

# ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA V

HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA  
(ORG.)

ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
V

Conselho Editorial Acadêmico  
Responsável pela publicação desta obra

Prof. Dr. Washington Luiz Pacheco de Carvalho

Prof. Dr. João José Caluzi

Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira

Prof. Dr. Antonio Vicente Marafioti Garnica

Profa. Dra. Luciana Maria Lunardi de Campos

Prof. Dr. Roberto Nardi

Prof. Dr. Osmar Cavassan

Prof. Dr. Nelson Antonio Pirola

ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA  
(ORG.)

ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
V  
HISTÓRIA E FILOSOFIA  
DA CIÊNCIA

CULTURA  
ACADÊMICA   

---

Editora

© 2011 Editora UNESP

**Cultura Acadêmica**

Praça da Sé, 108  
01001-900 – São Paulo – SP  
Tel.: (0xx11) 3242-7171  
Fax: (0xx11) 3242-7172  
www.editoraunesp.com.br  
feu@editora.unesp.br

CIP – Brasil. Catalogação na fonte  
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

---

E52

Ensino de ciências e matemática, V : história e filosofia da  
ciência / Ana Maria de Andrade Caldeira (org.). – São Paulo :  
Cultura Acadêmica, 2011.  
335p. : il.

Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7983-214-7

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Matemática – Estudo e ensino.  
3. Professores de ciência – Formação. 4. Ciência – Estudo e ensino –  
Filosofia. 5. Ciência – Aspectos sociais. I. Caldeira, Ana Maria de  
Andrade.

11-7976.

CDD: 507  
CDU: 5(07)

---

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



Asociación de Editoriales Universitarias  
de América Latina y el Caribe



Associação Brasileira de  
Editoras Universitárias

# SUMÁRIO

Apresentação 9

## PARTE A – ENSINO DE BIOLOGIA

- 1 Uma proposta de estudos ecológicos:  
a semiótica como referencial didático,  
metodológico e epistemológico 15  
*Fernanda da Rocha Brando*  
*Ana Maria de Andrade Caldeira*
- 2 Eugenia: o enlace entre ciência e educação 41  
*Claudio Bertolli Filho*  
*Ana Carolina Biscalquini Talamoni*
- 3 Cadáveres expostos: ensino e entretenimento  
na constituição da anatomia 59  
*Ana Carolina Biscalquini Talamoni*  
*Claudio Bertolli Filho*
- 4 A integração conceitual no ensino de Biologia:  
como professores universitários relacionam  
gene a diferentes conteúdos biológicos 75  
*Mariana A. Bologna Soares de Andrade*  
*Thais Benetti de Oliveira*

*Eduarda Maria Schneider*  
*Fernanda Aparecida Meglhioratti*  
*Ana Maria de Andrade Caldeira*

- 5 Teoria genotípica à luz da epistemologia de Gaston Bachelard: algumas reflexões acerca dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo 93

*Lourdes Aparecida Della Justina*  
*Ana Maria de Andrade Caldeira*

- 6 Ensino de Biologia no ensino médio: os ritmos biológicos e o “sono das plantas” 111

*Maria de Fátima Neves Sandrin*  
*Eduardo Adolfo Terrazzan*

- 7 Nietzsche e Darwin: refletindo sobre possíveis fusões e dicotomias de seus pensamentos 129

*Caio Samuel Franciscati da Silva*  
*Thais Benetti de Oliveira*  
*Ana Maria de Andrade Caldeira*  
*Jair Lopes Junior*

- 8 Interações discursivas em sala de aula e indicadores de alfabetização científica nos anos iniciais da educação básica 147

*Jair Lopes Junior*  
*Fabiana Maris Versuti-Stoque*

- 9 Construindo um modelo do conceito de meio ambiente mediante os modelos científicos de unidades ecológicas: contribuições para o ensino de Ecologia 169

*Job Antonio Garcia Ribeiro*  
*Osmar Cavassan*  
*Fernanda Rocha Brando*

## PARTE B – ENSINO DE FÍSICA

- 10 As distorções nos livros didáticos e os obstáculos epistemológicos na formação de conceitos referentes ao experimento de Ørsted 193  
*Moacir Pereira de Souza Filho*  
*Sérgio Luiz Bragatto Boss*  
*João José Caluzi*
- 11 Dois princípios de Du Fay para a eletricidade: uma análise de como a discussão em sala de aula pode auxiliar os alunos na aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica 211  
*Sérgio Luiz Bragatto Boss*  
*Moacir Pereira de Souza Filho*  
*João José Caluzi*
- 12 Concepções e perfis epistemológicos de estudantes universitários referentes aos conceitos abstratos do eletromagnetismo 231  
*Moacir Pereira de Souza Filho*  
*Sérgio Luiz Bragatto Boss*  
*João José Caluzi*
- 13 Seleção de fontes históricas para o trabalho em sala de aula: uma análise do “Poema para Galileu” em duas perspectivas diferentes 249  
*Maria Fernanda Bianco Gução*  
*Marcelo Carbone Carneiro*  
*Sérgio Luiz Bragatto Boss*  
*Moacir Pereira de Souza Filho*  
*João José Caluzi*

PARTE C – ENSINO DE QUÍMICA

- 14 Ontologia × epistemologia: ideário de licenciandos  
acerca da natureza do conhecimento 269

*José Bento Suart Júnior*

*Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani*

*Marcelo Carbone Carneiro*

- 15 A visão histórica do conceito de números  
quânticos em livros de Química para o  
ensino médio 293

*Marcelo Maia Cirino*

*Aguinaldo Robinson de Souza*

PARTE D – ENSINO DE MATEMÁTICA

- 16 A filosofia kantiana: importância, limitações e  
possíveis contribuições para o saber matemático  
e seu ensino-aprendizagem 315

*Renata Cristina Geromel Meneghetti*

# APRESENTAÇÃO

O livro *Ensino de Ciências e Matemática V*: temas sobre História e Filosofia da Ciência é composto por 16 capítulos que foram produzidos por docentes e pós-graduandos do curso de Pós-Graduação em Educação para Ciência.

Nesses capítulos, são apresentados estudos teóricos e empíricos que, com aportes oriundos dos corpos de conhecimentos produzidos pela História e Filosofia das Ciências, procuram problematizar e discutir questões fundamentais para o Ensino de Biologia, Física, Química e Matemática.

Trata-se de pesquisas que lançam um olhar para a sala de aula localizando conceitos que, eventualmente, são trabalhados de forma distorcida ou com abordagens não condizentes sobre a História e a Filosofia da Ciência e por meio de estudos de autores dessas áreas propõem reformulações nos pressupostos teóricos e, em alguns casos, com reflexo direto na prática docente. Para uma melhor organização, o livro foi dividido em subáreas.

Na parte A, apresentamos textos de autores que trabalham especificamente com a interface História ou Filosofia da Biologia: Ana Maria de Andrade Caldeira e Fernanda Rocha Brando escreveram “Uma proposta de estudos ecológicos: a semiótica como referencial didático, metodológico e epistemológico”. Cláudio Bertolli Filho e

Ana Carolina Biscalquini Talamoni apresentam “Eugenia: o enlace entre ciência e educação” e “Cadáveres expostos: ensino e entretenimento na constituição da anatomia”.

Mariana A. Bologna Soares de Andrade, Thais Benetti de Oliveira, Eduarda Maria Schneider, Fernanda Aparecida Meghioratti e Ana Maria de Andrade Caldeira organizaram o texto “A integração conceitual no ensino de Biologia: como professores universitários relacionam gene a diferentes conteúdos biológicos”. Lourdes Aparecida Della Justina e Ana Maria de Andrade Caldeira trazem “A teoria genotípica à luz da epistemologia de Gaston Bachelard: algumas reflexões acerca dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo”. Maria de Fátima Neves Sandrin e Eduardo Adolfo Terrazzan apresentam “Ensino de Biologia no ensino médio: os ritmos biológicos e o ‘sono das plantas’”. Thais Benetti de Oliveira, Caio Samuel Franciscati da Silva, Ana Maria de Andrade Caldeira e Jair Lopes Junior articulam os “Pensamentos de Nietzsche e Darwin: refletindo sobre possíveis fusões e dicotomias de seus pensamentos”. Jair Lopes Junior e Fabiana Maris Versuti-Stoque apresentam “Interações discursivas em sala de aula e indicadores de alfabetização científica nos anos iniciais da educação básica”. Job Antonio Garcia Ribeiro, Omar Cavassan e Fernanda Rocha Brando acrescentam “Construindo um modelo do conceito de meio ambiente mediante os modelos científicos de unidades ecológicas: contribuições para o ensino de Ecologia”. Esses capítulos representam importantes contribuições de pesquisa tanto para aqueles que se dedicam à pesquisa sobre ensino de Biologia, como também para o professor de Biologia.

Na parte B, apresentamos textos de autores que trabalham especificamente com a interface História ou Filosofia da Física. Moacir Pereira de Souza Filho, Sérgio Luiz Bragatto Boss e João José Caluzi apresentam “As distorções nos livros didáticos e os obstáculos epistemológicos na formação de conceitos referentes ao experimento de Ørsted”, “Dois princípios de Du Fay para a eletricidade: uma análise de como a discussão em sala de aula pode auxiliar os alunos na aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica” e “Concepções e perfis epistemológicos de estudantes

universitários referentes aos conceitos abstratos do eletromagnetismo”. Maria Fernanda Bianco Gução, Marcelo Carbone Carneiro, Sérgio Luiz Bragatto Boss, Moacir Pereira de Souza Filho e João José Caluzi produziram uma importante contribuição sobre “Seleção de fontes históricas para o trabalho em sala de aula: uma análise do ‘Poema para Galileu’ em duas perspectivas diferentes”.

Na parte C, apresentamos textos de autores que trabalham especificamente com a interface História ou Filosofia da Química. José Bento Suart Júnior, Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani e Marcelo Carbone Carneiro propõem “Ontologia  $\times$  epistemologia: ideário de licenciandos acerca da natureza do conhecimento”. Marcelo Maia Cirino e Aguinaldo Robinson de Souza constroem “A visão histórica do conceito de números quânticos em livros de Química para o ensino médio”.

Na parte D, apresentamos textos de autores que trabalham especificamente com a interface História ou Filosofia da Matemática. Renata Cristina Geromel Meneghetti elabora o texto “A filosofia kantiana: importância, limitações e possíveis contribuições para o saber matemático e seu ensino-aprendizagem”.



**PARTE A**

**ENSINO DE BIOLOGIA**



# 1

## UMA PROPOSTA DE ESTUDOS ECOLÓGICOS: A SEMIÓTICA COMO REFERENCIAL DIDÁTICO, METODOLÓGICO E EPISTEMOLÓGICO

*Fernanda da Rocha Brando<sup>1</sup>*  
*Ana Maria de Andrade Caldeira<sup>2</sup>*

### Introdução

A ciência ecológica dedica-se ao estudo da trama de relações existentes entre os organismos e os fatores bióticos e abióticos do meio, as quais influenciam as diferentes formas de organização dos seres vivos. De acordo com essa ampla compreensão, Drouin (1991) explicita brevemente alguns entendimentos sobre a Ecologia em algumas abordagens, tais como: uma Ecologia científica que se reivindica como uma disciplina de corpo inteiro; uma Ecologia como movimento social ou de ideias; e outra perspectiva, que se instala na interface das anteriores, entendida pelo autor como Ecologia aplicada, na qual se encontram a procura social e os co-

- 
1. Docente do Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP. *e-mail*: ferbrando@ffclrp.usp.br.
  2. Docente do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências de Bauru – UNESP. *e-mail*: anacaldeira@fc.unesp.br.

nhecimentos científicos. Esta última parece ser uma abordagem na qual se enquadra este trabalho. Dessa forma, é importante destacar os objetos próprios de investigações em Ecologia, ou seja, na Ecologia científica, assim como o caráter interdisciplinar de como a Ecologia aplicada vem sendo constituída, conferindo-lhe um modo complexo de olhar o mundo.

Faz-se necessário, desse modo, discutir mais amplamente os conceitos pertinentes à Ecologia científica e elucidar as complexas relações e interações estabelecidas pelos organismos vivos entre si e com o meio, objetivando a promoção de um entendimento do mundo natural de modo mais sistêmico, em todas as suas formas de representação, um reconhecimento da interdependência entre os fenômenos naturais.

Esse modo complexo e o campo interdisciplinar no qual se insere a Ecologia permite-nos recorrer a sistemas de estudos filosóficos que possam ancorar o pensamento para o melhor entendimento de como esses conceitos científicos são produzidos, interpretados e transpostos didaticamente. A elaboração de diagramas explicativos e representativos de fenômenos ecológicos, muitas vezes utilizados para facilitar a compreensão dos múltiplos aspectos que a Ecologia comporta, encontra fundamentação teórica no referencial da semiótica peirceana.

Silveira (2007), ao diferenciar as ciências positivas da Filosofia, na qual se insere a semiótica, explica que esta procura estabelecer as condições gerais para que a classe de fenômenos observados possa ser compreendida pelas ciências especiais, constituindo-se em ciências do dever ser. Para o autor,

Às ciências especiais, inclusive em suas funções semióticas, isto é, na medida em que consideram classes especiais de produção e interpretação de signos, trabalhando, portanto, também com processos representacionais, caberia a construção de diagramas que representassem como determinados fenômenos cognitivos têm lugar na determinação de condutas. (Silveira, 2007, p.29)

O exercício teórico-metodológico de elaborar esquemas e diagramas representativos e explicativos do conhecimento biológico, por vezes com finalidade didática, tem sido realizado por pesquisadores do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia (GPEB), formado por professores universitários, pós-graduandos e alunos de graduação do curso de licenciatura em Ciências Biológicas.<sup>3</sup>

Caldeira (1997) apresentou uma análise semiótica da Biologia evolutiva, propondo um diagrama para o estudo de questões como diversidade, acaso e relações ambientais.

Meghlhioratti (2009), fundamentada no estruturalismo hierárquico de Salthe (1985, 2001), considerou o conceito de organismo como um elemento estruturante do conhecimento biológico esquematizado na hierarquia escalar: Ambiente Externo (nível ecológico), Organismo (nível orgânico), Ambiente Interno (nível genético/molecular).

Brando (2010) utilizou as categorias fenomenológicas peirceanas para estabelecer relações com as variáveis presentes nos processos e fenômenos estudados pela Ecologia. Propôs inicialmente um diagrama semiótico representativo das relações ecológicas, a fim de melhor interpretar como os organismos se relacionam e organizam, por exemplo, em comunidades biológicas. Verificou que, durante o ensino de conceitos ecológicos, tanto em manuais didáticos como em discursos de professores da educação básica, a interdependência entre os fenômenos naturais assim como a dimensão humana da ciência ecológica não eram exploradas. Ao propor como objeto de investigação, no contexto do GPEB, um diagrama representativo das relações ecológicas, buscou superar essa carência, de tal modo que, ao ensiná-las, pudessem ser verificadas e exploradas de acordo com sua ocorrência no ambiente natural, contextualizando os conceitos ecológicos e representando-os de maneira integrada, inclusive em referência aos conceitos concernentes às outras áreas do conhecimento. Essa investigação subsidiou a proposição

---

3. Para um melhor entendimento sobre o GPEB, consultar Meghlhioratti et al. (2007).

de outros diagramas: sobre o percurso de pesquisa propriamente dita e sobre a dinâmica dos fenômenos ecológicos pautados em conceitos científicos que foram seus objetos de análise. Delimita-se assim o objetivo deste trabalho: apresentar o percurso epistemológico e de ensino da referida pesquisa, da qual se depreendeu a construção de conhecimento teórico mediante a apresentação de diagramas semióticos com categorias ecológicas.

### **O referencial da semiótica peirceana fundamentando a pesquisa em Ensino de Ciências Naturais**

A semiótica é uma das disciplinas que compõem a ampla arquitetura filosófica de Charles Sanders Peirce (1839-1914), a qual se encontra alicerçada pela fenomenologia, que tem por objetivo investigar os modos como uma mente apreende alguma coisa, por exemplo, a imagem de uma paisagem, o cheiro de uma flor, a formação de nuvens no céu, a lembrança de algo vivido, até algo mais complexo como um conceito abstrato (Santaella, 2002, p.2).

A contribuição do referencial semiótico peirceano no campo das ciências naturais fundamenta-se na concepção da teoria sógnica de que o signo está presente em toda e qualquer espécie de fenômeno que ocorra no universo. Para Peirce, “todo universo é penetrado por signos, se não se compõe até somente de signos” (CP 5.448).<sup>4</sup>

O campo de investigação da semiótica é vasto e sustentado por referenciais que tratam o signo de diferentes perspectivas. Segundo Nöth (1996, p.235), “nem toda semiótica pode reconhecer na natureza da relação organismo-meio ambiente aspectos semióticos”, portanto, a escolha do referencial peirceano permite investigar os processos sógnicos na natureza e contribuir com diagramas analí-

---

4. Conforme convenção para obra de Peirce, CP identifica *Collected Papers*, os números indicam o volume, seguindo-se o número do parágrafo. In: Charles Hartshorne, Paul Weiss & Arthur Burks (Eds.), *Collected papers of Charles S. Peirce*. 8 vols. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1931-58).

ticos que fornecerão possibilidades de estudar as relações que se estabelecem, por exemplo, nos fenômenos biológicos.

Um conceito fundamental na obra de Peirce é o de signo, definido como:

Qualquer coisa que, de um lado, é assim determinado por um objeto e, de outro, assim determina uma ideia na mente de uma pessoa; esta última determinação, que denomino interpretante do signo é, desse modo, imediatamente determinada por aquele objeto. Um signo, assim, tem uma relação triádica com seu objeto e com seu interpretante. (CP 8.343)

As relações sgnicas entre os organismos no meio ambiente humano são distinguidas por Peirce como aquelas de natureza meramente diádica e outras de natureza triádica, sendo que somente estas últimas são consideradas do tipo semiótico:

Na interação semiótica o indivíduo não mais experimenta os objetos de seu meio ambiente na sua imediaticidade, mas os interpreta em relação a algo terceiro, um significado que remete a algo além do ambiente imediato, um fim, um objetivo, uma regularidade. (Nöth, 1996, p.235)

O diagrama triádico básico da representação do pensamento mediado por signos é constituído pelas categorias denominadas por Peirce: primeiridade, secundidade e terceiridade. Para Peirce, tudo que pode estar na experiência deve ser traduzido em categorias entendidas como os tipos de experiências fundamentais do entendimento humano. Assim, distingue o primeiro, o segundo e o terceiro correlato de qualquer relação triádica:

Primeiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, positivamente e sem referência a qualquer outra coisa. Secundidade é o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas independente de qualquer terceiro. Terceiridade é o modo de

ser daquilo que é tal como é, colocado em relação recíproca um segundo e um terceiro. (CP 8.328)

Silveira (1996, p.41), ao interpretar as categorias gerais, assim as define:

Procedendo por uma inspeção do universo da experiência [...] Peirce conclui que três formas básicas e irreduzíveis se apresentam: a potencialidade positiva, característica da espontaneidade e da liberdade presentes no universo; a existência ou factualidade, que se manifesta como oposição a um outro, e a generalidade, pensamento ou lei, que se apresenta em toda regularidade, diversificação e crescimento.

