA portador de estabilidade suficiente para ocupar um papel no envio de informações genéticas para a produção regular de novas células a partir de uma auto-reprodução. Para a obtenção desta estrutura acreditava-se que o melhor meio para a produção de evidências empíricas seria pela difração de raio-X, uma técnica da física que permitia, mediante a cristalização de algum objeto, conhecer seu arranjo molecular. Em função disso a cristalógrafa Rosalind Franklin é convidada para compor a equipe do *King's*.

O segundo laboratório era o *Cavendish*, localizado em Cambridge. Neste trabalhavam Crick e Watson, em programas de pesquisa que não incluíam diretamente o DNA. Porém Watson havia chegado dos Estados Unidos com uma pergunta geral que ele esperava ser respondida por meio da obtenção da estrutura do DNA; a pergunta, cujo caminho para uma resposta havia sido sugerido por Erwin Schrödinger em 1944, era nada menos que: o que é vida? Crick compreende a urgência da pergunta e se associa a Watson na busca por uma resposta.

Como já apontei, Wilkins e Rosalind não conseguem estabelecer, por razões que serão examinadas neste artigo, um bom relacionamento profissional. Porém Rosalind produziu uma série de evidências empíricas que seriam depois decisivas para Watson e Crick apresentarem em 1953 sua bem sucedida estrutura do DNA. Uma história – mesmo geral e resumida – da construção desta estrutura não será objeto deste artigo.

Em 1968 Watson publica um livro com sua versão autobiográfica a respeito da construção do modelo. Sua versão é devastadora: pela primeira vez se torna público que ele e Crick utilizaram, sem nenhum pudor, e sem autorização, os dados de Rosalind³. A versão de Watson é filosoficamente convincente e sedutora: Rosalind não os utilizava adequadamente, e por isso não teria sido incorreto tomá-los emprestado⁴. Associada a esta explicação se apresentava também uma concepção de ciência: os experimentos não podem ser considerados pontos de partida⁵. Em suma: Rosalind era uma cientista experimental,

³ Sobre este episódio conferir Abir-Am (2002, p. 69), Maddox (2002, p. 212), Piper (1998, p. 154) e Sayre (1975, p. 167).

⁴ Uma versão filosófica deste argumento de Watson pode ser encontrada em Giere (1999).

⁵ Estamos aqui diante do problema da experiência como fonte do conhecimento, problema este que permeia as abordagens empiristas de ciência. Entretanto, há outra discussão a respeito de concepção de ciência que, normalmente, não é conduzida quando se trata da dupla hélice. Refiro-me aqui ao problema de tratar conceitos científicos (como “DNA”) deslocados de sua relação com outros conceitos, com teorias que os utilizam e com os problemas nos quais estão inseridos. Alhures (Silva, 2007), tratei sumariamente deste ponto.

É perfeitamente razoável aqui utilizarmos a noção de Moulines (1991, p. 195), de que os conceitos científicos se “engancham” uns nos outros, como uma excelente aproximação da abordagem de Crick e Watson em relação ao DNA. (Deixo claro aqui que Moulines, no texto utilizado para este trabalho, não trata do exemplo do DNA. Quando utilizar, neste parágrafo, referências a Moulines, o farei tendo em vista uma apropriação da discussão epistemológica geral proposta por Moulines.) O significado de DNA para Watson e Crick (inclusive antes de 1953) não se dava *apenas* por um exame das ocorrências empíricas da molécula, por meio de uma abordagem operacionalista (Moulines 1991, p. 186; p. 190). Ao invés, como se sabe, mesmo antes da proposição da dupla hélice, Watson já especulava a respeito

cujos métodos empíricos jamais a fariam progredir na obtenção da estrutura; ele e Crick, por outro lado, sabiam o que fazer com os dados.