Pode-se apreender que a primeiridade está relacionada com a ideia de potencialidade, presente naquilo que é livre, novo, espontâneo e casual (signo, representamen); a secundidade caracteriza-se pelo confronto, existência, da ação e reação (objeto) e a terceiridade constitui-se no hábito, regra geral, continuidade (interpretante).

Caldeira (2005), ao analisar a relação entre pensamento e linguagem na formação de conceitos científicos em ciências naturais, inferiu a necessidade de demandar esforços em novas pesquisas que busquem investigar a formação de conceitos científicos, mediante a perspectiva da linguagem e da comunicação em sala de aula, tendo como ponto de partida a ideia do conceito de signo (e de sua gênese) como mediador do processo de ensino e aprendizagem. Para a autora:

[...] no interior do processo ensino-aprendizagem a significação se dá na interação interlocutiva entre professor e os alunos que vão partilhando da construção da linguagem de forma ativa e responsiva. O contexto, em que se dá essa ação, é determinante para que essa compreensão ocorra e, portanto, deve propiciar o estabelecimento de múltiplas possibilidades de diálogos para a apreensão de significados no interior das relações estabelecidas. (Caldeira, 2005, p.30)

Propõe, então, para sua investigação um diagrama semiótico no qual:

[...] nas relações de representamen, no domínio da primeiridade, localiza-se a percepção, como representante da potencialidade de tudo que é possível de ser realizado, que é indiferenciado, um *continuum* de possibilidades. O objeto corresponde às relações de secundidade, em nível da significação, em que as relações dos alunos com os fenômenos naturais se confrontam. As relações de interpretante apresentam-se através da formalização possível das ideias, que os alunos geraram no confronto com as relações obtidas, possibilitando ressignificá-las. [...] As relações que percorrem o diagrama são constituídas pela mediação das diferentes linguagens, isto é, as linguagens visuais, sonoras, verbais, táteis [...] representadas em um *continuum* do processo epistemológico que fundamenta a cognição de fenômenos naturais. (Caldeira, 2005, p.47-8)

Dessa forma, ao estruturar o diagrama para alicerçar o estudo pretendido, Caldeira (2005, p.48) explica a primeira categoria que se apresenta, ou seja, a percepção, “que se faz presente primeiramente na visualização, na escuta, na apreensão de cores, formas, movimentos, na sensação tátil e na expressão das emoções que acompanham o atentar para os fenômenos naturais”. A categoria presente em nível de secundidade é a significação, que “mantém em seu interior as possíveis relações a serem estabelecidas pelos alunos no decorrer do estudo dos fenômenos naturais observáveis” (Caldeira, 2005, p.48). A categoria denominada ressignificação, em nível de terceiridade, “será entendida como o processo de construção do raciocínio” (Caldeira, 2005, p.48).

Entende-se, pelo exposto, que o ensino de Ciências, e especialmente no trabalho que se apresenta, o ensino de Ecologia, deve propiciar ao aprendiz um diálogo permanente com o ambiente estudado (de forma direta quando possível, e, caso não seja, utilizando-se de diversos recursos que possibilitem uma melhor contextualização do mesmo, por exemplo, os meios de comunicação

audiovisuais) e a produção da comunidade científica da área (adaptada aos diferentes níveis de ensino), possibilitando-lhe a construção de conhecimentos que partam do conhecimento espontâneo ou de senso comum e passem a adquirir uma atitude investigativa que resista ao dogmatismo e às mistificações que distorcem a realidade e não permitem a reinterpretação e a ressignificação do mundo de forma científica (Caldeira, 2005).

A metodologia proposta por Caldeira (2005), elaborada mediante o entendimento da relação triádica entre *perceber/relacionar/conhecer* e fundamentada na teoria sógnica peirceana, expõe as três espécies de raciocínio, a saber: a abdução, que comporta a “construção de hipóteses meramente conjecturais”; a indução, caracterizada por ser “o raciocínio que verifica a pertinência de fato de uma classe de sujeitos a uma classe de predicados”; e a dedução, que “vai cada vez mais claramente se localizando como uma explicitação da hipótese para que suas conseqüências sejam verificadas pela indução” (Silveira, 2007, p.172-3). Em linhas gerais, a autora explica que, ao explorar as ideias (*perceber*) em atividades didáticas sobre um conteúdo, o professor depara-se com a necessidade de investigar os conhecimentos que os alunos possuem, para avaliar quais opções didáticas deve considerar as melhores para mediar o processo de aprendizagem. Para *relacionar* os conhecimentos, deve ser propiciado um conjunto de ações didáticas, tendo como objetivo articular possibilidades de os alunos elaborarem e reelaborarem as suas próprias concepções sobre os fenômenos naturais. Com o intuito de organizar as ideias (*conhecer*), o professor deve elaborar situações nas quais os alunos possam adquirir a habilidade de “organizar” e selecionar as informações pertinentes que foram trabalhadas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem, a fim de que os conceitos principais apreendidos possam configurar objetos de conclusões, mesmo que parciais (Caldeira, 2005).

## Alguns aspectos sobre as relações complexas da Ecologia

Bertalanffy (1973, p.29) esclarece que, na década de 1920, o enfoque mecanicista prevalecente “parecia desprezar ou negar de todo exatamente aquilo que é essencial nos fenômenos da vida”. Para o autor, era necessário à Biologia ocupar-se não apenas dos níveis moleculares e físico-químicos, mas também dos níveis mais elevados de organização da matéria viva. Nesse sentido, defendia uma concepção “organísmica na Biologia [...] que acentuasse a consideração do organismo como totalidade ou sistema e visse o principal objetivo das ciências biológicas na descoberta dos princípios de organização em seus vários níveis” (Bertalanffy, 1973, p.29).

A Ecologia, como ciência que se dedica ao estudo das inter-relações e interações dos organismos com o ambiente e dos organismos entre si e suas diferentes formas de organização, tais como populações, comunidades, ecossistemas, apresenta-se de modo complexo, o que impossibilita seu entendimento apenas pelo estudo de suas partes. Mayr (2005, p.51) afirma que “as interações dos componentes devem ser consideradas, tanto quanto as propriedades dos componentes isolados”, assim, é “precisamente essa interação das partes” que fornece as características mais evidentes na natureza.

Verifica-se que para um melhor entendimento da ciência ecológica é possível estudá-la por meio de seus sistemas e suas interações. Bresciani & D’Ottaviano (2000, p.284-5), ao explanarem sobre conceitos básicos de sistêmica, definem um sistema como “uma entidade unitária, de natureza complexa e organizada, constituída por um conjunto não vazio de elementos ativos que mantêm relações”. Para os autores, as características dos sistemas variam no tempo, garantindo-lhes sua própria identidade (Bresciani & D’Ottaviano, 2000).

Begon et al. (2007) introduzem o livro *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas* explicando que a Ecologia apresenta três níveis de interesse: o organismo individual, a população e a comunidade. Desta-

cam que, quando o enfoque está voltado para o organismo, a Ecologia ocupa-se do modo como os indivíduos afetam e são afetados pelo seu ambiente. Tratando-se do nível de população, os estudos ecológicos estão voltados para a presença ou ausência de determinadas espécies, da sua abundância ou raridade e das tendências e flutuações em seus números. Quanto à Ecologia de comunidade, os autores relatam que se trata da composição e organização de comunidades ecológicas. Evidenciam ainda que, além desses estudos, os ecólogos estudam as rotas seguidas pela energia e pela matéria à medida que estas se movem através dos organismos vivos e não vivos, estudo este entendido como ecossistema, mais especificamente compreendido como a comunidade e o seu ambiente físico. Para os autores, as interações entre os organismos, bem como a transformação e o fluxo de energia e matéria, podem ser compreendidos de maneira geral como “interações” (Begon et al., 2007).

Drouin (1991), ao discorrer sobre as tendências atuais da Ecologia, sinaliza os conceitos propostos de *geossistemas* ou *paisagem*, estudo voltado a um nível de integração superior que englobe vários ecossistemas. Relativiza seu estatuto teórico, mas ressalta sua importância, que reside no fato de uma aproximação entre Geografia e Ecologia, a qual permite responder melhor às necessidades sociais relacionadas às atividades humanas.

Tendo em vista a amplitude de conceitos tratados pela Ecologia, focalizamos nossos estudos na dinâmica de comunidades vegetais.

A Ecologia de comunidades é retratada por Lewinsohn (2004, p.105) como “uma das divisões formais mais amplamente reconhecidas da ciência ecológica”, sendo considerada pelo mesmo autor como uma área que “padece de um surpreendente nível de incerteza”. De acordo com esse ponto de vista, discute os diferentes objetos de estudo designados pelo nome de comunidade e propõe um diagrama para a Ecologia de comunidades (Lewinsohn, 2004).

Pité & Avelar (1996, p.170) expõem, de maneira mais geral, que a comunidade é o nível de estudo da Ecologia que coloca e tenta responder questões como:

Quantas espécies podem coexistir em equilíbrio? Qual a dinâmica espacial e temporal das espécies que a compõem? Qual o papel dos diferentes fatores (bióticos e abióticos, previsíveis e aleatórios) e da própria heterogeneidade dos meios na estruturação e regulação das suas diferentes espécies? Como é que os vários níveis tróficos estão organizados entre si?

Os questionamentos apresentados por Pité & Avelar (1996), assim como as diferentes abordagens de estudos na Ecologia de comunidade apresentados por Lewinsohn (2004), são de extrema importância para uma compreensão mais detalhada dessa área da Ecologia, o que não é o objetivo deste trabalho. Contudo, importa entender como os organismos se relacionam e se organizam em comunidades biológicas, por exemplo.

### **O percurso de elaboração de diagramas semióticos com categorias ecológicas**

As abordagens metodológica, didática e epistemológica ancoradas no referencial teórico da semiótica peirceana configuraram-se como importantes instrumentos de organização do presente trabalho no que diz respeito: à metodologia de pesquisa, ao tratamento didático utilizado nas atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia (GPEB) em relação às discussões sobre os conceitos ecológicos versados, e à construção de conhecimento mediante a elaboração de diagramas semióticos com categorias ecológicas.

O referencial teórico da semiótica peirceana encontra-se fundamentado no argumento de que tudo que se apresenta à mente, real ou potencial, é um signo capaz de ser interpretado. Silveira (2007, p.38) acrescenta:

A semiótica é uma ciência formal que tem por objetivo estabelecer como devem ser todos os signos para uma inteligência capaz de aprender através da experiência. Deve, pois, conjugar dois aspectos

para constituir-se: construir diagramas que lhe permitam explicitar as relações essenciais na constituição dos signos como pensamento e conferir como base para esta construção os elementos fundamentais com os quais se compõe o universo de toda e qualquer experiência. Deverão daí resultar as formas permitidas para a representação da realidade fenomênica. O diagrama básico do signo, submetido às exigências e às restrições da experiência possível, dará lugar à classe de signos que deverão contemplar em seus componentes essenciais todas as classes de pensamento que uma inteligência capaz de aprender, e, conseqüentemente, com experiência, recorre na determinação da conduta.

Retomando as ideias de Peirce sobre o diagrama básico da representação do pensamento mediado por signos e representado pelas categorias denominadas de primeiridade, secundidade e terceiridade, tem-se:

Primeiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, positivamente e sem referência a qualquer outra coisa. Secundidade é o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas independente de qualquer terceiro. Terceiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, colocado em relação recíproca a um segundo e um terceiro. (CP 8.328)

Essas categorias subsidiaram a elaboração de diagramas semióticos com categorias ecológicas. A ideia apresentada foi munir-se das categorias fenomenológicas semióticas e estabelecer relações com as variáveis presentes nos processos e fenômenos estudados pela Ecologia.

Ancorado na concepção de signo e tendo o conhecimento ecológico como objeto de estudo inicial da referida pesquisa, buscou-se organizar os principais temas que se evidenciaram como possíveis objetos de estudo. Dessa forma, recorreu-se a um diagrama semiótico que norteou o pensamento do pesquisador e permitiu avanços e correções de rumo no desenvolvimento de uma teoria pertinente

ao estudo de conceitos ecológicos. Assim, para compreender os pressupostos da dinâmica de comunidades vegetais, foi elaborado e proposto um diagrama semiótico representativo da organização dos conceitos ecológicos relacionados, e que serviu de proposta investigativa (Brando & Caldeira, 2007). Ver Quadro 1 – 1ª fase.

Em um segundo momento, passou-se a confrontar essas ideias iniciais, sobre a organização dos conceitos ecológicos, com as atividades desenvolvidas no GPEB, que abrangeram: o desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica; as discussões sobre os conceitos ecológicos de forma contextualizada, especialmente em relação aos conceitos de sucessão ecológica e interações ecológicas; as sequências didáticas elaboradas pelos participantes do GPEB e a elaboração de material didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado.<sup>5</sup> Constitui-se, nessa fase da pesquisa, um diagrama representativo de sua estrutura, assim como da estrutura de análise dos dados coletados. Ver Quadro 1 – 2ª fase.

A análise das atividades desenvolvidas no GPEB forneceu elementos sobre:

- *aspectos didáticos*: (1) fragmentação do conhecimento biológico no ensino; (2) utilização, em manuais didáticos e discursos de professores, de exemplos descontextualizados na explicação de conceitos ecológicos; (3) dificuldades enfrentadas, pelos integrantes do GPEB, na transposição didática de conceitos biológicos e ecológicos de maneira integrada;
- *aspectos conceituais*: (1) sucessão ecológica; (2) interações ecológicas; (3) cadeia alimentar; (4) níveis trópicos; (5) nicho ecológico;
- *aspectos epistemológicos*: (1) campos teóricos da Ecologia (populações, comunidades, ecossistemas e humana); (2) história da Ecologia; (3) *status* de ciência e fundamentos da Ecologia.

---

5. O. Cavassan et al. *Conhecendo botânica e ecologia no cerrado* (Bauru: Joarte Gráfica e Editora, 2009).

Quadro 1 – 1ª fase: Exercício inicial que proporcionou a elaboração da proposta investigativa no campo das relações ecológicas

Categorias semióticas	Confronto inicial	Diagrama elaborado
<p>Primeiridade: “potencialidade, presente naquilo que é livre, novo, espontâneo e casual”.</p>	<p>Exercício de reorganização conceitual em uma área da Ecologia.</p>	<p>Proposição de um diagrama semiótico com categorias ecológicas:</p> 

Quadro 1 (cont.) – 2ª fase: A organização do percurso de pesquisa em diagramas que permitiram identificar as categorias de análise

Categorias semióticas	O confronto com a pesquisa	Diagramas elaborados
<p>Secundidade: “existência ou fatualidade, característica do esforço, da resistência, da ação e reação, da alteridade – como presença do outro –, da negação e da existência”.</p>	<p>⇒ Orientações de pesquisas de iniciação científica.</p> <p>⇒ Atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia (GPEB), no período do primeiro semestre de 2009.</p> <p>⇒ Produção de sequências didáticas e material didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado.</p>	<p>O diagrama apresenta a seguinte estrutura:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> <li><b>Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia (GPEB)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comunidade de pesquisadores em Epistemologia da Biologia</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> <li><b>Comunidade de pesquisadores em Epistemologia da Biologia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> <li><b>Novos Contextualizações</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> <li><b>Diagramas Simbólicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> </ul> <p>Detalhes do trabalho de produção de material didático complementar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Produção de sequências didáticas e material didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> <li><b>Trabalho de produção de material didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos</li> <li>Novos Contextualizações</li> <li>Diagramas Simbólicos</li> </ul> </li> </ul>

Quadro 1 (cont.) – 3ª fase: As conclusões possíveis em nível de generalidade e passíveis de novas significações em constante processo sógnico

Categorias semióticas	As sínteses parciais para a elaboração do diagrama final (ainda que não definido)	Diagramas propostos
<p>Terceiridade: “generalidade, característica do contínuo, do pensamento e da lei”.</p>	<p>⇒ Utilização de conceitos ecológicos e biológicos.            ⇒ Utilização de estudos fenológicos.            ⇒ Discussão sobre os campos teóricos da Ecologia.            ⇒ Abordagem dos níveis ontogenéticos e filogenéticos na explicação de conceitos ecológicos.</p>	<p>Exposto na seção “Diagrama sobre estudos ecológicos e implicações para o ensino”.</p>

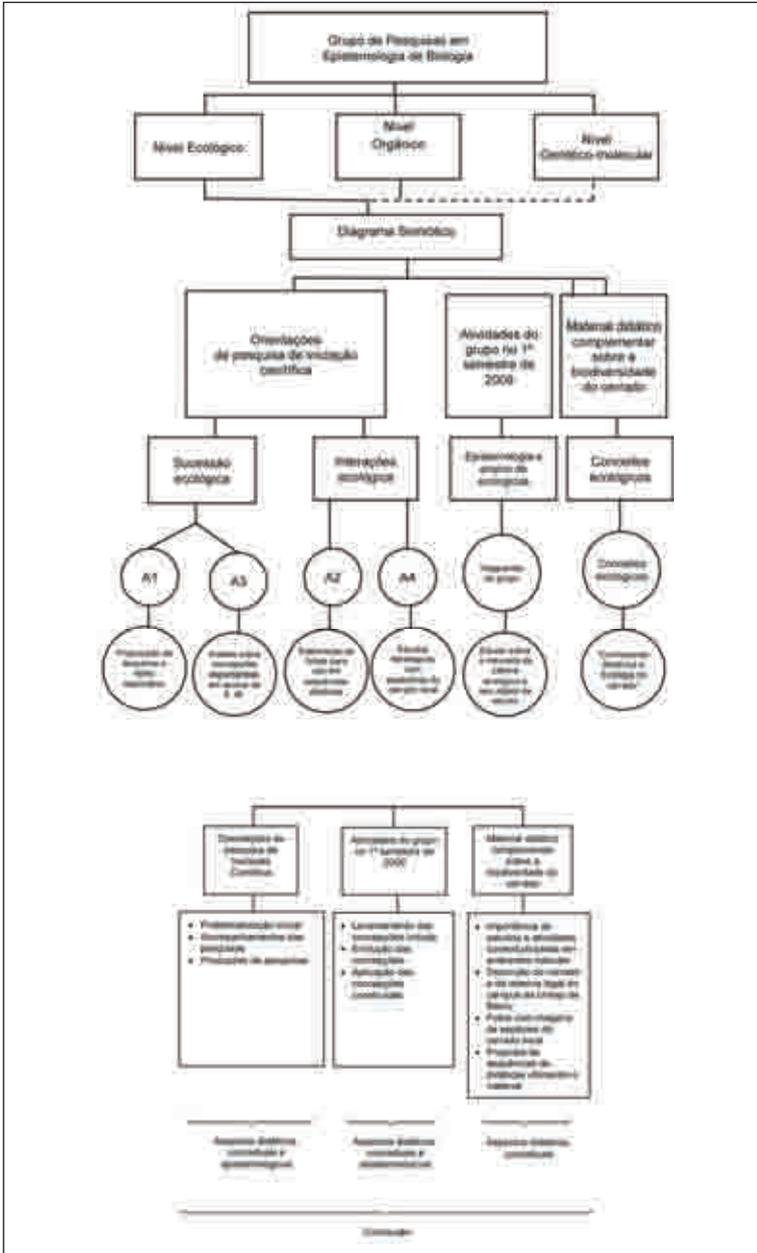


Diagrama elaborado do Quadro 1 – 2ª fase

Esses elementos subsidiaram, em um terceiro momento, a elaboração de um diagrama sobre estudos ecológicos, proposto para demonstrar a evolução epistemológica no campo da Ecologia que a pesquisa proporcionou.