O relato de Watson provocou o nascimento de uma tradição de pesquisa historiográfica sobre o tema. Diversos historiadores até hoje buscam compreender os episódios que compõem a história da dupla hélice a partir da agenda de Watson, o que tem provocado uma discussão que nem sempre prima pela cordialidade. Em geral (embora nem sempre) os historiadores acabam se colocando em posições de “pró-Watson” ou “pró-Rosalind”⁶; e, por mais que suas descobertas históricas e contribuições historiográficas sejam fundamentais (sem elas este artigo não existiria), a opção por posições radicais é um fato que dificilmente poderia ser negado.

Maurice Wilkins, na condição de narrador autobiográfico da história da dupla hélice, segue o plano historiográfico geral a respeito do episódio. E ele o faz de uma perspectiva abertamente pessoal, sobretudo em vista dos ataques a que foi submetido pela linha historiográfica “pró-Rosalind”. O principal ataque a ele produzido é o de que Rosalind, se tivesse encontrado nele alguma forma de apoio profissional, poderia ter produzido uma estrutura para o DNA. Se Wilkins tivesse adotado uma posição mais encorajadora para uma associação

das relações que deveriam ser estabelecidas entre DNA, RNA e proteínas (antecipando com isso diversas *questões* que redundariam no dogma central da biologia). Deste modo o significado de “DNA”, numa abordagem relacional (denominada por Moulines de “holística”), se estabelece na associação com outros conceitos que pertencem ao sistema teórico do qual “DNA” faz parte. Portanto, a dupla hélice não estabelece por si só um significado para “DNA”, senão que ela deve, *na medida em que está enganchada com outros conceitos*, se relacionar de modo coerente com estes outros conceitos. (Foi utilizada, aqui, apenas a segunda forma de tratamento dos conceitos em uma abordagem holística, das duas formas propostas por Moulines. Além disso acrescento que, sem problematizar aqui a noção filosófica de uma abordagem relacional, e sobretudo sem compará-la com outras abordagens relacionais, tal noção filosófica pode ser encontrada por exemplo em Kuhn (1995, p. 163-164), Thagard (1992, p. 46) e Laudan (1977, p. 81).)

⁶ Contra esta forma de conduzir a discussão ver Selya (2003) e Creager e Morgan (2008).

científica e profissional com Rosalind, o rumo da história teria sido bastante diferente.

A resposta de Wilkins, ao longo do livro, segue a linha historiográfica de Watson: Rosalind estava por demais envolvida com o trabalho experimental e não permitia aberturas para a compreensão do significado da molécula, e portanto não compreendia o alcance de métodos como o de construção de modelos de Linus Pauling e o alcance de descobertas de regularidades empíricas fundamentais como as proporções de Erwin Chargaff. E, mais importante, e nisto Wilkins não inova em nada o relato de Watson, Rosalind era “anti-hélica”; ou seja: ela tinha uma predisposição teórica contra a idéia de que o DNA pudesse ser representado molecularmente num arranjo helicoidal. O mais interessante contudo é que, de acordo com a hipótese de Wilkins, Rosalind não oferecia aberturas a novas formas de pensar sobre o DNA em vista de um episódio envolvendo uma carta de Randall (o supracitado diretor do *King's*) a Rosalind, na qual ele deixa claro que o trabalho sobre o DNA deveria ser feito apenas por ela (sem a participação de Wilkins, que seria excluído da investigação); porém, como Wilkins não fora informado disto, e portanto como continuava a trabalhar com o DNA, um desentendimento posterior ocorreu entre ele e Rosalind, desentendimento este que teria sido fatal para as pretensões de um trabalho colaborativo.

Vejamos agora, nas duas próximas seções, como Wilkins articula sua argumentação, mantendo-se fiel à tradição historiográfica inaugurada por Watson.