De acordo com o quadro categorial lançado por Peirce, por meio do diagrama básico do signo, relacionaram-se as três principais etapas de desenvolvimento da pesquisa, descrita anteriormente, e apresentada de forma sistematizada no Quadro 1.

### **Diagrama sobre estudos ecológicos e implicações para o ensino**

O conceito de sucessão ecológica faz parte do corpo teórico da Ecologia de comunidades. Contudo, por articular vários conceitos, procurou-se explorar, de forma integrada, conceitos pertinentes aos outros campos teóricos da Ecologia.

Aceita-se, desse modo, a concepção de comunidade biológica como um todo complexo formado pela coexistência de organismos (plantas, animais e micro-organismos), as relações de alimentação e outras interações entre essas entidades biológicas. As inter-relações que ocorrem dentro de uma comunidade dirigem o fluxo de energia e o ciclo dos elementos dentro do ecossistema, além de influenciar os processos populacionais, determinando as abundâncias relativas dos organismos. Por selecionarem os genótipos, as inter-relações dentro de uma comunidade influenciam a evolução das espécies coexistentes. Cada população dentro de uma comunidade está voltada para a sua sobrevivência, influenciada pela seleção natural que tende a maximizar o resultado reprodutivo de cada indivíduo. Os esforços predatórios entre os indivíduos que formam a comunidade apresentam, como resultado, o fluxo de energia e nutrientes presentes no ecossistema (Ricklefs, 2003).

Begon et al. (2007) afirmam que o comportamento de uma população pode ser explicado segundo o comportamento dos indivíduos que a constituem e, por sua vez, as atividades em nível populacional (densidade, razão sexual, estrutura etária, taxas de

natalidade e imigração, mortalidade e emigração) têm consequências para o outro nível de organização biológica, a comunidade. Portanto, “a natureza da comunidade é obviamente mais do que a soma de suas espécies constituintes” e, dessa forma, “existem propriedades emergentes que aparecem quando a comunidade é o foco de atenção” (Begon et al., 2007, p.469). Para os autores:

A ecologia de comunidades procura entender a maneira como agrupamentos de espécies são distribuídos na natureza e as formas pelas quais tais agrupamentos podem ser influenciados pelo ambiente abiótico e pelas interações entre populações das espécies. (Begon et al., 2007, p.469)

Para Begon et al. (2007), discernir e explicar padrões emergentes dessa ampla gama de influências tem sido um desafio para ecólogos de comunidades.

De maneira geral, Begon et al. (2007) esclarecem que as espécies que se reúnem para formar uma comunidade são determinadas por fatores como: restrições em dispersões, restrições ambientais e dinâmicas internas. Além de propriedades coletivas diretas, tais como diversidade em espécies e biomassa, que podem ser identificadas e estudadas a partir de uma comunidade, os indivíduos de mesma espécie ou de espécies diferentes interagem entre si em processos de mutualismo, parasitismo, predação e competição.

A perspectiva apresentada sobre os campos teóricos da Ecologia foram organizados no diagrama proposto de maneira que possam ser estudados e discutidos de forma integrada.

No ensino brasileiro, o tratamento dessas áreas e de seus conceitos ocorre de forma fragmentada e linear e, muitas vezes, sem que sejam consideradas as variáveis tempo e espaço. Cada campo teórico explorado pela Ecologia parece ter se organizado em uma simples hierarquia escalar de tamanho: um conjunto de indivíduos de mesma espécie compõe uma população; conjuntos de populações compõem comunidades; conjuntos de comunidades e as interações estabelecidas entre os organismos vivos e destes com os

fatores físicos, compõem um ecossistema. Essa visão não prioriza um entendimento sobre a complexidade dos processos internos que são determinantes para constituir essas formas de organizações biológicas. Neste trabalho não adentramos essas discussões, pois, como já mencionado, faz-se necessário o aprofundamento teórico desses campos de pesquisas.

Mediante os pressupostos apresentados, foi organizado um diagrama sobre estudos ecológicos em dois níveis de estudos que comportam, respectivamente, os processos ontogenéticos e os processos filogenéticos.

Na perspectiva ontogenética, que diz respeito ao nível de cada organismo, o diagrama semiótico com categorias ecológicas, proposto inicialmente, foi retomado adentrando os conceitos ecológicos específicos que podem ser explorados. Esses conceitos estão explicitados no próprio diagrama.

Assim, o signo primário seria composto pela relação entre a potencialidade presente nas sementes (genoma) que, em confronto com os componentes ambientais, se expressam nos organismos vivos. Este existente, determinado aqui como um organismo que mantém interações com outros seres vivos e com o ambiente, compondo seu nicho ecológico, comporta-se como objeto da tríade, que interpreta a relação que se mantém na continuidade das espécies. O signo primário e a semiose desencadeada estão inseridos no *continuum* espaço/tempo.

O nicho ecológico é a categoria que representa a relação entre organismo-ambiente e que, ao longo da variação espaço/tempo, sofrerá interações com outros nichos. Essas interações entre os organismos e os ambientes determinarão a continuidade das espécies que restabelecerão a vida em um determinado local.

Pinto-Coelho (2000, p.125) explica que uma comunidade pode ser vista como uma constelação de nichos, e que a sucessão ecológica estaria operando dentro de cada um deles. Considera que os atributos de uma comunidade, como o número de espécies e suas abundâncias relativas, são medidas superficiais que refletem as características do *habitat* ou as interações entre as espécies e, assim, os

padrões que observamos na estrutura de uma comunidade nada mais seriam do que resultados de interações ecológicas e evolucionárias entre populações que a compõem (Pinto-Coelho, 2000).

A seguir, o diagrama sobre estudos ecológicos elaborado nas duas perspectivas expostas (Figuras 1 e 2).

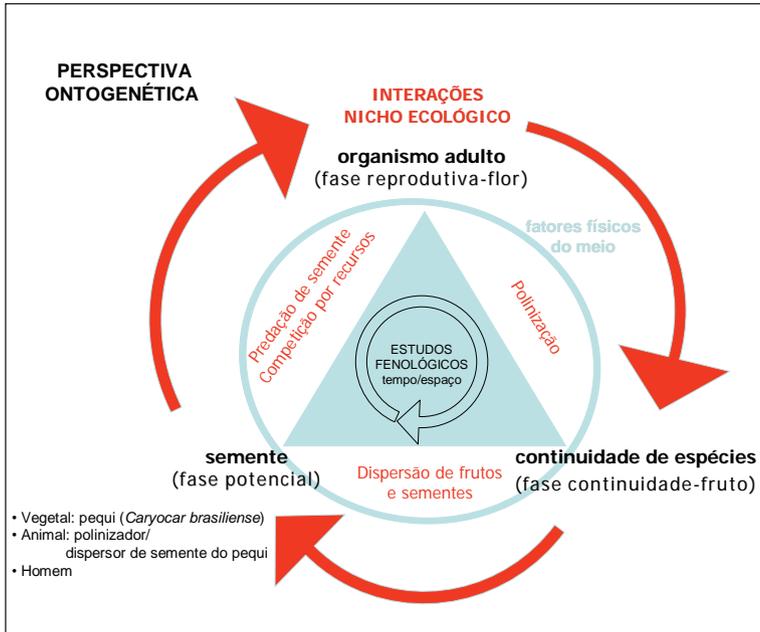


Figura 1 – Diagrama sobre estudos ecológicos na perspectiva ontogenética

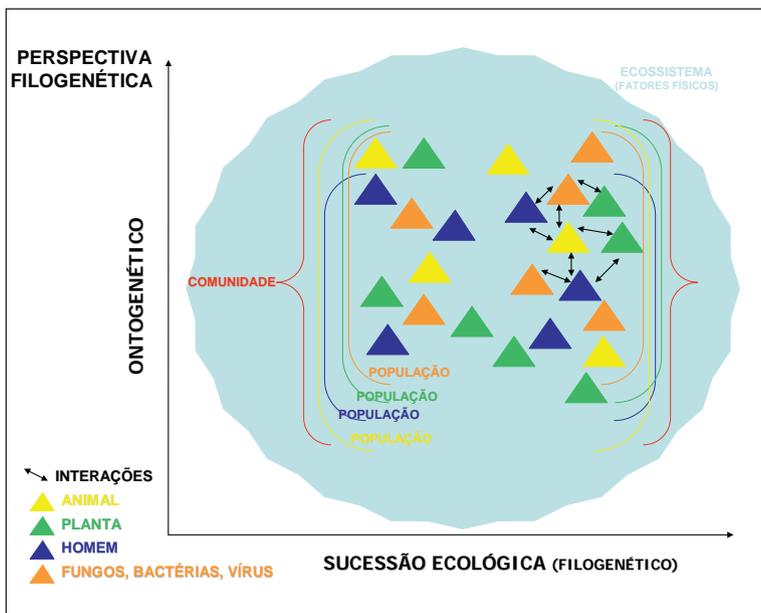


Figura 2 – Diagrama sobre estudos ecológicos na perspectiva filogenética

Na perspectiva filogenética, que compreende o desenvolvimento de espécies ou linhagens, é possível organizar o diagrama semiótico com categorias ecológicas no nível ontogenético para qualquer espécie, seja ela uma planta ou um animal, inclusive o homem. Esses organismos vivos estariam dispostos em determinado lugar, em determinado instante, estabelecendo as mais variadas formas de relações e interações entre eles e os fatores físicos do meio. Por exemplo: ao estabelecer diagramas semióticos em nível ontogenético com as categorias ecológicas para uma espécie de planta e para uma espécie animal, presentes em uma comunidade, é possível descrever as relações e interações que podem se estabelecer: a polinização, a predação de sementes, a competição por recursos, enfim, qualquer interação possível de ocorrer. Inserindo o homem nesse contexto, verificam-se tantas outras interações e, principalmente, faz sentido analisar aquelas em que a ação humana no meio se faz de maneira pouco sustentável. As popu-

lações, as comunidades e os ecossistemas podem manifestar-se nas mais diferentes configurações, dependendo da dinâmica das interações estabelecidas entre os elementos bióticos e abióticos ao longo do tempo e do espaço.

Esse modelo poderia servir de base para o desenvolvimento de pesquisas em ensino de Ciências, simulando novas sequências didáticas ao adequar-se o modelo proposto aos diferentes biomas brasileiros. Também, poderia ser explorado seu potencial didático ao investigar o desempenho dos alunos mediante essa proposta didática.

Essa prática tem demonstrado a pertinência de estudos sobre os aspectos epistemológicos do conhecimento e das diferentes linguagens na construção de modelos explicativos que permitem organizar o pensamento e estruturar os conceitos científicos de maneira que seu entendimento seja mais significativo para os estudantes. Ao estruturar diagramas explicativos e representativos de conceitos e fenômenos biológicos e ecológicos, e suas interfaces com outros conhecimentos, o indivíduo pode organizar seus pensamentos e suas ideias de forma sistematizada e relacional, também no contexto das problemáticas ambientais, como no caso apresentado. Ao explicitar os diagramas, o indivíduo retoma suas ideias – sem que seja necessário decorar roteiros explicativos, por exemplo – e pode reformular ou reconstruir os conhecimentos aprendidos.

Conclui-se que a proposição de diagramas discorrido neste trabalho proporcionou a articulação entre os campos conceituais, didáticos e epistemológicos da Ecologia. Além disso, o espaço de estudos e discussões ocorridos no GPB, e que subsidiaram a elaboração desses diagramas, poderia ser sistematizado nos cursos de licenciatura, proporcionando aos alunos em formação inicial de professores uma oportunidade de organizar o seu conhecimento além da forma disciplinar.

## Referências bibliográficas

- BEGON, M., TOWNSEND, C. R., HARPER, J. L. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 740p.
- BERTALANFFY, L. V. *Teoria geral dos sistemas*. Trad. Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BRANDO, F. R. *Proposta didática para o ensino médio de Biologia: as relações ecológicas no cerrado*. São Paulo, 2010. 221f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências de Bauru/UNESP.
- \_\_\_\_\_, CALDEIRA, A. M. A. Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos. In: MARTINS, L. A. P., PRESTES, M. E. B., STEFANO, W., MARTINS, R. A. (Eds.). *Filosofia e história da Biologia 2*. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa), 2007.
- BRESCIANI, E. F., D’OTTAVIANO, I. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: D’OTTAVIANO, I. M. L., GONZALES, M. E. Q. (Eds.). *Auto-organização: estudos interdisciplinares*. Campinas: Unicamp, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2000. v.30, p.283-306. (Coleção CLE)
- CALDEIRA, A. M. A. *Semiótica e a relação pensamento e linguagem no ensino de Ciências Naturais*. São Paulo, 2005. Tese (livre-docência) – Faculdade de Ciências/Campus Bauru. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP.
- \_\_\_\_\_. *Vida: uma constante experiência*. Marília, 1997. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação/Campus Marília. Universidade Estadual Paulista.
- CAVASSAN, O. et al. *Conhecendo Botânica e Ecologia no cerrado*. Bauru: Joarte Gráfica e Editora, 2009.
- DROUIN, J. *Reinventar a natureza*. Trad. Armando Pereira da Silva. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.
- LEWINSOHN, T. M. Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades? In: COELHO, A. S., LOYOLA, R. D., SOUZA, M. B. G. (Orgs.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004. p.105-22.

- MEGLHIORATTI, F. A. *O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de Biologia*. Bauru, 2009. 254f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências/UNESP.
- \_\_\_\_\_, ANDRADE, M. A. B. S., BRANDO, F. R., CALDEIRA, A. M. A. A formação de pesquisadores em epistemologia da Biologia. In: MORTIMER, E. F. *Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis: Abrapec, 2007.
- NÖTH, W. *A semiótica no século XX*. São Paulo: Annablume, 1996.
- PEIRCE, C. S. *Collected papers*. In: HARTSHORNE, C., WEISS, P., BURKS, A. (Eds.). *Collected papers of Charles S. Peirce*. 8 vols. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1931-1958.
- PINTO-COELHO, R. M. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.
- PITÉ, M. T. R., AVELAR, T. *Ecologia das populações e das comunidades: uma abordagem evolutiva do estudo da biodiversidade*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.
- RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003. 503p.
- SILVEIRA, L. F. B. *Curso de semiótica geral*. São Paulo: Quartier Latin, 2007.
- \_\_\_\_\_. A iconicidade dos signos linguísticos e algumas de suas consequências, In: OLIVEIRA, S. L., PARLATO, E. M., RABELLO, S. (Orgs.). *O falar da linguagem*. São Paulo: Lovise, 1996. p.35-53. (Linguagem, 1)
- SALTHER, S. *Summary of the principles of hierarchy theory*, 2001. Disponível em <[http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy\\_th.html](http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html)>. Acesso em 22/6/2006.
- \_\_\_\_\_. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. Nova York: Columbia University Press, 1985.
- SANTAELLA, L. *Semiótica aplicada*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. 186p.



## 2

# EUGENIA: O ENLACE ENTRE CIÊNCIA E EDUCAÇÃO

*Claudio Bertolli Filho*<sup>1</sup>

*Ana Carolina Biscalquini Talamoni*<sup>2</sup>

Faz uma década que James Watson, um dos idealizadores do modelo de DNA como dupla hélice e também um dos personagens de destaque nos trabalhos de sequenciamento do genoma humano declarou, no curso de uma entrevista, que era “fortemente favorável a controlar o destino genético de nossos filhos”. Em seguida, acrescentou: “trabalhar inteligente e sabiamente para fazer com que bons genes dominem o maior número de vidas possível é o modo verdadeiramente moral de procedermos” (Watson apud Connor, 2001).

Essa confiança foi interpretada pelo próprio entrevistador como apologia a uma “nova genética” de fundo eugenista; em poucas horas, a notícia ganhou o mundo e não foram raros aqueles que, inclusive em sala de aula, execraram a fala de Watson. Nessas oportunidades, foram frequentes também as observações que de-

- 
1. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. *e-mail*: cbertolli@uol.com.br.
  2. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Apoio Capes. *e-mail*: carolinatalamoni@gmail.com.

nunciavam a eugenia como “ciência nazista”, responsável por milhares de mortes.

A visão simplificadora da eugenia como produto da Alemanha hitlerista tem rimado com outras noções distorcidas, tais como a imposição do rótulo de pseudociência ao proposto por Galton e seus continuadores. Tais observações impregnam inclusive algumas obras didáticas e paradidáticas, alimentando a sensação de que a eugenia existiu apenas no período nazista com o objetivo básico de eliminar a população judaica e, mais do que isso, que os “verdadeiros” cientistas não foram responsáveis pela formatação da eugenia.

A partir dessas constatações, define-se o objetivo deste texto: analisar os princípios basilares da eugenia e sua posterior adaptação pelos acadêmicos brasileiros. O fato de os eugenistas nacionais pouco terem se voltado para a experimentação, confinou-os em larga dose à tarefa de ensinar ao povo – tanto no plano, quanto informal – os princípios da nova ciência, circunstância que aconselhou a expansão da análise para duas obras consideradas fundamentais na disseminação de um ideário que também foi chamado de “ciência das raças”.

## **Construção e disseminação da eugenia**

Apesar de desde a Antiguidade clássica haver referências sobre a ambição de forjamento de um tipo humano perfeito, foi somente a partir de 1865 que, graças aos trabalhos elaborados pelo inglês Francis Galton (1822-1911), essa fantasia passou a disputar a condição de uma proposta científica cujo objetivo último consistia na melhoria da qualidade biológica e moral da espécie humana. Primo de Charles Darwin, Galton apoiou-se inicialmente na concepção darwiniana de pangênese, a qual supunha a existência de um mecanismo de transmissão hereditária por meio das gêmulas, que, transferidas para os descendentes, eram as responsáveis biológicas pelas características destes, podendo ser alteradas por fatores ambientais.

As dificuldades em levar avante sua proposta com base nas ideias do seu ilustre parente fizeram com que, em 1875, Galton substituisse a teoria da pangênese pela formulação de “plasma germinal”, identificado por August Wassermann pouco antes e que declarara que tal entidade não poderia ser alterada pelo ambiente. Com isto, Galton também se afastou dos ensinamentos de Lamarck empregados em seus primeiros estudos, rumando para uma postura que anos depois seria articulada com as pesquisas sobre a hereditariedade efetuadas por Mendel, cujo pensamento foi “redescoberto” na abertura do século passado. A nova ciência, conhecida desde 1883 como eugenia, teve suas bases parcialmente revigoradas, incorporando de Darwin sobretudo a afirmação de que a vida consistia em uma luta na qual o vencedor era o mais apto a enfrentar as provações biológicas, mentais e sociais impostas a uma existência (Galton, 1976, 1988).

Por mais de três décadas, Galton empenhou-se na popularização de suas ideias na Inglaterra, alcançando limitado sucesso. Em oposição, suas propostas foram bem recepcionadas nos Estados Unidos e também nos países escandinavos. Aos norte-americanos coube a primazia de fundar as primeiras associações de eugenistas e também sancionar, em 1907, as leis pioneiras que estipulavam a esterilização compulsória dos “degenerados” ou “anormais”, rótulos impostos aos indivíduos que, após uma série de exames, testes (inclusive os que supostamente aferiam o grau de inteligência e de características morais) e medidas corporais eram considerados portadores de “taras hereditárias” que os situavam muito abaixo do padrão de normalidade. Resultado disto foi que, até 1940, os Estados Unidos permitiram a realização de não menos que 70 mil operações esterilizadoras forçadas e um número não conhecido de encarceramentos em prisões e clínicas médicas (Gould, 1999).

A eugenia tornou-se um campo científico que passou a reivindicar para si o foro de ciência síntese. Em 1921, o selo do Segundo Congresso Internacional de Eugenia, celebrado em Nova York, representava uma árvore, cujo tronco era o conhecimento galtoniano e, as raízes, todas as demais ciências, da Biologia à Estatística, da Genética à Psiquiatria, Anatomia, Antropologia, Geologia, Edu-

cação e Direito. Nesse mesmo período houve uma sensibilização da elite norte-americana, que não só se mostrou favorável à expansão das leis baseadas na eugenia, como também patrocinou museus e institutos de pesquisa dedicados ao estudo da biologia das raças humanas. Várias fundações destinaram verbas não só para o desenvolvimento das pesquisas e das campanhas de educação em nome da eugenia, como financiaram concursos para a premiação de famílias eugênicas e de crianças robustas; também contribuíram para a expansão das pesquisas enquadradas no campo da eugenia na Alemanha, França e Suécia, pelo menos até a eclosão da Segunda Guerra Mundial.

Nos Estados Unidos e na Europa, a eugenia ganhava dimensões assustadoras. Se em um primeiro momento o intuito era favorecer a “eugenia positiva”, que propunha o casamento entre os indivíduos “normais”, quase de imediato resultou também em práticas atreladas à “eugenia negativa”, que proibia o casamento de “anormais” ou entre as supostas raças superiores e inferiores. Adotada como parte da ideologia do Estado nazista e associada ao antisemitismo, sob o credo da eugenia sancionaram-se as Leis de Nuremberg, datadas de 1933-1935, que vetaram os casamentos entre alemães e judeus, promoveram a esterilização de meio milhão de europeus e legitimaram o assassinato dos “tipos disgênicos” corporificados por judeus, ciganos, portadores de deficiências físicas ou mentais consideradas hereditárias e também dos homossexuais residentes na Alemanha e nos territórios ocupados pelos nazifascistas (Black, 2003).

## **A versão brasileira da eugenia**

Na segunda década do século passado, uma vasta parcela dos intelectuais brasileiros adotou a eugenia como possibilidade de regeneração nacional. Mas, como postular a redenção da raça em um ambiente marcado pela predominância dos tipos negros, indígenas e mestiços? Como aplicar aqui as orientações de uma ciência que prescrevia a necessidade de adoção dos hábitos e consumos típicos

da Europa? Como apontar, como era comum na Alemanha, na Suécia e nos Estados Unidos, um nativo do mundo rural como tipo padrão de saúde e moralidade para ser adotado como modelo pelos habitantes das metrópoles?

As inegáveis dificuldades de aplicação das formulações de Galton e de seus continuadores para explicar e transformar o “homem brasileiro” impôs que a eugenia fosse remodelada para atender às circunstâncias nacionais, tornando evidente que “as ideias, mesmo as científicas, são sempre reconfiguradas seletivamente quando cruzam as fronteiras culturais, e as locais – culturais, políticas e científicas” (Stepan, 2005, p.40).

A urgência de medidas regeneradoras da raça determinou que, em janeiro de 1918, fosse criada a Sociedade Eugênica de São Paulo (Sesp), sob a presidência de Arnaldo Vieira de Carvalho, diretor da Faculdade de Medicina e Cirurgia paulista. O mentor da nova associação foi Renato Kehl, que, mesmo tendo se graduado em medicina três anos antes, já granjeara reputação como eugenista e, graças às influências familiares, conseguira reunir a nata dos intelectuais bandeirantes em prol da eugenia.

A Sesp foi a primeira associação de eugenistas da América Latina e sua finalidade declarada era a de disseminar as ideias formuladas pela nova ciência, não demonstrando em sua efêmera existência – que se encerraria no final de 1919, com cerca de 150 membros – nenhum pendor para a pesquisa, mesmo a de caráter estatístico, como estipulara Galton. Em resultado, a instituição responsabilizou-se pela publicação de um único número de seus anais, o qual foi composto por textos de palestras, artigos de jornais e trechos de apresentações em defesa da eugenia assinados na maior parte por brasileiros, mas também contando com colaborações de especialistas latino-americanos e europeus (São Paulo, 1919).

A partir desse material, constata-se que, desde as suas origens, o eugenismo nacional foi pautado por um ecletismo que alimentou uma série de atritos entre os membros da Sesp. Afastou também o movimento, em referência a vários tópicos, das ideias defendidas pelos eugenistas europeus e norte-americanos.

O primeiro e mais notável motivo de dissintonia entre os eugenistas referiu-se à noção de raça. Para alguns, existia apenas uma “raça humana”, o que deixava implícito o suposto de que todos os homens eram biologicamente iguais, atribuindo-se à “moral corrompida” a causa maior da degeneração biológica. Segundo Rubião Meira – personagem destacado do quadro docente da Faculdade de Medicina e Cirurgia –, os negros eram anatômica, física e moralmente iguais aos brancos e a degeneração neles detectada devia-se aos séculos de escravidão e a uma liberdade desamparada pelos seus antigos senhores e pelo governo (Meira, 1919, p.50-1).<sup>3</sup>

As estratégias para se reportar à existência de uma raça única no Brasil foram múltiplas. Luiz Pereira Barreto, médico reputado e pioneiro no “cruzamento científico” de raças bovinas no país, preferiu afirmar que todos os brasileiros pertenciam à “raça latina” (Barreto, 1919, p.140). Não obstante, a tendência dos membros da Sesp foi convergir para o postulado de que a raça se confundia com a população nacional, inserindo nos *Annaes* um trecho de uma conferência do médico francês Edmond Perrier, no qual afirmava que: “é a pátria [...] que define a raça, mas a raça não define a pátria” (Perrier et al., 1919, p.206).

Tal convergência não inibiu demonstrações de discordância de alguns dos eugenistas. O próprio Rubião Meira, contradizendo-se diversas vezes em uma de suas palestras, alegou a existência de “raças do sertão”, enquanto Olavo Bilac – que teve sua “Oração aos moços” inserida nos *Annaes* – pontificou: “Nos rudes sertões, os homens não são brasileiros, nem ao menos são verdadeiros homens; são viventes sem alma criadora e livre, como as feras, como os insetos, como as árvores” (Bilac, 1919, p.252).

Mesmo assim, nenhum dos filiados à Sociedade Eugênica referiu-se declaradamente à existência de uma hierarquia entre as raças. A exceção deveu-se à inserção nos *Annaes* de um texto assi-

---

3. Ressalta-se que a Sesp em nenhum momento referiu-se aos mulatos como degenerados, provavelmente porque vários de seus membros eram mestiços, inclusive o médico psiquiatra Juliano Moreira.

nado por Augusto Forel, professor de Psiquiatria da Universidade de Zurique, evidenciando a principal diferença entre os eugenistas brasileiros e os europeus. Mostrando-se favorável ao eugenismo negativo, ele declarou: “É preciso ensinar ou mesmo impor, de um modo prático o neomalthusianismo aos doentes, aos incapazes, aos imbecis, aos amorais e criminosos e às raças inferiores” (Forel, 1919, p.227).

Expressões como estas não impediam que a maior parte dos membros da Sesp admitisse a existência da “raça brasileira” e que esta era assolada pela degeneração porque “combatida por mil razões” (Magalhães, 1919, p.160). A primeira medida a ser tomada era incentivar o cruzamento entre os nativos e os imigrantes recentes, pois, diferentemente da postura europeia, para os eugenistas nacionais a miscigenação importaria um novo e mais vigoroso aspecto à “raça brasileira”, mesmo que em prejuízo do estrangeiro (Meira, 1919, p.60).

Rubião Meira preconizou apenas o cruzamento de brasileiros brancos com imigrantes originários da Europa, excluindo os japoneses, negros, índios e mestiços da equação. Várias palestras versaram sobre casamentos de brasileiros com alemães e ingleses, defendendo-se que desses enlaces resultariam tipos robustos na primeira geração, mas que depois poderiam degenerar se não se tomassem os devidos cuidados. Em primeiro lugar, o clima tropical foi avaliado como elemento degenerador, mas alertava-se que a ciência estava capacitada para contornar essa ameaça. Em segundo e mais importante, a educação eugênica poderia garantir a continuidade das proles saudáveis.

O exemplo positivo da miscigenação encontrava-se em São Paulo:

Os cruzamentos entre indivíduos de diferente nacionalidade [*sic*], mas dentro da mesma raça, tal os brasileiros, espanhóis, italianos e portugueses, fornecem magníficos resultados. Um atestado desse acerto está na população de S. Paulo, antes feia e hoje bonita após o cruzamento com o italiano. (Magalhães, 1919, p.162)

Outro ponto de concordância entre os eugenistas brasileiros dava-se em relação às características da hereditariedade. Aproximando-se do pensamento reinante em parte dos galtonianos franceses, mas muito mais arraigado que eles, entendeu-se o processo hereditário como um fenômeno plástico e dependente do meio ambiente; acreditava-se, como ensinou Lamarck, que as alterações biológicas e morais ocorridas nos pais seriam herdadas pelos seus descendentes, tornando-os mais aptos na disputa pela vida, já que “viver é reagir contra a morte”, tanto a morte individual quanto da raça e também da espécie.

Definida como cruzada ou guerra, a “ciência da raça” metamorfoseou-se em uma campanha de salvação nacional. Mesmo que num cenário repleto de divergência, a Sesp declarou em inúmeras ocasiões que, juntamente com o incentivo à miscigenação, cabia aos médicos a missão educadora que permitiria não a eliminação física dos degenerados, mas sim sua reeducação.

## O primado da eugenia preventiva

No transcorrer de quase toda a década de 1920, a eugenia apresentou várias propostas educadoras, sob a rubrica de “eugenia preventiva”. A maior parte desses textos voltava-se para as camadas médias residentes nos espaços metropolitanos e buscava combinar conhecimentos científicos recentes com as propostas potencialmente moralizadoras esboçadas no fim do século anterior, sendo os eugenistas mais mencionados o próprio Galton, o médico francês Paul Good e o fisiologista italiano Paulo Mantegazza.

Apesar da profusão de obras disseminadoras da eugenia, nenhum autor ganhou mais destaque que o médico paulista Renato Kehl. Boa parte de seus escritos revela o empenho divulgador dos conselhos eugenistas, sendo o mais notável deles, e também o menos explorado pelos pesquisadores, a *Bíblia da saúde* (Kehl, 1926).

O eugenismo preventivo de Kehl implicou a combinação de três disciplinas básicas: a higiene, que para ele versava sobre as práticas

individuais de manutenção da saúde, a medicina social, que abordava a saúde na sociedade e pouco se diferenciava do sanitarismo, e, finalmente, a eugenia, explicada ao leitor nos seguintes termos:

Criada por Francis Galton, é uma verdadeira ciência-religião. Harmoniza e concretiza ideias e intuítos regeneradores, esforçando-se para a formação de caracteres ótimos, transmissíveis por herança, concorrendo ao mesmo tempo, para a eliminação das taras e degenerações. (Kehl, 1926, p.16-7)

Além disso, a aceitação e prática dos princípios eugenistas foram avaliadas como ato patriótico no qual o indivíduo teria de despojar-se de qualquer egoísmo. Como membro de uma sociedade, seus desejos e sentimentos íntimos deveriam ser colocados de lado para a recuperação ou manutenção da saúde e da moral, elementos essenciais para a obtenção de um cônjuge tão saudável quanto ele e a geração de uma prole vigorosa que viabilizasse o progresso da sociedade e a melhoria da espécie humana. Em sentido oposto, deixar-se vencer pelos vícios e adoecer constituía-se numa ação contra a pátria, já que o “déficit da saúde” resultava em prejuízos para o indivíduo, para a família e para a sociedade, que teria de medicá-lo e sustentá-lo.

Livrar-se das “sujeiras” acumuladas deveria ser um compromisso coletivo do homem do século XX. O autor referiu-se tanto às “sujeiras do passado”, exemplificadas pelas biografias de alguns santos católicos, como também às “sujeiras do presente”, emblematizadas pelas enfermidades e pela vida moralmente corrupta nos centros urbanos mais expressivos.

Seus ensinamentos foram também denominados como hominicultura, isto é, a regulação médico-eugenística da existência humana, do nascimento à morte. Kehl explicou que a natureza era sinônimo de perfeição e que Adão, antes da queda, era o tipo humano perfeito (Kehl, p.429).

Nesse encaminhamento, Kehl explicou as características das doenças que se manifestavam no ambiente rural, território de

“taras ancestrais”. O combate a tais males deveria se dar sobretudo com a prática de atitudes preconizadas pela ciência moderna, como a periodicidade anual de exames médicos, banhos diários com água e sabão, escovação dos dentes, consumo de águas puras, lavagem dos alimentos, casas de tijolo, fossas sanitárias, combate aos insetos e roedores, o uso de calçados quando na roça, o gosto pelo trabalho intenso, mas também pelo repouso, buscando a hospitalização quando o indivíduo se sentisse adoentado. Sobretudo, a prática da sobriedade, síntese perfeita dos três valores repetidos insistentemente pelos discípulos de Galton: saúde, paz e trabalho.

Foi no enfoque do ambiente rural que ele, como praticamente todos os eugenistas nacionais e estrangeiros, definiu o papel feminino: a geração de filhos eugenicamente perfeitos. Essa tarefa, empreendida pela mulher com o apoio dos professores e dos médicos, nunca com os conselhos dos charlatães vendedores de tisanas ou de sacerdotes, teria suporte no conhecimento básico das doenças típicas dos infantes, na prática da higiene e da administração de remédios caseiros prescritos pelos especialistas. E também na certeza de que a beleza e força da criança não eram sinônimos de rosto bonito e de acúmulo de gordura, mas sim da harmonia das partes do corpo, da robustez e da capacidade de desempenho normal das funções típicas dos infantes.

Se o Brasil foi definido como “o paraíso dos degenerados”, o conservadorismo detectado não só nas perorações dos médicos, mas de boa parte da elite intelectual nacional das primeiras décadas do século passado, tinha como principal foco a modernidade representada pelas metrópoles. E sobre isso Kehl delongou-se em seu livro, pois seu leitor-alvo eram os habitantes concentrados nas grandes cidades.

Assim, se o mundo rural era assolado por múltiplas enfermidades imputadas ao baixo nível de instrução da população, a proliferação das doenças nos espaços urbanos de maior porte foi justificada pela decadência moral de seus habitantes. A modernidade, nesse encaminamento, era criticada como estágio maior da civilização e também o zênite de sua degeneração.

No âmbito da cidade grande, tudo inspirava a crítica do eugênista. O marasmo e a poeira das ruas, as calçadas infectadas pelos escarros, os ambientes insalubres, pois pouco ventilados, dos bares e casas de espetáculos e a presença de animais no recinto doméstico favoreciam a ação de micróbios mortais. Da mesma forma, os hábitos urbanos eram recriminados, pois disseminadores das doenças e do enfraquecimento do corpo, coagindo o médico a ver a presença fatal dos “infinitamente pequenos” em praticamente tudo, condenando à impureza biológica e/ou moral o beijo, o intercurso sexual, o aperto de mão, a fala próxima ao rosto do interlocutor, o bocal dos telefones, o uso de palitos para limpar as cavidades dentárias, o casamento reprovável, a substituição do leite materno pelo leite condensado, os anúncios de remédios estampados nas páginas dos jornais, a recorrência às bebidas alcoólicas, mesmo em doses moderadas, o tabaco e os “vícios elegantes”, como a “pílula da alegria” (ópio), a morfina e a cocaína.<sup>4</sup>

O eugênista debruçou-se detidamente em dois fenômenos por ele tidos como marcas da degeneração física e moral do tempo moderno: o Carnaval e a moda, especialmente a feminina. Para ele, o Carnaval era um tempo de corrupção moral que permitia o ajuntamento das pessoas, as relações sexuais não sancionadas e a proliferação das enfermidades, devendo ser rejeitado por todos. Da mesma forma, o traje feminino em voga foi criticado porque “baixo em cima e alto embaixo”, permitindo que as mulheres se apresentassem “seminuas” em público, comprimindo os órgãos devido ao uso de espartilhos e, ainda mais, usando calçados com saltos de até dez centímetros para atrair o olhar masculino e também dificultar o andar.

Para Kehl, o vestuário higiênico deveria agasalhar pudicamente o corpo, sem, no entanto impedir a perspiração cutânea e ser suficientemente largo para não constrianger a livre circulação sanguínea

---

4. Kehl não se referiu à diamba-ditiramba – maconha –, considerada então droga consumida exclusivamente pelos negros e pelos brancos mais pobres, provavelmente porque estes não eram os leitores-alvo de seu livro.

e a respiração e também não tolher o movimento do corpo. Ainda segundo ele, as “inovações absurdas” deveriam ser substituídas pela moda imperante na Antiguidade ou pela nova maneira de se trajar dos “americanos do norte, caracterizada pelas roupas largas, tecidos finos e uso de sandálias” (Kehl, 1926, p.149).

A não observância “moral e sanitária” das regras da eugenia era responsável pela disseminação das “doenças sociais”, apontadas como sendo a sífilis, a tuberculose e o alcoolismo. Essa tríade de patologias, especialmente a sífilis, o “cupim da raça”, era tida como responsável por predispor o corpo e o espírito para as demais doenças, condenando o contaminado e seus descendentes à degeneração.