3 O RELATO DE WILKINS

Basicamente, e por razões óbvias, a narrativa de Wilkins gira em torno de sua problemática relação com Rosalind Franklin; neste sentido o livro é tributário, em grande medida, e *neste aspecto*, de *The Double Helix*, com a vantagem de Wilkins ter dividido o cenário do *King's College* com Rosalind. Mas Wilkins segue o padrão de Watson: o comportamento profissional de Rosalind não era um indicativo de uma relação científica adequada para resolver o problema da estrutura do DNA. Vejamos então alguns momentos importantes desta narrativa.

De acordo com Wilkins (Wilkins, 2003, p. 128), teria sido uma iniciativa sua incorporar Rosalind ao trabalho com DNA, pois ela teria

sido chamada por Randall para pesquisas sobre soluções de proteínas (*ibid*, p. 128; 147). Após um contato inicial Wilkins e Rosalind estabelecem algumas discussões sobre DNA, discussões estas que são reconhecidas por Wilkins em seu *paper* “Nucleic Acid – An Extensible Molecule?” (*ibid*, p. 131). Segue-se um período de contatos informais. Logo em seguida Rosalind começa, com seu trabalho experimental, a corrigir alguns procedimentos experimentais de Wilkins e Alex Stokes (que trabalhava junto com Wilkins). No livro Wilkins não revela nenhum aborrecimento com as correções de Rosalind; na verdade, classifica-as como uma “contribuições muito úteis aos estudos sobre DNA” (*ibid*, p. 135).

Em julho de 1951, em Cambridge, Wilkins profere uma conferência apresentando sugestões acerca da natureza helicoidal do DNA num encontro organizado por Max Perutz (importante pesquisador do *Cavendish* e vencedor de um Prêmio Nobel em 1962 pela estrutura da hemoglobina). Após sua fala, Wilkins encontra com Rosalind, e esta lhe diz, sem introdução: “Volte para seus microscópios!” (Wilkins, 2003, p. 142)⁷. Wilkins, chocado, procura encontrar uma explicação para o comportamento de Rosalind. Esta explicação, de acordo com ele, só foi obtida após terem encontrado – depois da morte de Rosalind em 1958 - uma carta de Randall para Rosalind, datada de 04 de dezembro de 1950. Nesta carta, Randall deixa claro a Rosalind que apenas ela (em conjunto com Raymond Gosling⁸) trabalhará com DNA. E por isso sua irritação com o comportamento de Wilkins. Naturalmente, Wilkins narra de forma perplexa esta situação, uma vez que ele jamais teria manifestado qualquer desejo de abandonar a pesquisa sobre DNA (*ibid*, p. 148).

Um outro problema ocorre em setembro do mesmo ano. Wilkins havia voltado de uma conferência nos Estados Unidos, e nesta viagem ele conheceu Erwin Chargaff, responsável por aquilo que se chama “regras de Chargaff” (AT=1, CG=1). Como se sabe, tais re-

⁷ Wilkins trabalhou com observações do movimento e crescimento de DNA em células vivas, observações feitas através de um microscópio (Wilkins, 2003, p. 106-107).

⁸ Gosling era assistente de Wilkins e posteriormente se tornou assistente de Rosalind.

gras foram fundamentais para Crick e Watson, que as utilizaram para formular uma “regra de pareamento”, pareamento este que só se tornou possível com dupla hélice e que foi fundamental para os desdobramentos da função genética do DNA. Wilkins não percebe, de imediato, o pareamento, mas retorna entusiasmado com as descobertas de Chargaff. Em seguida procura Rosalind para lhe relatar sobre as evidências de Chargaff e como elas poderiam ser exploradas no “trabalho deles” (Wilkins, 2003 p. 154). Wilkins começa então a falar da importância da evidência de Chargaff, mas é interrompido por Rosalind, que anuncia sua descoberta de que o DNA possuía uma segunda forma, mais úmida, que ela denominou de “forma B”. Wilkins tenta retomar a palavra, mas novamente ela é capturada por Rosalind que a usou para expressar que “parecia que [Wilkins] não desejava ouvir o que ela tinha para dizer [a ele]” (*ibid*, p. 154). Além disso, a descoberta de Rosalind fora por ela anunciada como um conserto de um erro cometido por Wilkins e por Gosling (na umidade do DNA – para Wilkins e Gosling era de 92%; para Rosalind era de 75%); tal ênfase no erro de Wilkins levou este a apreciar a descoberta sem o menor “prazer” (*ibid*, p. 155), a despeito de seu reconhecimento da importância da descoberta (*ibid*, p. 155).