Corrigir os comportamentos era o recurso admitido por Kehl para a regeneração da raça. Nesse sentido, os nubentes deveriam não só apresentar atestados de saúde para celebrar o casamento como também proceder a uma investigação sobre o caráter moral do futuro cônjuge, o que implicava, dentre outros aspectos, certificar-se sobre a correção do comportamento, o apego à educação física e o gosto por desfrutar o período de férias no campo.

## **As transformações do ideário nacional da eugenia**

Pouco após a publicação da *Bíblia da saúde*, a proposta eugênica brasileira experimentou novos desafios que visavam aproximá-la do modelo alemão ou do norte-americano. O movimento que propunha a atualização das propostas nacionais deveu-se a vários motivos, dentre eles, o estágio que Kehl realizou na Alemanha, como funcionário graduado da filial brasileira dos Laboratórios Bayer e o advento de uma geração de geneticistas que, formada na Europa e nos Estados Unidos, atuava sobretudo na Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, localizada na cidade paulista de Piracicaba (Stepan, 2005, p.102).

Dentre os novos eugenistas, encontravam-se os biólogos Carlos Teixeira Mendes e Octávio Domingues, que empenharam vários de

seus estudos para enfatizar a pouca validade dos ensinamentos de Lamarck em prol dos princípios mendelianos e da nascente ciência da Genética.<sup>5</sup> A atualização do ideário, que aliava a prática educativa a pesquisas com bases estatísticas e a elaborações de leis instruídas pelo saber eugênico apresentou-se claramente durante a realização do 1º Congresso Brasileiro de Eugenia, ocorrido em 1929 no Rio de Janeiro, cujo objetivo central foi oferecer um renovado aspecto da eugenia, condenando a mestiçagem como “fator disgênico” da raça. A reunião científica contou com 74 apresentações, e, além da educação eugenista, focou novos temas como esterilização dos degenerados, organização de registro individual e de arquivo genealógico de famílias, biometria, legislação social eugênica, contaminação como delito legal e os males da imigração indiscriminada (Santos, 2008, p.236-8).

Após 1930, as novas propostas contaram com restrita encampação pelo governo de Getúlio Vargas. As pesquisas laboratoriais e biométricas relativas a seres humanos foram limitadas e, no plano legal, a conquista eugênica mais destacada ocorreu em meados da década de 1930, referente à limitação da entrada de imigrantes, principalmente os então qualificados como “raças inferiores”, sobretudo os japoneses e, mais discretamente, os judeus, mesmo que os motivos alegados para isto fossem de ordem econômica e cultural.

Frustrados em larga escala em seus novos objetivos, os eugenistas persistiram em sua saga educativa. Um dos sintomas mais evidentes disso foi a proliferação de livros direcionados para o consumo do público infante-juvenil. Um exemplo disso foi a cartilha *Brasil eugênico*, aprovada pela Diretoria Geral do Ensino de São Paulo, de autoria do professor Ulysses Freire, um dos mentores do

---

5. É necessário ressaltar que, segundo Stepan (2005), a substituição do lamarckismo pelo mendelismo no Brasil foi um processo demorado. Os geneticistas encontraram apoio em André Dreyfus, pioneiro da genética mendeliana no Brasil e que, em 1943, convidou o russo Theodosius Dobzhansky para, no âmbito da Universidade de São Paulo, formar o primeiro grupo de brasileiros que realizou experiências genéticas com a *Drosophila melanogaster*.

movimento da Escola Nova ao lado de Fernando de Azevedo, por sua vez um dos membros fundadores da Sesp e desde então ferrenho defensor da prática da educação física como uma das medidas de combate à degeneração da raça (Freire, 1932).

O enredo desse livro conta a história da família de Carlos, um menino que, como seus pais, se submetia aos princípios da eugenia. Residente na área urbana de uma cidade localizada no centro-oeste paulista, provavelmente Bauru, Carlos respeitava os pais, os professores e a pátria; seu dia, após uma noite de sono bem dormido, em um quarto individual e com as janelas abertas para respirar o ar puro, principiava com um banho frio, oportunidade em que fricionava o corpo e escovava os dentes. Após realizar exercícios físicos moderados assoviando uma “marcha de guerra” e alimentar-se com uma refeição sadia prescrita pela mãe, rumava para a escola, onde se destacava pela facilidade de aprendizagem, corpo bonito e “espírito potente”, pois “disposto à combatividade”.

Devido aos seus dotes, o garoto foi premiado com uma viagem à capital bandeirante para participar da Semana de Higiene e da Festa da Primavera, eventos promovidos pela esfera oficial, situação que permitiu que Carlos se deparasse com um grupo de ginastas de corpos saudáveis, encontro que o instigou a lembrar-se dos gregos antigos. Em São Paulo, na companhia paterna, refletiu sobre os grandes vultos da história brasileira e os compromissos que deveria assumir com a pátria. Após visitar parques e monumentos da cidade, associou-se aos escoteiros, não só por estes praticarem exercícios físicos extenuantes, mas também por, ao conhecer uma de suas sedes, deparar-se com o seguinte dístico: “Aqui se aprende a ser homem e a vencer na vida” (Freire, 1932, p.57).

As belezas e comodidades oferecidas pela capital estadual, no entanto, não seduziram o turista mirim; ao realizar um breve estágio entre os escoteiros em acampamento montado nas matas de um parque, reconheceu o valor de estar junto à natureza. Esse sentimento foi complementado pelas ponderações de um escoteiro-chefe:

Em face da vida bruta [...] é que se forma o espírito de energia e virilidade. As comodidades que se encontram nos grandes centros urbanos nos tornam uns alfenins efeminados. Os cinematógrafos com as fitas de moral duvidosa, os campeonatos de mentira, os bailes públicos e outras diversões profanas estão contribuindo para tornar os brasileiros um povo de basbaques. (Freire, 1932, p.79)

Na sequência, pelo que viu e ouviu, o menino retornou à sua cidade de origem, já saudosos do seu cotidiano eugenicamente estabelecido.

Expressões educadoras como essas proliferaram, muitas delas baseadas no que havia sido ensinado por Kehl. O sentimento de frustração dos eugenistas por não terem suas propostas aceitas integralmente pela sociedade e pelo Estado era flagrante. A sensação de derrota experimentada pelos eugenistas brasileiros foi expressa em uma carta datada de abril de 1936 enviada por Monteiro Lobato – um dos patronos não formado em medicina mais referendados pela eugenia nacional – a Renato Kehl. Nessa missiva, Lobato desabafou:

País que nasce torto não endireita nem a pau. A receita [...] para consertar o Brasil é a única que parece eficaz. Um terremoto de 15 dias, para afofar a terra; e uma chuva de... adubo humano de outros 15 dias, para adubá-la. E começa tudo de novo. Perfeita, não? (Lobato apud Diwan, 2007, p.137).

## Considerações finais

Arquitetada como um projeto biopolítico, a eugenia aflorou como ciência na segunda metade do século XIX, respondendo a um desejo cujas raízes remontam a tempos imemoriais: o tipo humano físico e moralmente perfeito. Nos meandros do pensamento de Galton e de seus seguidores estava presente a noção de que a his-

tória da humanidade confundia-se com a história da decadência e a missão dos cientistas era lutar contra a degeneração da espécie.

Para os eugenistas, o paradigma a ser copiado baseava-se na civilização e nos personagens greco-romanos antigos porque, na fantasia desses cientistas, a Antiguidade clássica confundia-se com a perfeição. Nesse encaminhamento de ideias, a negação do tempo presente desdobrava-se na condenação da cultura modernista e seus símbolos maiores, a metrópole e o individualismo.

Transferida para o Brasil, a doutrina eugênica forçosamente precisou ser adaptada às circunstâncias locais. Restrita primeiramente à ação educativa e em seguida reformada para intervir ditatorialmente no tecido social, viu-se frustrada pela negação do Estado e da sociedade em lhe concederem o apoio requerido. Daí o tom apocalíptico que impregnou suas derradeiras falas, que se silenciariam de vez, em escala global, com o fim da Segunda Guerra Mundial.

Para a história das ciências, retomar a trajetória da eugenia torna importante o equacionamento da multiplicidade de caminhos trilhados pelo saber especializado e a constituição e legitimação dos campos científicos como um processo histórico-cultural. Para a educação, especialmente a educação em Ciências, lembrar a eugenia também se mostra uma iniciativa significativa para o questionamento da ciência como sinônimo exclusivo de progresso e constatar que um número surpreendente de ideias científicas e sua incorporação político-social podem fomentar a exclusão, a guerra e a morte. Com isto, pode-se contribuir com um ensino de Ciências comprometido com a formação de estudantes-cidadãos críticos, elemento fundamental para a fomentação dos valores e das posturas democráticas.

## Referências bibliográficas

- BARRETO, L. P. Meninas feias e meninas bonitas. In: SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919. p.137-45.
- BILAC, O. Oração aos moços. In: SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919. p.249-54.
- BLACK, E. *A guerra contra os fracos: a eugenia e a campanha norte-americana para criar uma raça superior*. São Paulo: A Girafa, 2003.
- CONNOR, S. Pioneiro do DNA defende a nova eugenia. *Folha de S. Paulo*, 18/4/2001. Disponível em <[www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm](http://www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm)>. Acesso em 6/1/2002.
- DIWAN, P. *Raça pura: uma história da eugenia no Brasil e no mundo*. São Paulo: Contexto, 2007.
- FOREL, A. Seleção racional ou eugenismo. In: SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919. p.225-8.
- FREIRE, U. *Brasil eugênico*. São Paulo: Irmãos Ferraz, 1932.
- GALTON, F. *Herencia y eugenesia*. Madri: Alianza, 1988.
- \_\_\_\_\_. The possible improvement of the human breed under the existing conditions of law and sentiment. In: BAJEMA, C. J. (Ed.). *Eugenics then and now*. Stroudsburg: Downen, Hutchingson & Ross, 1976. p.33-9.
- GOULD, S. J. *A falsa medida do homem*. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- KEHL, R. *Bíblia da saúde*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1926.
- MAGALHÃES, B. Eugenia: seus fins – factores dysgenicos a combater. In: SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919. p.155-73.
- MEIRA, R. Conferência realizada em 2/5/1918, no Jardim da Infância. In: SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919. p.49-64.
- PERRIER, E. et al. Palavras. In: SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919. p.203-6.

SANTOS, R. A. dos. *Pau que nasce torto, nunca se endireita! E quem é bom, já nasce feito?* Esterilização, saneamento e educação: uma leitura do eugenismo em Renato Kehl (1917-1937). Rio de Janeiro, 2008. Tese (doutorado) – Departamento de História Social da Universidade Federal Fluminense.

SÃO PAULO. Sociedade Eugênica de São Paulo. *Annaes de Eugenia*. São Paulo: Revista do Brasil, 1919.

STEPAN, N. L. *A hora da eugenia: raça, gênero e nação na América Latina*. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2005.

# 3

## CADÁVERES EXPOSTOS: ENSINO E ENTRETENIMENTO NA CONSTITUIÇÃO DA ANATOMIA

*Ana Carolina Biscalquini Talamoni*<sup>1</sup>

*Claudio Bertolli Filho*<sup>2</sup>

O presente capítulo tem por objetivo apresentar e discutir resultados de pesquisa realizada em nível de doutorado em Educação para a Ciência, que intencionou investigar o ensino de Anatomia empreendido em um curso de licenciatura em Ciências Biológicas e suas influências na construção de representações científicas acerca do corpo humano. Nesse encaminhamento, tornou-se necessário levantar as concepções prévias dos licenciados acerca do cadáver, já que o mesmo é material didático essencial nas aulas práticas de Anatomia, circunscrevendo-se na história da constituição desse campo específico de saber. No decorrer das entrevistas, constatou-se que grande parte dos alunos já possuía experiências prévias com peças anatômicas, experiências estas proporcionadas pela visita a exposições itinerantes do corpo humano.

- 
1. Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Apoio Capes. *e-mail*: carolinatalamoni@gmail.com.
  2. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. *e-mail*: cbertolli@uol.com.br. .

As pesquisas em Educação, e mais especificamente em ensino de Ciências vêm se preocupando com as estratégias através das quais a aprendizagem de conteúdos científicos pode ser significativa, e para tanto, em uma vertente construtivista, tem contemplado as concepções prévias dos alunos como parte importante, ponto de partida do processo de ensino e aprendizagem em Ciências. O contexto socio-cultural do aluno, por sua vez, e as condições que esse ambiente propicia para a aprendizagem formal e informal, compõem aquilo que Vigotski (2000) denominou de “história prévia” dos alunos; ela abarca as experiências sociais e históricas que compõem o rol de saberes dos sujeitos e, não raras vezes, mostram-se insuficientes para a construção de conteúdos científicos. Cabe à escola, e mais precisamente ao ensino de Ciências, garantir o aprofundamento desses conhecimentos prévios e, quiçá, o questionamento de sua validade para a vida individual e coletiva.

Diversas são as investigações que a partir da década de 1970 têm se empenhado em mapear e decifrar as concepções alternativas, prévias, ou, ainda, errôneas, de alunos do ensino infantil, fundamental e médio. No início da década de 1980, com as pesquisas de Posner et al. (1982), inaugurou-se uma tendência no campo de ensino de Ciências que busca contemplar as concepções prévias de professores de Ciências durante o período de sua formação inicial.

## **Os professores de Ciências e suas experiências prévias com peças anatômicas**

Seguindo a vertente construtivista de investigação da formação de professores de Ciências, e intentando aprofundar os conhecimentos prévios, as angústias e expectativas de licenciandos em Ciências Biológicas acerca do ensino de Anatomia, foram realizadas 31 entrevistas semiestruturadas. Constatou-se assim que 85% deles já haviam tido um contato preliminar com peças anatômicas através de visitas realizadas a exposições itinerantes do corpo humano.

Diante do fato de as exposições terem se mostrado um espaço-tempo importante do processo de formação inicial de professores de Ciências no que tange aos conhecimentos construídos informalmente acerca do corpo humano, procurou-se realizar uma análise mais compreensiva desse fenômeno de modo a situar as exposições itinerantes no contexto cultural atual em que são produzidas, assinalar sua relevância enquanto espaço informal de aprendizagem de conteúdos científicos, apontar o papel desempenhado por exposições públicas do corpo humano ao longo da história da ciência.

## **O cadáver e as exposições itinerantes**

Além de ser objeto de estudo das Ciências Biológicas e da saúde, o cadáver é uma construção social, um personagem histórico-cultural, e, no que tange às civilizações ocidentais, tem sido o símbolo máximo da morte e também das angústias, dos medos e fantasias que ela suscita. Pesam, portanto, sobre o defunto das aulas de Anatomia com as quais o futuro docente de Ciências deve entrar em contato, as representações subjetivas e intersubjetivas nutridas por estudantes e professores acerca da vida, da morte, da ciência e dos possíveis usos do corpo, dentre eles a prática da dissecação, inseparável da história da constituição da Anatomia como disciplina científica.

As exposições itinerantes de corpos humanos, ao socializar o conhecimento anatômico restrito até então a um pequeno número de acadêmicos privilegiados, iniciados, coloca em pauta o compromisso de os pesquisadores em ensino de Ciências debruçarem-se sobre as iniciativas em educação informal, nas suas variadas propostas, para delas extrair formas válidas de ensino. Também se atenta para o fato de que algumas dessas atividades têm se constituído em espaços de socialização e entretenimento, tendo, portanto, forte ascendência sobre alunos e professores ao influenciar a construção de suas concepções acerca da ciência e dos mais diversos conteúdos científicos.

Essas exposições parecem ser, a princípio, um fenômeno recente, e, pela natureza dos objetos que expõem, têm sido alvo de críticas contundentes por parte de acadêmicos e clérigos que frequentemente interrogam a validade didática e o tipo de entretenimento que podem proporcionar ao público mais abrangente. Além disso, questiona-se o uso do corpo, objeto de estudo das ciências morfológicas e da saúde, em produções que se situam nos limites entre o científico e o artístico, o educativo e o entretenimento.

## Gunther von Hagens e sua técnica de plastinação

As exposições itinerantes, como concebidas na atualidade, só se tornaram possíveis devido ao método de conservação de cadáveres designado como plastinação, criada em 1977 por um anatomista, médico e pesquisador da Universidade de Heidelberg, Gunther von Hagens. A técnica consiste em quatro etapas distintas: a fixação do material, desidratação, impregnação forçada de polímeros biodur S10<sup>3</sup> e a cura.<sup>4</sup> A completa impregnação das peças com essa substância permite não só a conservação como também a flexibilidade e a mobilidade das mesmas. A conservação quase intacta das estruturas permite resguardar as características dos tecidos, camadas e estratos (Rodrigues, 2010, p.221-5).

O método da plastinação é protegido por um número considerável de patentes na Alemanha, Inglaterra, Bélgica, África do Sul, Austrália e Estados Unidos, e, no campo acadêmico, é considerado revolucionário, sobretudo no âmbito da Anatomia, já que produz corpos e peças extremamente duráveis, atóxicas e inodoras, supe-

---

3. O biodur S10 consiste numa mistura de borracha de silicone de baixa viscosidade, criada, patenteada e comercializada pelo prof. Von Hagens, através de suas empresas, que também comercializam o método e equipamentos necessários à plastinação.

4. Refere-se ao processo de impregnação do biodur S10. Geralmente ocorre em temperatura ambiente, podendo ser acelerada pelo grau de umidade do ar (ideal em torno de 50%).

rando, assim, a maioria das dificuldades e incômodos gerados pelos métodos de conservação tradicionais. O impacto da plastinação na renovação das técnicas anatômicas permitiu a Von Hagens a criação de duas empresas: a Biodur Products, que detém a patente e comercializa os polímeros biodur S10,<sup>5</sup> e a Body Worlds – The Original Exhibition of Real Human Bodies, um projeto criado para a exposição das peças preparadas pelo anatomista e seus colaboradores, através do Instituto de Plastinação da Universidade de Heidelberg, fundado em 1993.

Conhecido por sua personalidade extravagante, as obras de Von Hagens situam-se em um campo intermediário entre os feitos e contribuições científicos, e a arte à qual ele aspira, e que se concretiza através das exposições itinerantes do corpo humano realizadas no contexto mundial pela Body Worlds. Segundo o *site* oficial da empresa, o objetivo principal das exposições é “educativo”, ou seja, proporcionar ao público conhecimentos em anatomia e fisiologia do corpo, salientando a importância da preservação da saúde e, sobretudo, democratizando um conhecimento que foi incorporado com exclusividade pelas comunidades médicas e científicas modernas (Body Worlds, 2011).

Os corpos utilizados pela Body Worlds provêm de uma lista de doadores que destinam seus corpos, em vida, ao Instituto de Plastinação (Institute of Plastination – IfP). Essas doações teriam superado a margem de 8 mil corpos, no final do ano de 2010, segundo o *site* da empresa (Plastinarium, 2011).