O terceiro contato problemático entre os dois ocorre por volta da metade de 1951. Após ler o famoso artigo de Pauling sobre a alfa-hélice (da estrutura para a queratina), Wilkins se deslumbra (como virtualmente todos na época o fizeram) com o método de Pauling de construção de modelos. Wilkins propõe a Stokes que ele produza um novo cálculo da difração a partir de uma hélice; os cálculos correspondem aos padrões obtidos por Rosalind na forma B. Em seguida, ele e Stokes se dirigem à sala de Rosalind e lhe relatam a correspondência entre os cálculos e as evidências. A reação de Rosalind é idêntica ao episódio anterior do “volte para seus microscópios!”, alterando apenas a sentença: “Como você ousa interpretar meus resultados!” (Wilkins, 2003, p. 161).

São estes os três episódios problemáticos narrados por Wilkins. Vejamos agora como Wilkins os compreende enquanto situações que impediram um trabalho cooperativo entre eles.

Wilkins, de forma hábil, conecta os três episódios com a recepção de Rosalind à carta de Randall; para ele, é a carta que determina o rumo que a sua relação profissional com Rosalind irá tomar. Um

exemplo desta ênfase de Wilkins é sua interpretação (bastante ousada, ainda que não original) de que Rosalind nunca teria se inclinado a compreender o DNA como helicoidal para demarcar seu campo de ação do de Wilkins e Stokes, ambos helicistas.

Ora, desde a descoberta das notas de trabalho de Rosalind por Aaron Klug (1974), sabe-se que Rosalind, já num seminário de novembro de 1951 no *King's*, se intrigava com a possibilidade de as evidências empíricas apontarem uma estrutura helicoidal para o DNA (as notas deste seminário, especificamente, contêm explicitamente a sugestão de que o DNA poderia ser helicoidal). Inclusive, tais notas têm sido utilizadas por historiadores e biógrafos de Rosalind para argumentar que Rosalind nunca havia sido anti-hélica. Mas aqui temos um ponto interessante: Wilkins reconhece a existências das notas (e de fato não poderia negá-las) porém afirma que não se recorda de considerações, na fala de Rosalind, que sugerissem algo vinculado a hélices (Wilkins, 2003, p. 163). A partir deste momento Wilkins se dedica a mostrar (como Watson já o fizera) que a orientação anti-hélica de Rosalind deformava seu julgamento a respeito das evidências (*ibid*, p. 183). Esta deformação chega a seu auge quando Rosalind se torna hélica a respeito da forma B do DNA, mas permanece anti-hélica a respeito da forma A.

Podemos então, a partir disso, estruturar a linha argumentativa de Wilkins: a carta de Randall teria sido a causa da falta de colaboração entre Wilkins e Rosalind.

4 A HIPÓTESE DE WILKINS

Supondo que a carta tenha causado o estrago que Wilkins afirma que causou, e aceitando que Rosalind não desejava atuar como fornecedora de dados empíricos para investigações alheias, temos então dois aspectos que nos permitem perceber que há, efetivamente, um quadro relativamente bem definido das relações entre Wilkins e Rosalind, e a partir disso concluir que elas não eram exatamente o que de melhor é possível obter em termos de relação profissional. Porém, o que é obtido a partir desta conclusão? O próprio Wilkins sugere algo interessante (que de certo modo já foi sugerido por outros): como ele estava consciente da importância do pareamento das bases, se eles tivessem estabelecido um bom relacionamento, então “[...] haveria

muito pouco que nos impedisse de descobrir a dupla hélice” (Wilkins, 2003, p. 221). Podemos agora, com isso, examinar com mais detalhes a sugestão de Wilkins. E ela possui dois problemas fundamentais.

O primeiro problema é que, a despeito dos problemas de relacionamento, Wilkins e Rosalind ainda discutem sobre DNA. Em 28 de janeiro de 1953 (seis meses depois de um tenso encontro entre eles, encontro este que narrei na terceira seção acima, e que é o terceiro encontro problemático de Wilkins e Rosalind), Rosalind apresenta os resultados de sua pesquisa, omitindo qualquer consideração sobre a forma B do DNA (Wilkins, 2003, p. 200). Após a fala de Rosalind, no tempo destinado às perguntas, Wilkins lhe dirige a questão de se sua estrutura não-hélica a respeito da forma A (sobre a qual versava sua palestra) se conciliava com as evidências da forma B. Apenas para constar: Rosalind responde que para ela não havia qualquer problema em considerar o DNA A como não-hélico e o DNA B como hélico. Mas não é isto o que importa aqui. O que importa é que Rosalind e Wilkins, de um modo ou outro, estão novamente em discussões sobre pesquisas em DNA⁹.

O segundo problema com a narrativa de Wilkins parece mais complexo. Como vimos, Wilkins reivindica o reconhecimento de seu entusiasmo acerca da importância da idéia do pareamento das bases. Para lidar com este segundo problema, porém, precisamos dividi-lo em duas partes.

Na primeira parte devemos verificar com cuidado o significado de “entusiasmo” (“I was keen about the importance of [base pairing]”, Wilkins, 2003, p. 221). Nem todos estavam entusiasmados, de fato. Mas além de Wilkins, sabemos que Watson e Crick compartilhavam com ele tal entusiasmo. Porém, diferentemente de Wilkins, Crick e Watson deram início a uma mobilização que foi fundamental para que *eles tornassem*¹⁰ o que era na verdade uma regra de proporção (a descoberta de Chargaff) em uma regra de pareamento. Antes, o que

⁹ E na verdade não há nenhum espanto aqui: Randall havia determinado que cada um deles trabalharia com uma forma de DNA. Wilkins com a forma B e Rosalind com a forma A (Polcovar, 2006, p. 74).

¹⁰ Isto é reconhecido mesmo por uma defensora de Rosalind. Para Elkin, o pareamento teria sido uma “idéia brilhante de Watson” (Elkin, 2003).

se tinha disponível era a proporção, não o pareamento. É somente com o benefício da visão retrospectiva que Wilkins pode afirmar que estava entusiasmado com o pareamento. Na verdade tudo indica que ele estava entusiasmado com as regras de proporção e não com o pareamento.

O que nos conduz à segunda parte do segundo problema. De acordo com Wilkins, como já vimos, ele toma contato com as regras de Chargaff em setembro de 1951, e acrescenta que o próprio Chargaff não relacionou tais regras a pareamentos (Wilkins, 2003, p. 151). Segundo Wilkins, ele próprio demorou algum tempo para fazer a relação (*ibid*, p. 152). Isto será feito, novamente segundo o relato do próprio Wilkins, no início de 1953 (*ibid*, p. 199). Nesta época, Wilkins tem uma “[...] idéia geral do pareamento das bases [...] que estava correta” (*ibid*, p. 200).

Ora, façamos um balanço então do que impede Wilkins de, a despeito de sua problemática relação com Rosalind, propor uma modelo para o DNA. Wilkins possui, como Watson e Crick, os dados de Chargaff e possui também idéias gerais sobre o pareamento. Ele possui também a evidência que é considerada decisiva para Watson e Crick: a foto 51¹¹. E, ao contrário de Watson e Crick, Rosalind sabe que ele a possui. Mais do que isso: Wilkins possui, diferentemente de Crick e Watson, acesso ilimitado à evidência. Watson apenas a vira uma vez (ela foi mostrada pelo próprio Wilkins) e Crick não a vira. Então, diante disto tudo, o que impedia Wilkins de individualmente propor a estrutura? Se Watson e Crick conseguiram com menos elementos, por que Wilkins não poderia ter conseguido?