Em 2006, Von Hagens inaugurou o primeiro instituto de ensino anatômico do mundo, o Plastinarium, na cidade de Guben, no qual os visitantes, através de monitores, podem aprender um pouco da história da Anatomia, sobre as técnicas de conservação anatômica, assistir a minicursos/*workshops* e observar animais plastinados do acervo da Body World Animals dentre outras atividades.

---

5. Substância impregnada na última fase do processo de plastinação, permitindo que as propriedades do corpo sejam preservadas intactas.

Tanto o *site* do Plastinarium quanto o da Body Worlds possuem *link* para uma loja, a Gubener Plastinate GmbH, na qual são negociados catálogos, vídeos, dentre outros artigos exclusivos da marca. Peças anatômicas estão disponíveis em catálogos especiais e sua comercialização é permitida com base no formulário de doação de corpos, no qual consta uma cláusula informando sobre a possibilidade de venda das peças anatômicas preparadas pelo IfP. Vale ressaltar que o comércio desse material é restrito a estabelecimentos de ensino e pesquisa. No catálogo da Gubener Plastinate GmbH de 2010, o preço de uma m.cabeça,<sup>6</sup> em janeiro de 2011, variava em torno de 8.600 a 14.500 euros.

A Body Worlds possuía, em outubro de 2010, quatro exposições itinerantes que já tinham sido visitadas por mais de trinta milhões de pessoas ao redor do mundo: a “Body Worlds I”, que objetivou através de suas peças uma intersecção entre Medicina, Anatomia e ciência tendo, portanto, a função de divulgação científica; a “Body Worlds II”, que, em uma proposta animista, buscou ser “alegre e dinâmica”, com cadáveres representando atividades da vida cotidiana; a “Body Worlds III”, que foi uma edição comemorativa dos trinta anos de trabalho do prof. Von Hagens, na qual ele retratou corpos em posições que aludem a obras renascentistas e, enfim, a “Body Worlds IV”, destinada à exposição de corpos de animais plastinados.

A técnica da plastinação foi popularizada no contexto brasileiro em 2007, com a apresentação, em São Paulo, da exposição “Corpo Humano”, idealizada pelo dr. Roy Glover, diretor-chefe do Laboratório de Preservação Polímera da Universidade de Michigan. A exposição contou com 16 cadáveres e 225 peças plastinadas, e foi visitada por aproximadamente 450 mil pessoas, dentre elas, os alunos entrevistados na pesquisa. Retornou ao Brasil em 2010, trazendo algumas inovações, como os corpos dotados de simuladores

---

6. O plano sagital mediano refere-se ao corte vertical, nesse caso da cabeça, em duas partes: direita e esquerda. Cada uma delas pode ser designada na linguagem anatômica por “m.cabeça” (metade de uma cabeça).

de movimento. Em entrevista ao jornal *Tribuna do Brasil*, o dr. Glover discorreu sobre a importância da exposição:

Esta exposição é sobre a vida. O ser humano necessita aprender sobre o funcionamento de seu corpo, seu desenvolvimento e como ter uma vida saudável e muita longevidade. Mostramos aqui as consequências de vícios, má alimentação e sedentarismo. Precisamos nos conscientizar e valorizar nosso bem mais precioso, nosso corpo, que hospeda vida e não morte. (Exposição? Corpos?, 2010)

## Uma breve trajetória da exposição de corpos

As exposições itinerantes constituem-se em um fenômeno cultural de adesão mundial, e só se tornaram possíveis graças aos feitos sociais e científicos que vão desde a objetivação do corpo empreendida pela filosofia naturalista e renascentista, que permitiu a prática da dissecação, até os avanços técnicos e tecnológicos que permitiram o desenvolvimento de técnicas mais apuradas de conservação dos corpos, culminando na invenção da plastinação no século XX.

Foi através do processo de objetivação do corpo que, a partir do século XIV, houve uma reorientação das perspectivas sobre o mesmo, que, do estatuto de “sagrado” promovido pela cultura religiosa medieval, tornou-se alvo de olhares curiosos e incursões anatómicas públicas. Pode-se dizer que foi justamente a curiosidade sobre os segredos internos do corpo e conseqüentemente a adesão pública às demonstrações anatómicas (que ainda estavam longe de ser uma unanimidade) que permitiram a consolidação da prática da dissecação e, assim, o desenvolvimento da moderna disciplina “Anatomia”.

## As lições de Anatomia

Em meados do século XIV, um decreto oficial ordenou ao Colégio de Médicos e Cirurgiões de Veneza que efetuasse pelo menos uma dissecação pública por ano (Laín Entralgo, 1999, 1954). Tratava-se do agendamento de um evento de periodicidade regular – geralmente no inverno – oferecido à apreciação pública, que ao longo do século XIV e XV passou a ser praticada não só na Itália, como na Inglaterra e França.

Segundo Le Breton (1993, p.175), as dissecações anuais eram um evento social esperado tanto pela comunidade hipocrática quanto pelo público leigo. Realizava-se em teatros anatômicos projetados segundo algumas especificações, sendo que a maioria delas referia-se à “visibilidade do espetáculo”, em detrimento das normas de higiene e de moral que mais tarde as restringiriam.

A princípio, as dissecações eram realizadas no período do Carnaval, e costumavam obedecer a um ritual mais ou menos ordenado. Iniciando-se com uma missa dedicada ao morto, passava-se à realização da dissecação propriamente dita e, por fim, havia um grande banquete no qual se reunia a elite médica. Rapidamente tornou-se um evento social da maior importância, um “ponto de encontro”, celebração de um tipo de divertimento “mundano”, no qual muitos dos participantes leigos apresentavam-se trajando fantasias.

Para obedecer a um padrão cultural que passou a ser valorizado, e para sintonizar-se com um novo tipo de sensibilidade, barroca, para a qual os limites entre o belo e o grotesco, o agradável e o repugnante tornaram-se imprecisos e maleáveis, a aristocracia anglo-saxônica logo tratou de providenciar seus próprios anfiteatros, que proliferaram ao longo dos séculos XV e XVI. Nos teatros anatômicos particulares eram realizadas sessões privadas de dissecação para um número restrito de “convidados”.

Essa sensibilidade anatômica encorajou não só a proliferação dos teatros anatômicos particulares, como também as práticas de se colecionar órgãos e esqueletos humanos. As imagens mórbidas da carne apontadas pela dissecação ampliaram os limites do que se po-

deria “ver”, e casos de malformação física, mutilações e exposição de corpos putrefatos passaram a ser alvo de curiosidade e audiência semelhantes.

As imagens e o imaginário oferecidos pela prática anatômica exerceram, portanto, uma forte influência sobre as sensibilidades coletivas, sobretudo ao que concernia às questões da vida e da morte. A banalização da morte engendrada pelas teatralizadas dissecações públicas contribuíram para esse fenômeno, que aproximou a realidade do corpo à dos homens, lembrando-os de sua precariedade e de seu destino (Le Breton, 1993, p.185-91).

Se as lições de Anatomia, por um lado, foram ganhando cada vez mais legitimidade e adesão pública, por outro geravam conflitos em função da origem dos cadáveres e de outras questões religiosas. A princípio, elas deveriam utilizar corpos de indivíduos condenados por homicídio e executados por enforcamento (Le Breton, 1993, p.143; Arasse, 2008). Muitas vezes, a dissecação era parte da pena imposta ao criminoso, dependendo das condições nas quais se dera o crime. Esse fato conferia um caráter punitivo e exemplar para a sociedade, e, nesse encaminhamento, o anatomista ou cirurgião era apenas “mais um carrasco” (Richardson, 2000, p.75-6).

Com a ampliação do número de teatros anatômicos, a demanda de corpos aumentou vertiginosamente em comparação ao rol de executados disponibilizados pelas autoridades, fazendo surgir o fenômeno “infame” dos roubos de cadáveres que marcaram os grandes centros europeus ao longo dos séculos XVI, XVII e XVIII. Na maioria das vezes, os furtos ocorriam em cemitérios da própria cidade onde posteriormente os corpos seriam dissecados. Não foram raros os casos nos quais um espectador ou estudante de Anatomia deparou-se com um “conhecido” na mesa de dissecação.

## Doação de corpos

A doação, por parte das autoridades, dos corpos de suicidas, prostitutas e não reclamados dificultaram a instituição da Anatomia como disciplina científica independente e autônoma. Ela precisaria, antes, desvencilhar-se da performance pública, do caráter de espetáculo de que tinha sido investida. Ela precisaria ser despolarizada.

Em meados do século XIX, *Sir Astley Cooper*, um dos mais renomados cirurgiões de Londres, discursou sobre as inúmeras contribuições do estudo empírico proporcionado pela prática da dissecação, realizada semanalmente – às segundas-feiras – no local *Surgeon's Hall*, anfiteatro fundado pelo *College of Surgeons*.

Esse evento, além de ser uma extensão do “espetáculo” da execução pública, correspondia para o próprio público, não raras vezes pagante, à exposição de um capítulo à parte da história individual que ensejava uma contemplação ainda maior: o processo da morte e da corrupção do cadáver. Uma das contingências que certamente levaram à adesão pública foi o medo generalizado da morte e, mais precisamente, do *post-mortem*. A aversão ao purgatório foi paulatinamente substituída por outros temores. Nutria o imaginário coletivo, por exemplo, o medo de ter o corpo subtraído da sepultura ou, ainda, de ser enterrado vivo.

Do primeiro medo – de ter o corpo roubado –, o poema gótico de Thomas Hood ofereceu uma boa descrição em “*Mary's ghost: a pathetic ballad*”: “*Twas in the middle of the night/ To sleep young William tried/ When Mary's ghost came stealing in/ And stood at his bed-side.// O William dear! O William dear!/ My rest eternal ceases/ Alas! my everlasting peace/ Is broken into pieces.// I thought the last of all my cares/ Would end with my last minute/ But tho' I went to my long home/ I didn't stay long in it.// The body-snatchers they have ome/ And made a snatch at me/ It's very hard them kind of men/ Won't let a body be!// You thought that I was buried deep/ Quite decent like and chary/But from her grave in Mary-bone/ They've come*

and boned your Mary.// The arm that used to take your arm/ Is took to Dr. Vyse/ And both my legs are gone to walk/ The hospital at Guy's// I vow'd that you should have my hand/ But fate gives us denial/ You'll find it there, at Dr. Bell's/ In spirits and a phial.// As for my feet, the little feet/ You used to call so pretty/ There's one, I know, in Bedford Row/ The t'other's in the city// I can't tell where my head is gone/ But Doctor Carpue can/ As for my trunk, it's all pack'd up/ To go by Pickford's van.// I wish you'd go to Mr. P./ And save me such a ride/ I don't half like the outside place/ They've took for my inside.// The cock it crows — I must begone!// My William we must part!// But I'll be yours in death, altho'/ Sir Astley has my heart.// Don't go to weep upon my grave/ And think that there I be/ They haven't left an atom there/ Of my anatomie.<sup>7</sup> (Hood, 1827)

- 
7. O fantasma de Mary: uma balada patética// Era no meio da noite,/ e o jovem William tentava dormir,/ quando o fantasma de Mary chegou sorrateiramente,/ e postou-se ao lado da sua cama.// Querido William! Querido William!// Meu descanso eterno terminou;/ oh!, minha paz eterna/ foi despedaçada.// Eu pensei que a última das minhas preocupações/ acabaria no meu último minuto de vida;/ mas qual? Eu fui para a minha última morada,/ mas não permaneci muito tempo lá.// Os ladrões de cadáveres chegaram,/ e me arrebatarem;/ são homens decididos/ não deixaram nenhum corpo!// Você pensou que eu tinha sido enterrada/ razoavelmente decente e protegida,/ na sua sepultura em Marylebone [provavelmente, Mary-bone do original seja Marylebone, bairro de concentração de hospitais, clínicas e cemitérios próximo ao centro de Londres]/ eles vieram e desossaram sua Mary.// O braço que segurava o seu braço/ foi dado ao dr. Vyse;/ e minhas pernas começaram a andar/ para o hospital em Guy's [hospital-escola perto de Marylebone].// Eu prometi que lhe daria minha mão,/ mas o destino nos negou;/ você a encontrará lá, no dr. Bell,/ em álcool e num frasco.// Como meus pés, pequenos pés/ que você costumava dizer que eram tão bonitos,/ um está, eu sei, em Bedford Row,/ E o outro no centro de Londres.// Eu não posso lhe dizer onde está minha cabeça,/ mas o doutor Carpue pode:/ como meu tronco, ela está numa caixa/ para ser enviada por uma viatura da Pickford [empresa de transporte fundada em 1620].// Eu gostaria de ser enviada ao Sr. P./ e me livrar de um passeio;/ eu não gostaria de ficar exposta,/ eles veriam meu interior.// O galo está cantando — eu tenho que ir embora!// Meu William temos que nos separar!// Não obstante, eu serei tua na morte/ Sir Astley tem meu coração.// Não vá chorar na minha sepultura,/ e pensar que lá estou;/ eles não deixaram lá um átomo sequer/ da minha anatomia.

Do medo de ser enterrado vivo derivou, na prática funerária, o desenvolvimento de uma série de mecanismos que, instalados dentro dos caixões, permitiam que o pretense morto pedisse socorro, em caso de eventuais enganos. Na prática científica, culminou na necessidade de se estabelecer limites mais precisos sobre o momento da morte e os sinais definidores do óbito, o que a dissecação poderia proporcionar, já que não foram raros os casos em que indivíduos “despertaram” na mesa de dissecação (Thomas, 1980).

A questão do momento da morte foi amplamente explorada nessas ocasiões. As dissecações realizadas pelo físico italiano Giovanni Aldini (1762-1834), já no começo do século XIX, constituíam-se em verdadeiros *shows*, superlotados e aclamados pelo público, sobretudo nas ocasiões em que o anatomista adotou técnicas de galvanização.<sup>8</sup>

A estimulação dos corpos através de correntes elétricas comumente causava reações musculares involuntárias, de modo que as dissecações públicas foram palco para tentativas de “ressuscitação” momentânea – provavelmente um dos motivos da popularidade de Aldini e, certamente, a mola propulsora para o Murder Act de 1812, que proibiu esses experimentos durante as dissecações.

A princípio considerada como uma prática macabra destinada a pessoas de “gosto duvidoso”, a dissecação foi banida do cotidiano social dos leigos à medida que se tornava o privilégio de uma classe cada vez mais restrita de “iniciados”. A princípio, foram restritas aos anfiteatros das escolas públicas e/ou privadas de Anatomia; depois, no fim do século XIX, passou a ser uma exclusividade da classe médica, encerrando-se definitivamente dentre os muros da academia, com o advento da ciência moderna, no início do século XX.

Na Inglaterra, as últimas dissecações públicas foram realizadas em 1832, quando a lei que regulamentava essa prática, o Anatomy Act de 1832, foi implementada pelas autoridades. O espetáculo da

---

8. Referência aos experimentos realizados por Luigi Galvani (1737-1798) que consistiam na estimulação dos corpos através da eletricidade. A eletricidade, nesse encaminhamento, substituiu temporariamente a noção abstrata de “força vital”, anteriormente proposta por John Hunter (1728-1793).

dissecação só viria a ser proporcionado em Londres novamente, sob torrentes de críticas e empecilhos legais, no começo do século XXI, com a chegada da exposição itinerante de corpos de Gunther von Hagens (MacDonald, 2006, p.2).

## Os anfiteatros de anatomia

Os anfiteatros de anatomia foram relativamente comuns a partir do final do século XVI, como o famoso teatro de Leiden. Neles, encontravam-se alegorias que associavam a dissecação ao *memento mori*, o que era uma maneira de legitimação científica e religiosa da prática anatômica. Segundo Arasse (2008, p.578), essas alegorias:

[...] davam a entender que o considerável sucesso dos espetáculos pagos dos teatros de anatomia não atraía somente espíritos ávidos de distrações sensacionais e perturbadoras, em particular no momento dos divertimentos carnavalescos, nos quais o corpo grotesco ainda triunfa sobre o corpo moderno.

No início do século XVI, houve um fim da discrição quanto às práticas anatômicas, que, ao mesmo tempo em que causavam horror, também exerciam, sobre o público leigo e os acadêmicos, uma grande fascinação. Em meados do mesmo centenário, os mais bem equipados gabinetes de História Natural e de Anatomia comportavam coleções com peças raras de monstruosidades e aberrações, além de tumores, cálculos renais e outras estruturas corporais com o maior grau de variação anatômica possível. Também faziam parte do acervo desses gabinetes, preparações contendo olhos, línguas, artérias, músculos, o que demonstrou que a técnica de injeção de veias e artérias aprimorava-se, assim como o conjunto das técnicas anatômicas de conservação, pouco utilizadas pelos precursores da Anatomia.

A sensibilidade anatômica permitiu o surgimento de novos comportamentos diante da morte, sobretudo por parte dos pró-

prios anatomistas, que passaram a aplicar as técnicas anatômicas nos “ritos funerários”, ou seja, para o embalsamamento. William Hunter (1718-1783) foi o precursor nesse campo após os egípcios, já que essa técnica ficou praticamente desconhecida na Europa até o fim do século XVIII (González-Crussi, 1990).

Enfim, as dissecações públicas surgiram no contexto social renascentista, para, sob os auspícios do naturalismo, suprir a necessidade do homem de se autoconhecer a partir do conhecimento do seu próprio corpo. A intensidade com a qual esses eventos foram investidos, tanto psicológica quanto emocional e culturalmente, permitiram que a realidade irrefutável da finitude do corpo fosse incorporada à sensibilidade europeia.

A morte presente no cadáver anatomizável era, de certa forma, a morte de cada um. Com o advento da modernidade e com a necessária organização das instâncias científicas, as dissecações, enquanto práticas culturais, deixaram sua esfera mais ampla para restringir-se à subcultura científica, aos laboratórios de Anatomia, às aulas práticas de cirurgia, e aos museus universitários de Anatomia. Nesses casos, o cadáver nada mais é senão um objeto anônimo de ensino.

## Considerações finais

As dissecações públicas devem ser compreendidas enquanto prática cultural e como um capítulo à parte no desenvolvimento da disciplina anatômica, parte da história da ciência e que de certa forma culminou no advento, um tanto polêmico, das exposições de corpos humanos reinauguradas por Von Hagens, no século XX. Apelidado de “dr. Frankenstein”, os feitos de Von Hagens portam-se nas fronteiras entre as esferas científica, cultural e mercadológica, tendo por pano de fundo a “exploração/exposição” do corpo sob condições materiais que nenhuma instituição acadêmico-científica do mundo tem atualmente.

Com as exposições de Von Hagens, os corpos mortos, privilégio até então restrito à academia, ganharam vida. Retratam atividades

cotidianas com as quais a maioria do público pode se identificar; transgridem a norma do silêncio que impera diante da morte e, além disso, personalizam a mais moderna técnica científica. Democratizam o conhecimento da anatomia humana, assim como as lições de anatomia de outrora. Remetem a tempos remotos, nos quais era possível que os vivos convivessem com os mortos, com a morte, em uma dança sem fim, a coreografia da humanidade.

Enfim, se tais exposições permitem retrair parte da história da anatomia, também causam um alvoroço alimentado por uma indigestível ojeriza contemporânea diante da morte e aos corpos mortos. Deslocado para o plano do ensino de Anatomia, o (re)conhecimento prévio da interioridade corpórea por parte daqueles que mais tarde ocuparão a posição de alunos de Anatomia, tem persistido o advento de uma nova e pós-moderna sensibilidade que pode implicar novos desafios para o ensino e a aprendizagem da disciplina.

## Referências bibliográficas

- ARASSE, D. A carne, a graça, o sublime. In: CORBIN, A., COURTINE, J. J., VIGARELLO, G. *História do corpo: da Renascença às Luzes*. Petrópolis: Vozes, 2008. p.535-620.
- BODY WORLDS. The Original Exhibition of Real Human Bodies. Disponível em <<http://www.bodyworlds.com/en.html>>. Acesso em 11/1/2011.
- EXPOSIÇÃO? CORPOS? *Tribuna do Brasil*, 18/10/2010. Disponível em <[http://www.tribunadobrasil.com.br/site/index.php?p=noticias\\_ver&id=31151](http://www.tribunadobrasil.com.br/site/index.php?p=noticias_ver&id=31151)>. Acesso em 10/1/2011.
- GONZÁLEZ-CRUSSI, F. *Notas de un anatomista*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1990.
- HOOD, T. *Mary's ghost: a pathetic ballad*. 1827. Disponível em <<http://www.readbookonline.net/readOnLine/15911/>>. Acesso em 17/6/2011.
- LAÍN ENTRALGO, P. *História de la Medicina: medicina moderna y contemporânea*. Barcelona: Editorial Científico Médica, 1954.

- LAÍN ENTRALGO, P. *Historia universal de la Medicina*. Buenos Aires: Masson Multimedia. LV&D.XL, 1999. (CD-ROM).
- LE BRETON, D. *La chair à vif: usages médicaux et moudains du corps humain*. Paris: Éditions A. M. Métalié, 1993.
- MACDONALD, H. *Human remains: dissection and its histories*. New Haven/Londres: Yale University Press, 2006.
- PLASTINARIUM. Disponível em <[http://www.plastinarium.de/en/plastinarium\\_e/latest\\_news.html](http://www.plastinarium.de/en/plastinarium_e/latest_news.html)>. Acesso em 11/1/2011.
- POSNER, G. F., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W., GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, p.211-27, 1982.
- RICHARDSON, R. *Death, dissection and the destitute*. Chicago: Chicago Press, 2000.
- RODRIGUES, H. *Técnicas anatômicas*. 4.ed. Vitória: GM, 2010.
- THOMAS, L. V. *El cadáver: de la Biología a la Antropología*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1980. (Coleção Popular Fondo de Cultura Económica).
- VIGOTSKI, L. *Pensamento e linguagem*. 2.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

# 4

## A INTEGRAÇÃO CONCEITUAL NO ENSINO DE BIOLOGIA: COMO PROFESSORES UNIVERSITÁRIOS RELACIONAM GENE A DIFERENTES CONTEÚDOS BIOLÓGICOS

*Mariana A. Bologna Soares de Andrade*<sup>1</sup>

*Thais Benetti de Oliveira*<sup>2</sup>

*Eduarda Maria Schneider*<sup>3</sup>

*Fernanda Aparecida Meglhioratti*<sup>4</sup>

*Ana Maria de Andrade Caldeira*<sup>5</sup>

### Introdução

Uma das questões suscitadas em pesquisas concernentes ao ensino de Biologia é a de que o conhecimento biológico vem sendo abordado de forma fragmentada e estanque, sem que as relações entre as áreas temáticas, tais como Genética, Botânica e Zoologia, sejam evidenciadas, dificultando, portanto, a aprendizagem dos conceitos científicos (Meglhioratti et al., 2009). Essa dificuldade é

---

1. Professora doutora – UEL.

2. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – UNESP/Bauru.

3. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Unioeste/Cascavel.

4. Professora doutora – Unioeste/Cascavel.

5. Professora doutora – UNESP/Bauru.

agravada pela ausência, no ensino, de uma perspectiva histórico-epistemológica consonante à complexa e paulatina construção dos fenômenos científicos (Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007), o que acaba por destituir os conceitos biológicos do processo histórico que permitiu sua aceitação na comunidade científica (Harres, 1999; Gil-Perez et al., 2001; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007). Desse modo, o conhecimento biológico é abordado fora do seu contexto de produção e como um conjunto de conceitos e termos que não estabelecem conexão entre si.

O pensar sobre as bases que fundamentam o conhecimento biológico e sobre os conceitos que oferecem sustentação a essa ciência é essencial tanto para a sistematização e consolidação da Biologia como ciência autônoma como para o ensino dos conceitos biológicos de forma mais contextual e integrada. O estabelecimento da Biologia como campo específico do conhecimento é recente (Sterelny & Griffiths, 1999; Grene & Depew, 2004; Mayr, 2005), pois, até o início do século XX, a construção do conhecimento sobre os fenômenos do mundo vivo, ou seja, a Epistemologia da Biologia, foi baseada nas Ciências Físicas e Químicas. Embora a constituição da Biologia como ciência seja recente e muitos fenômenos próprios da mesma sejam compreendidos a partir de ciências que se consolidaram antes dela, as discussões relativas à Epistemologia da área têm evidenciado princípios e características próprias do conhecimento biológico que lhe conferem autonomia.

Ao entender a Biologia como um campo coerente e unificado, através do qual os conceitos se relacionam e se sustentam, percebe-se a necessidade de ultrapassar a visão fragmentada que constituiu o ensino da mesma, tanto da educação básica como no ensino superior. Portanto, reitera-se a impossibilidade de se abarcarem os conceitos biológicos apenas por meio de subáreas que, ao serem organizadas nos currículos do ensino superior, de forma fragmentada e pouco contextualizada, não permitem a compreensão integrada característica do mundo vivo. É necessário que se pratique no ambiente universitário uma abordagem que contextualize a ciência e o

conhecimento, em contraposição a uma postura, tomada por muitos professores e pesquisadores, que concebe o conhecimento biológico como um conjunto de conteúdos prontos e acabados organizados em disciplinas. É fundamental no processo de ensino e aprendizagem considerar o caráter dinâmico e vivo dos diversos processos e contextos dos quais o conhecimento biológico é resultante (Silva Filho, 2002).

Aliado ao caráter dinâmico em que os conteúdos biológicos devem estar arraigados, está a necessidade de compreender a ciência não apenas como um empreendimento para descoberta de fatos e na enumeração de conceitos gerais, e sim como um processo e como uma instituição. Para tanto, salienta-se a importância de uma formação docente que permita desenvolver uma postura crítica e uma visão de ciência como um processo que está submetido a questões sócio-histórico-culturais (Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007). Para evitarmos essa “caricaturização” do conhecimento, a prática docente deve ser encarada com o objetivo de aproximar os alunos da ciência tal como ela é produzida, buscando, para tanto, uma abordagem em que estejam presentes avanços, dúvidas, recuos, influências da sociedade, disputa entre teorias, limites tecnológicos, motivações dos cientistas, etc., permitindo dessa forma a contextualização do conhecimento científico e o entendimento da suscetibilidade do mesmo a questões conjunturais (Amorim & Curado, 1997).

Dentre os conceitos que fazem parte da História da Biologia e da sua configuração conceitual, está o conceito de gene. Esse conceito ganhou diferentes significados ao longo do tempo, e, atualmente, é objeto de discussão tanto na Filosofia da Biologia quanto na própria Genética. Embora não haja um consenso sobre o conceito de gene, o mesmo foi fundamental para a constituição da ciência Biologia, tomando parte de redes conceituais e de teorias que organizaram e/ou organizam os estudos dos seres vivos. Portanto, para compreender como a Biologia se constitui enquanto ciência é fundamental discutir como o conceito de gene está inserido na formação conceitual do conhecimento biológico e como se relaciona a outros conceitos fundamentais dessa ciência, tais como

evolução, desenvolvimento, interações ecológicas, entre outros. Assim, objetiva-se neste capítulo: investigar como professores universitários compreendem o conceito de gene em relação aos conteúdos biológicos abordados nas disciplinas ministradas por eles; verificar de que forma a contextualização do conceito gene pode ocorrer em cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e como o professor é capaz de enxergá-la e/ou trabalhá-la.

### **A diversidade conceitual do gene e o ensino de Biologia**

O ensino de Genética tem sido preconizado pelos pesquisadores que se dedicam ao ensino de Biologia, uma vez que essa área perpassa tanto questões de relevância social como econômica – incluindo implicações tecnológicas, sociais e éticas – e pela importância na estrutura conceitual das Ciências Biológicas (Rodríguez, 1995; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Banet & Ayuso, 2003 apud Golbach & El-Hani, 2008).

Pesquisadores da área de ensino de Ciências articulam que a não compreensão da Genética, da Biologia Molecular, da evolução, entre outros assuntos da Biologia, apresenta uma estreita relação com: a falta de domínio de conteúdo pelo professor; o *status* que a Biologia atingiu como ciência, tornando-se abstrata e de difícil compreensão; metodologias de ensino que privilegiam o ensino dos conceitos em suas diversas áreas do saber dentro do modelo de ensino transmissão e recepção dos conteúdos. Esses três fatores têm contribuído para a desarticulação e fragmentação da ciência Biologia e mais especificamente do ensino de Genética, sendo recorrentes tanto nos currículos como nos livros didáticos (El-Hani, 2005). Dentre as dificuldades que se apresentam ao ensino e à aprendizagem de Genética nas escolas, destaca-se, entre os alunos, a falta de compreensão e inter-relação dos conceitos básicos da área que permitiriam um entendimento consistente do fenômeno da herança. Por exemplo, é constatado que existe uma grande confusão conceitual sobre o que são genes, cromossomos, alelos e onde estão localizados (Goldbach, El-Hani & Martins, 2005).

No contexto molecular do complexo sistema genético, Gericke & Hagberg (2007) comentam que a Biologia contemporânea, devido ao desenvolvimento vertiginoso de áreas como a Biologia Molecular e a Biologia do Desenvolvimento, apresenta novas considerações acerca do entendimento dos genes e de sua expressão. Nesse sentido, cabe compreender que a área de conhecimento da Biologia Molecular,

[...] que se caracteriza por transformações rápidas do estado do conhecimento, com a presença de muitas incertezas, é apontada, atualmente, em muitas pesquisas, como sendo a mais problemática para o ensino científico. (Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007, p.167)

Assim, diante dos avanços moleculares, torna-se significativa a compreensão de temas integradores dessa área de ensino e pesquisa. Neste trabalho, são abordadas questões relativas ao conceito de gene. Esse conceito é constantemente mencionado, não só em contextos biológicos, científicos, mas também em diferentes esferas da sociedade, fazendo-se muito presente tanto na imprensa especializada quanto na leiga, sendo veiculado, em geral, mediante simplificações e visões deterministas (Joaquim et al., 2007).

O conceito de gene está submetido a controvérsias desde meados da década de 1970, inicialmente na Filosofia da Biologia, e, a partir do século XXI, na própria Biologia (Joaquim et al., 2007). Essa “crise conceitual” referente ao gene é oriunda da crise do conceito molecular clássico, que apresenta o gene como decodificador de um único polipeptídeo, que, por sua vez, apresentará uma única função (representada pela proteína) (El-Hani, 2005). Descobertas moleculares acabaram por impor desafios tanto epistemológicos quanto científicos para a definição de gene como uma unidade estrutural independente e bem demarcada, através da qual se procura uma correspondência direta entre gene e proteína (El-Hani, 2005). Entretanto, Waizbord & Solha (2007) indicam que o conceito molecular clássico, mesmo sendo procedente de pesquisas realizadas na década de 1960 e tendo sido questionado por muitos estudos da

Biologia Molecular, continua sendo a definição mais utilizada em livros modernos de Biologia Celular e Molecular.

Sugere-se que a preponderância desse conceito em relação aos demais, no ensino de Biologia, pode ser influenciada pelo marco histórico que ele representou, sendo conhecido como “dogma central da Biologia Molecular”, o qual afirma que a passagem da informação genética segue do DNA para o RNA (ácido ribonucleico) e daí para as proteínas. Nesse dogma estariam representadas as duas funções primordiais da molécula de DNA: 1) a autorreprodução das informações genéticas; 2) a indução da síntese de proteínas que constituem a estrutura dos organismos (Waizbort & Solha, 2007). Ou seja, o conceito molecular clássico de gene aparentemente demonstra uma explicação coerente para a estabilidade da herança. Desse modo, tratar o conceito molecular clássico como incoerente seria impróprio, pois, apesar das suas inconsistências, apontadas pelo desenvolvimento da ciência e o acelerado avanço da Genética e da Biologia Molecular no século XXI, o mesmo exerceu um papel essencial no século XX com a apresentação do modelo de DNA.

Entretanto, a existência de inúmeros processos moleculares e as inconsistências relativas ao conceito molecular clássico de gene inviabiliza, atualmente, a aceitação passiva de definições de gene baseadas em sequências definidas de DNA ou a partir de uma visão estática, ou mesmo única, para o gene. Essas visões não mais se sustentam, sendo possível encontrar na literatura atual a ocorrência de diferentes definições que são utilizadas em determinados contextos de pesquisa e/ou ensino.

Moss (2006) evidencia que as dificuldades relativas à definição de gene ocorrem devido a uma tendência em se confundir dois sentidos diferentes de gene, cada um válido em certo domínio disciplinar. Um dos sentidos é definido por uma relação preditiva a um fenótipo, Gene-P, sendo indeterminado em relação à sua base material (isto é, sua sequência de DNA). Assim, qualquer gene que é um gene “para” uma doença ou característica seria um Gene-P. Gene-D, ao contrário, é o sentido de um gene quando é definido por uma sequência de ácido nucleico que fornece o modelo de re-

curso (ou informações) para algum conjunto de potenciais polipeptídeos ou produtos de RNA; no entanto, o Gene-D é indeterminado em relação ao resultado fenotípico, pois, mediante as inúmeras modificações contextuais, o mesmo gene-D pode ser um fator que contribui para resultados fenotípicos completamente diferentes, até mesmo contraditórios. O reconhecimento de que há duas formas de entender o conceito de gene, mas que estas não se sobrepõem, leva à conclusão de que a tentativa de interpretar um gene como sendo uma sequência molecular específica correspondendo a um traço fenotípico específico, confunde dois domínios distintos, gerando as inconsistências na definição desse conceito.

Outra definição de gene encontrada na literatura é o de gene evolutivo, que pode ser considerado como qualquer trecho de DNA, começando e terminando em pontos arbitrariamente escolhidos no cromossomo, que compete com trechos alelomórficos pela região cromossômica em questão. Essa definição está presente, por exemplo, no trabalho de Dawkins (2001, p.54), no qual define gene como “uma unidade genética pequena o suficiente para durar por um grande número de gerações e ser distribuída sob a forma de muitas cópias”.

Ainda, na tentativa de considerar o gene como uma entidade de existência temporária e descontínua, fortemente dependente de *processos* que ocorrem nos contextos celular e extracelular, bem como de fatores epigenéticos, para sua expressão funcional, foi cunhado o conceito de gene molecular processual, discutido por Paul Griffiths & Eva Neumann-Held (1999, p.661), com o qual se propõe o gene “como um processo molecular inteiro com capacidade de expressar um particular produto polipeptídico”. Essa é uma tentativa de reconhecer vias e processos moleculares que produziriam um determinado produto.

Segundo Santos & El-Hani (2009), outra definição relacionada ao conceito de gene que incorpora elementos interativos das sequências do DNA ou RNA com o ambiente celular, orgânico ou ambiental é o conceito sistêmico apresentado por Pardini & Guimarães (1992). Esses autores (1992, p.716) entendem que “a re-

lação entre informação codificada e o produto de sua codificação é complexa, variando de acordo com as condições espaciais e temporais de ocorrência”. Nesse contexto, os autores definem gene como “a combinação de (uma ou mais) sequências de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), definidas pelo sistema (a célula, interação com o ambiente, ou o ambiente sozinho, no caso de sistemas subcelulares ou pré-celulares), que correspondem a um produto (RNA ou polipeptídeo)” (Pardini & Guimarães, 1992, p.716).

Percebe-se que, atualmente, o gene tornou-se um conceito polissêmico, tendo diferentes significados que “convivem” na literatura científica. No entanto, como afirma Joaquim et al. (2007, p.4),

[...] o problema não está no fato do termo “gene” ter vários sentidos [...] O problema reside, antes no fato de que os vários significados do termo “gene” e seus respectivos contextos de aplicação não se mostram suficientemente claros e bem demarcados, o que acaba por gerar uma grande ambiguidade e confusão semântica no emprego do termo.

Dessa forma, compreendendo essa polissemia conceitual de gene, a importância do mesmo para o conhecimento biológico e a necessidade de contextualização na formação de biólogos, esse trabalho buscou identificar como professores universitários de diferentes áreas da Biologia, que ministram aulas em cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, estabelecem relação entre o “gene” e os conteúdos específicos de suas disciplinas e, também, qual o papel do conhecimento desse conceito para a sua disciplina. A concepção de que a abordagem do gene é importante para a disciplina pode demonstrar um reconhecimento, por parte dos professores, da importância de se discutir os contextos nos quais os conceitos estão inseridos e os limites que sustentam um paradigma científico tão consolidado na Biologia – o Conceito Molecular Clássico de gene.

## Metodologia

A investigação realizada pauta-se em uma abordagem qualitativa de pesquisa, a qual, segundo Bogdan & Biklen (1994), envolve dados descritivos obtidos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada. Os dados foram coletados através de um questionário contendo oito questões. Ao adotar o questionário como instrumento de coleta de dados compreende-se que ele possibilita uma coleta informal sobre um determinado fato, situação ou fenômeno (Severino, 2007). Neste trabalho são analisadas duas questões presentes no questionário aplicado: 1) como você faria, no contexto da sala de aula, o estabelecimento de relação entre o conteúdo da sua disciplina e o conceito de gene?; e 2) qual a importância do conceito de gene para sua disciplina?

O trabalho foi realizado por pesquisadoras de duas universidades públicas – do Estado de São Paulo e do Estado do Paraná – com o objetivo de buscar dados para discutir questões epistemológicas sobre o termo gene em cursos de licenciatura em Ciências Biológicas. Em uma primeira etapa, cujos dados foram trabalhados para elaboração de um artigo, buscamos investigar quais concepções de gene estavam presentes entre professores de diferentes áreas de ensino dos cursos de Ciências Biológicas de duas universidades distintas – sendo uma da região Sul (neste trabalho, representada pela sigla U1) e uma da região Sudeste (neste trabalho, representada pela sigla U2). No trabalho para este capítulo, buscou-se compreender as relações estabelecidas entre o conceito de gene e os conteúdos abordados nas diferentes disciplinas de cursos de licenciatura em Ciências Biológicas.