A seguir, na conclusão, sugiro uma resposta a esta a pergunta. Porém, aqui, me limito a mostrar que os dois problemas acima apontados parecem suficientes para sugerir que a explicação de Wilkins

¹¹ A foto 51 é considerada, unanimemente, a evidência empírica mais importante a respeito do DNA na época do surgimento da dupla hélice. Ela foi produzida em 1952. Em outro artigo (Silva, 2010), explorei alguns relatos a respeito da atitude de Rosalind quando da produção da foto 51 de modo a procurar estabelecer seus reais objetivos de investigação.

para não ter obtido a dupla hélice a partir de suas considerações sobre seu relacionamento com Rosalind não parece convincente.

5 CONCLUSÃO

É reconhecido que a percepção de Watson e Crick a respeito da importância das regras de Chargaff (a ponto de terem-nas transformado em pareamento de bases) foi fundamental para terem proposto um modelo para o DNA. Porém, mais importante do que a percepção, sem dúvida foi a *mobilização* empreendida para a utilização dos dados de Chargaff.

Watson e Crick desejavam *explicar* os dados de Chargaff. Mas é importante atentarmos para o significado de “explicação” no contexto da construção do modelo da dupla hélice. Explicar os dados de Chargaff significava tanto incorporar os dados quanto, principalmente, utilizá-los de modo a que a química das bases nitrogenadas pudesse oferecer pistas de como o DNA se replica. Ou seja: de um ponto de vista metodológico existe uma precedência no que diz respeito ao problema da replicação do DNA (aquilo que se costuma chamar de função genética do DNA), algo que é atestado pelo próprio Watson. Antes de chegarem à dupla hélice, foram feitas algumas tentativas, e uma delas desagradou Crick pelo fato de não explicar as proporções de Chargaff (Watson, 1997, p. 151). Quando propõem a dupla hélice, inversamente, uma das virtudes que eles reivindicam para o modelo é a de que ele sugere um esquema de replicação (Watson 1997, p. 154), esquema este que dependia fortemente dos resultados de Chargaff. Em carta para Max Delbrück escrita em 12 de março de 1953, Watson anuncia que ele e Crick estão enviando a *Nature* um artigo com o modelo da dupla hélice, artigo no qual não apresentam evidências empíricas para o próprio modelo; mas a virtude do modelo é que ele pode abrir um caminho para uma compreensão da função genética do DNA (Olby, 1974, p. 416).

Sobre isto nada pode ser mais eloquente do que o depoimento de Francis Crick:

A descoberta chave foi a determinação de Jim [Watson] da natureza exata dos dois pares de bases (A com T, G com C). [...] Em um certo sentido a descoberta de Jim foi por sorte, mas a maioria das descobertas contém um elemento de sorte. O ponto mais importante é que

Jim estava procurando algo significativo e *imediatamente reconheceu o significado dos pares corretos quando se deparou com eles por acaso* - “o acaso favorece a mente preparada”. (Crick, 1988, pp. 65-66)

Defensora irrestrita de Rosalind Franklin, a historiadora (apenas deste episódio) Anne Sayre produziu um excelente comentário da utilização de Watson e Crick das regras de Chargaff. Para ela, a percepção das regras de Chargaff foi “esplêndida”; mas, questiona Sayre: até onde iria Watson sem a ajuda de Jerry Donohue (químico que auxiliou Watson e Crick a utilizar corretamente os dados de Chargaff) (Sayre, 1975, p. 164)? De acordo com o próprio Donohue, sem seu auxílio eles estariam “até hoje” tentando compreender o pareamento (Maddox, 2002, p. 204; Polcovar, 2006, p. 104). Inegavelmente, Donohue parece ter razão e portanto Sayre também tem razão. Mas isto não reforça o ponto de vista de Crick?