As questões foram respondidas por 28 professores universitários que ministram disciplinas em cursos de licenciatura em Ciências Biológicas, sendo 17 da universidade U1 e 11 da universidade U2. A identificação dos professores foi feita utilizando-se a letra “E” seguida de números cardinais em ordem crescente. Assim, apresentaremos neste parágrafo os professores e as disciplinas que ministram no curso. universidade U1, os professores que parti-

participaram da pesquisa são representados por: E1: Biologia Celular; E2: Educação Ambiental; E3: Fisiologia Vegetal; E4: Biologia Molecular; E5: Biologia Vegetal; E6: Biologia Celular e Estrutural; E7: Zoologia; E8: Biologia Celular e Molecular; E9: Bioética; E10: Patologia Experimental; E11: Botânica e Sistemática Vegetal; E12: Biologia Molecular e Genética; E13: Biofísica; E14: Fisiologia; E15: Bioquímica; E16: Embriologia Vegetal; E17: Genética. Na universidade U2, os professores que participaram da pesquisa ministravam aulas nas disciplinas: E1: Biologia Molecular; E2: Imunologia; E3: Sistemática Vegetal; E4: Genética; E5: Genética; E6: Zoologia de Vertebrados; E7: Microbiologia; E8: Ecologia; E9: Fisiologia; E19: Zoologia de Invertebrados e E11: Ecologia.

Para interpretação das respostas, utilizamos a análise categorial proposta por Bardin (1997), através da qual os dados são desmembrados do texto em unidades, em categorias, e organizados por reagrupamento analógico. Os dados serão apresentados em dois eixos de análise: 1) o estabelecimento de relações entre o conteúdo da disciplina e o conceito de gene no contexto da sala de aula; e 2) considerações dos professores sobre a importância do conceito de gene para sua disciplina.

## Resultados e discussão

Os dados serão apresentados em dois eixos: o estabelecimento de relações entre o conteúdo das disciplinas e o conceito de gene (a) e a importância desse conceito para a disciplina (b).

*a) O estabelecimento de relações entre o conteúdo da disciplina e o conceito de gene no contexto da sala de aula*

O primeiro eixo de análise apresenta as respostas dos professores sobre como poderiam estabelecer relações entre o conteúdo de sua disciplina e o conceito de gene no contexto da sala de aula.

As respostas analisadas foram divididas em três categorias (A1, A2 e A3), de acordo com a correspondência evidente entre suas respostas e a respectiva área de atuação.

Na categoria A1 estão as respostas dos professores que, ao considerar as relações entre o conceito de gene e suas disciplinas, apontaram aspectos evolutivos e filogenéticos, como pode ser observado nas falas apresentadas a seguir:

*U2 E11* – Os genes podem expressar formas semelhantes em táxons distintos aproximando tais organismos filogeneticamente.

*U2 E10* – Relações Evolutivas – Hereditariedade + Ambiente = Evolução.

*U2 E2* – A caracterização das plantas, o curso evolutivo que originou as diferentes plantas, o perfil químico do grupo vegetal, tudo está relacionado à determinação genética.

*U2 E9* – Considero o entendimento das possibilidades de surgimento de novidades na estrutura e frequência dos genes entre duas gerações, imprescindíveis para o entendimento da evolução das interações entre os componentes bióticos de uma comunidade.

*U2 E5* – Usando a teoria da evolução. É necessário invocar a seleção natural atuando em toda sorte de características pertencentes ao organismo (ou espécie).

*U1 E5* – Relacionando a disciplina dentro da evolução e filogenia.

*U1 E7* – A transmissão destas características hereditariamente explica as relações não só atuais quanto evolutivas.

*U1 E11* – Quando tratamos da evolução, muitas vezes temos que recorrer aos conteúdos de genética e ao conceito de gene...

Na categoria A2 estão as respostas dos professores que relacionaram o conceito de gene a aspectos estruturais, funcionais e informacionais, remetendo, algumas vezes, ao conceito molecular clássico. As falas a seguir indicam tais concepções:

*U2 E3* – Discuto no curso todo sobre o conceito de gene exemplificando no desenvolvimento embrionário e origem das malformações congênitas aplicando o conceito de mutação.

*U2 E4* – Eu utilizo questões práticas e de fácil localização, por exemplo, o que determina se o lóbulo da orelha é atachado ou livre é um gene, se for recessivo é atachado, se for dominante é livre...

*U2 E6* – Como minha disciplina é Genética, procuro mostrar todas as etapas de descobrimento do gene e todas as suas funções.

*U2 E8* – Micro-organismos são excelentes modelos para contextualizar a hereditariedade, transmissão, mutação, etc.

*U1 E1* – O gene biologicamente é a base da vida.

*U1 E8* – No conteúdo de ácidos nucleicos (RNA/DNA) e síntese de proteínas abordaria o conceito de gene do ponto de vista bioquímico.

*U1 E9* – A relação pode ser estabelecida mostrando, justamente, a ligação que há entre o gene e o seu produto final, que pode ser uma proteína.

Na categoria A3 foram colocadas as respostas dos professores que não estabeleceram relação entre o conteúdo de suas disciplinas e o conceito de gene. Estas respostas foram dadas pelos professores de Imunologia, Morfologia e Anatomia e podem ser identificadas respectivamente nos trechos que seguem:

*U2 E1* – Não sei.

*U1 E4* – Nas condições atuais em que a disciplina é ministrada, isto não se aplicaria, pois ainda não se trabalha de forma interdisciplinar.

*U1 E5* – Nas aulas de Anatomia da graduação não se aborda tal correlação...

Percebe-se que, dentre os professores, parte significativa estabeleceu uma relação entre o conteúdo da disciplina e o conceito de gene, ora enfatizando o caráter evolutivo e filogenético (categoria A1) ora considerando os fatores estruturais e funcionais nos orga-

nismos (categoria A2). No próximo item buscamos reconhecer como os professores compreendem a importância desse conceito para sua disciplina.

*b) Considerações dos professores sobre a importância do conceito de gene para sua disciplina.*

O segundo eixo de análise remete à visão dos professores sobre a importância do conceito de gene em relação às disciplinas por eles ministradas. Nesse eixo não foram consideradas as respostas dos professores das disciplinas de Genética e o mesmo está dividido em três categorias (B1, B2 e B3).

Na categoria B1 estão as respostas dos professores que consideraram o conceito de gene importante para suas disciplinas, porém, sem evidenciar em suas respostas uma justificativa de relação entre o conceito e a disciplina, como demonstram as respostas:

*U2 E1* – Não só para minha disciplina, mas para outras, como evolução e fisiologia, temos que entender a importância do gene. É o começo de tudo, de como as estruturas são formadas, como são herdadas, etc.

*U2 E3* – É importante o aluno ter o conceito adequando na disciplina responsável por esta para acompanhar as discussões relacionadas à evolução das plantas.

*U1 E5* – É a base fundamental para o entendimento ecológico das comunidades.

Na categoria B2 foram agrupadas as respostas de sete professores da universidade U1 e seis da universidade U2. Nessa categoria, foram selecionadas as respostas dos professores que consideraram importante o conceito e justificaram essa importância relacionando o mesmo com o conteúdo da disciplina, como pode ser visto no Quadro 1:

Quadro 1 – Justificativa para a importância do conceito de gene para disciplinas de cursos de Biologia

<b>Herança e características dos organismos</b>	<p><i>U2 E10</i> – Filogenia dos invertebrados e auxiliar no modo de vida destes.</p> <p><i>U2 E11</i> – Embora não seja objeto de estudo na minha disciplina, o conceito faz parte do conhecimento necessário para entender o comportamento animal.</p> <p><i>U1 E13</i> – O conceito, propriamente dito, não; mas suas implicações sobre o desenvolvimento de características...</p> <p><i>U1 E16</i> – Gene transmite as características genéticas para os descendentes.</p>
<b>Herança e/ou interação gênica</b>	<p><i>U2 E2</i> – É importante quando deve transmitir os conceitos de aloantígenos. Tratar de sistemas sanguíneos, por exemplo...</p> <p><i>U1 E1</i> – Não trabalho com conceito, conceituação, significado, mas sim com a função – regulação da expressão gênica.</p>
<b>Herança e/ou diversidade</b>	<p><i>U2 E8</i> – Toda discussão que envolva evolução das interações entre organismos, depende do entendimento do conceito de gene.</p>
<b>Herança e/ou evolução</b>	<p><i>U1 E11</i> – Fundamental, uma vez que tento relacionar os caracteres morfológicos das angiospermas com a evolução.</p>
<b>Gene molecular clássico</b>	<p><i>U1 E9</i> – O conceito de gene é importantíssimo para Biologia geral, pois com ele o aluno pode aprender melhor de onde vêm as características que ele vê no mundo e à sua volta e, assim, compreender melhor esse mundo.</p>
<b>Diversidade biológica</b>	<p><i>U2 E6</i> – Fundamentalmente intrínseca à evolução dos organismos através do tempo.</p>
<b>Complexidade</b>	<p><i>U1 E15</i> – É fundamental, sem o conhecimento da estrutura e função do gene, não é possível abordar a complexidade do metabolismo do DNA em procariotos e eucariotos.</p>
<b>Caráter sistêmico</b>	<p><i>U2 E9</i> – A compreensão dos processos biológicos como um todo.</p> <p><i>U1 E2</i> – Como trabalho com disciplinas pedagógicas para o ensino e aprendizagem de Ciências e Biologia acredito que tal conceito contribui no sentido de suscitar reflexões críticas sobre a complexidade do fenômeno vida e suas reações com o ambiente. Tal consideração exige uma formação séria dos futuros professores.</p>

Na categoria B3, estão as respostas de dois professores da universidade U1 que consideraram que o conceito de gene não é importante para as suas disciplinas, como apresentado a seguir:

*U1 E4* – Não apresenta grande relevância.

*U1 E6* – Não é essencial para abordar estruturas estudadas em Anatomia Humana, nos cursos de graduação, na forma adotada para desenvolvimento da disciplina atualmente.

De acordo com a análise dos dados apresentados, pode-se constatar que os professores reconhecem a importância do conceito de gene para as suas disciplinas. Entretanto, consideramos significativa a categoria B2, pois, a partir das justificativas apresentadas pelos professores, pudemos reconhecer a diversidade conceitual que abarca o conhecimento sobre genes e sua importância para o conhecimento científico. Pode-se inferir que esse conceito tem potencial para emergir em distintas disciplinas da Biologia através de diferentes temáticas, por exemplo, discussões sobre a natureza do próprio conceito, como o caráter de desenvolvimento de organismos e os temas relacionados com a herança e a evolução.

Ao serem questionados sobre a relação entre o conceito de gene e a disciplina ministrada, os professores remeteram suas respostas ao papel que o gene representa em diversos processos biológicos, como a hereditariedade, complexidade, diversidade biológica. Dessa forma, as concepções dos professores, em grande parte, indicaram o caráter evolutivo do gene, sendo que o papel no desenvolvimento dos organismos foi menos citado pelos professores.

## **Considerações finais**

As discussões epistemológicas sobre o conhecimento de fatores moleculares apontam que o ensino de Genética deve ressaltar o caráter dinâmico da ciência, que possibilita que conceitos sejam modificados de acordo com a conjuntura intrínseca ao processo de

construção de conhecimento. Esse exemplo se evidencia através do conceito de gene, o qual tem sofrido modificações desde a criação desse termo, clarificando que um conceito não corresponde a uma “verdade”, mas a uma definição que se ajusta a determinados contextos e períodos históricos.

Neste trabalho buscamos analisar como esse conceito pode ser compreendido no ensino de diferentes conteúdos do conhecimento biológico na visão de professores universitários que lecionam em cursos de licenciatura em Ciências Biológicas. Consideramos que, além do caráter sistêmico, o conceito de gene pode e deve emergir em uma ampla gama de significados do conhecimento da Biologia Molecular e também nos aspectos evolutivos e do desenvolvimento de populações. Entretanto, os apontamentos dos professores não mostraram uma relação explícita entre o conhecimento sobre o gene e as diferentes disciplinas, e podem estar refletindo a própria estrutura dos cursos de graduação, que não prioriza a integração conceitual do conhecimento biológico. Portanto, os dados apresentados indicam a necessidade de discussões que permitam a integração dos conceitos básicos do conhecimento biológico auxiliando tanto a construção e consolidação da Biologia enquanto ciência como no estabelecimento de relações conceituais no ensino de Biologia.

## Referências bibliográficas

- AMORIM, A. C. R., CURADO, M. C. C. A produção do conhecimento em aulas de Biologia: processos ou produtos? *Ciência & Ensino*, p.3-6, 1997.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Trad. L. A. Reto e A. Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BOGDAN, R. C., BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Trad. M. J. Alvarez, S. B. Santos e T. M. Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- DAWKINS, R. *O gene egoísta*. Trad. Geraldo H. M. Florsheim. Belo Horizonte: Itatiaia, 2001. 230p. (O Homem e a Ciência, v.7)

- EL-HANI, C. N. Controvérsias sobre o conceito de gene e suas implicações para o ensino de Genética. In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec). Bauru-SP, 2005. *Anais...* v.1. Bauru-SP: Abrapec, 2005. p.178-90.
- GERICKE, N. M., HAGBERG, E. M. Definition of historical models of gene function and their relation to students understanding of genetics. *Science and Education*, v.16, p.849-81, 2007.
- GIL-PEREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.7, n.2, p.125-53, 2001.
- GOLDBACH, T., EL-HANI, C. N. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e ideias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia (Florianópolis)*, v.1, n.1, p.153-89, mar. 2008.
- GRENE, M., DEPEW, D. *The Philosophy of Biology: an episodic history*. Cambridge: University Press, 2004.
- GRIFFITHS, P., NEUMANN-HELD, E. The many faces of the gene. *Bioscience*, v.49, p.656-62, 1999.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências (Porto Alegre)*, v.4, n.3, 1999.
- JOAQUIM, L. M., SANTOS, V. C., ALMEIDA, A. M. R., MAGALHÃES, J. C., EL HANI, C. N. Concepções de estudantes de graduação de Biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de Genética. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6. Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis: Abrapec, 2007.
- LEWIS, J., WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, v.22, p.177-95, 2000.
- MAYR, E. *Biologia, ciência única*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MEGLHIORATTI, F. A., BRANDO, F. R., ANDRADE, M. A. B. S., CALDEIRA, A. M. A. A integração conceitual no ensino de Biologia: uma proposta hierárquica de organização do conhecimento biológico. In: CALDEIRA, A. M. A., ARAUJO, E. S. N.

- N. (Org.). *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras Editora, 2009. p.187-205.
- MOSS, L. The question of question: what is a gene? Comments on Rolston and Griffiths & Stotz. *Theoretical Medicine and Bioethics*. 2006. Disponível em <<http://www.springerlink.com/content/11880602346x23n3/fulltext.pdf>>. Acesso em 14/6/2010.
- PARDINI, M. I. M. C., GUIMARÃES, R. C. A systemic concept of the gene. *Brazilian Journal of Genetics*, v.15, n.3, p.713-21, 1992.
- RODRÍGUEZ, B. A. La didáctica de la Genética: revision bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, v.13, p.385-97, 1995.
- SANTOS, V. C., EL-HANI, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de Biologia do ensino médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v.9 n.1, 2009.
- SCHEID, N. M. J., FERRARI, N., DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da ciências num curso de Ciências Biológicas: imagens que dificultam a educação científica. *Investigações em Ensino de Ciência (Porto Alegre)*, v.12, n.2, p.157-81, 2007.
- SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. 23.ed. Rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.
- SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.
- STERELNY, K., GRIFFITHS, P. E. *Sex and death: an introduction to Philosophy of Biology*. Chicago: University of Chicago Press, 1999.
- WAIZBORT, R., SOLHA, G. C. Os genes interrompidos: o impacto dos íntrons sobre a definição de gene molecular clássico. *Revista da SBHC*, v.5, n.1, p.63-84, jan.-jul. 2007.

# 5

## TEORIA GENOTÍPICA À LUZ DA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD: ALGUMAS REFLEXÕES ACERCA DOS CONCEITOS DE GENE, GENÓTIPO E FENÓTIPO<sup>1</sup>

*Lourdes Aparecida Della Justina<sup>2</sup>*

*Ana Maria de Andrade Caldeira<sup>3</sup>*

### Introdução

As investigações acerca do ensino de Biologia têm apontado a relevância da inclusão de aspectos epistemológicos e históricos na construção de conceitos biológicos em diferentes níveis de ensino (Brando, 2010; Meglhioratti, 2009; Scheid, Ferrari & Delizoicov, 2007; Bellini, 2007; El-Hani, Tavares & Rocha, 2004; entre outros). No entanto, ainda poucos trabalhos de pesquisa contemplam concomitantemente aspectos relacionados à epistemologia, à his-

- 
1. Pesquisa desenvolvida com o apoio da Fundação Araucária: Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná/Brasil.
  2. Doutoranda de Educação para a Ciência – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”/UNESP. Docente da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. *e-mail*: lourdesjustina@gmail.com.
  3. Docente do Departamento de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista/UNESP. Campus de Bauru. *e-mail*: anacaldeira@fc.unesp.br.

tória e ao ensino de Biologia (por exemplo, Justina & Ferrari, 2000; Scheid, 2006). Portanto, justifica-se a realização de pesquisas que investiguem as contribuições das discussões epistemológicas e históricas da Biologia no ensino de conceitos biológicos.

Estudos com episódios históricos de Biologia e o seu desenvolvimento para o ensino são defendidos como forma de contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem (por exemplo, Martins, 1998; Martins & Brito, 2006; Prestes & Caldeira, 2009). Assim, uma perspectiva histórica e epistemológica no ensino da Biologia tem sido apontada como uma forma de tornar o ensino mais crítico, a partir da compreensão da ciência e da tecnologia como construções humanas e, portanto, passíveis de erros, concepções inadequadas e diferentes visões de mundo, conforme o momento histórico em que foram (re)criadas.

Neste capítulo é apresentada uma análise do episódio histórico da proposição da teoria genotípica por Wilhelm Ludwig Johannsen, na primeira década do século XX, à luz da epistemologia bachelardiana, com enfoque nos conceitos de genótipo e fenótipo no contexto da construção da ciência e do ensino. Para tanto, inicialmente apresenta-se uma breve contextualização histórica da teoria genotípica. Em seguida, explicitam-se algumas ideias presentes na obra de Gaston Bachelard. Por fim, são elencadas e discutidas articulações entre conceitos bachelardianos e o episódio histórico da teoria genotípica e possíveis contribuições na (re)construção dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo no contexto do ensino de Biologia.

## A teoria genotípica de Johannsen<sup>4</sup>

Com o intuito de identificar a proposição de conceitos da área de Genética e seu contexto de inserção, buscamos apontar o desenvolvi-

---

4. Uma contextualização mais ampla acerca do episódio histórico da teoria genotípica é apresentado em Justina et al. (2010).

mento de aspectos do pensamento de