Reforçando ou não¹², a verdade é que Watson e Crick se mobilizaram de um modo que ninguém o fez¹³. Wilkins, como já vimos, parecia ávido em fazer tal movimento. Mas não o fez. Restou-lhe culpar Rosalind por não ter feito.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à Fundação Araucária do Paraná o apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIR-AM, Prina Geraldine. The Rockefeller Foundation and the rise of molecular biology. *Nature Reviews - Molecular Cell Biology* **3**: 65-70, 2002.

CREAGER, Angela, MORGAN, Gregory. After the double helix. *Isis* **99**: 239-272, 2008.

CRICK, Francis. *What mad pursuit: a personal view of scientific discovery*.

¹² De todo modo, Crick acaba por sugerir virtudes perceptivas de Watson que, numa abordagem relacional de concepção de ciência, seriam desnecessárias para explicar o sucesso de Watson.

¹³ Com isso, naturalmente, não sugiro (na verdade, inclusive, nego) que Watson e Crick tenham tido uma percepção mais profunda acerca do DNA do que a de Wilkins e que a de Rosalind.

- New York: Basic Books, 1988.
- ELKIN, Lynne Osman. Defending Franklin's legacy. *NOVA, Science Programming on air and online*. Disponível em <<http://www.pbs.org/wgbh/nova/photo51/elkin.html>>. Acesso em: 18 de julho de 2010.
- GIERE, Ronald. *Science without laws*. Chicago: The University of Chicago Press, 1999.
- KLUG, Aaron Rosalind Franklin and the double helix. *Nature* **248**: 776-79, 1974.
- KUHN, Thomas Samuel. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Nelson Boeira. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 1995.
- LAUDAN, Larry. *Progress and its problems*. London: Routledge, 1977.
- MADDOX, Brenda. *Rosalind Franklin: the dark lady of DNA*. New York: Harper Colins, 2002.
- MOULINES, Carlos Ulisses. *Pluralidad y recursión*. Madrid: Alianza, 1991.
- OLBY, Robert. *The path to the double helix*. London: MacMillan, 1974.
- PIPPER, Anne. Light on a dark lady. *Trends in Biochemical Sciences* **23**: 151-54, 1998.
- POLCOVAR, Jane. *Rosalind Franklin and the Structure of Life*. Greenboro: Morgan Reynolds, 2006.
- SAYRE, Anne. *Rosalind Franklin and DNA*. New York: W.W. Norton & Company, 1975.
- SELYA, Rena. Defined by DNA: the intertwined lives of James Watson and Rosalind Franklin. *Journal of the History of Biology* **36**: 591-97, 2003.
- SILVA, Marcos Rodrigues da. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. Pp. 297-310, in MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; PRESTES, Maria Elice Brzezinski; STEFANO, Waldir; MARTINS, Roberto de Andrade. (orgs). *Filosofia e História da Biologia* 2. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa – MackPesquisa; Livraria da Física, 2007.
- . As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla-hélice. *Scientiae Studia* **8**(1): 69-92, 2010.
- THAGARD, Paul. *Conceptual revolutions*. Princeton: Princeton University Press, 1992.
- WATSON, James Dewey. *The double helix*. London: Weidenfeld &

Nicolson, 1997.

WILKINS, Maurice. *The third man of the double helix*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

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*. 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.

Os artigos devem ter um máximo de 6.000 palavras (incluindo as notas de rodapé) e devem seguir o modelo da ABFHiB, disponível em <http://www.abfhib.org/Publicacoes/Modelo-Fil-Hist-Biol.doc>. As resenhas devem ter um máximo de 2.000 palavras. Excepcional-

mente, 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).

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.

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.

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

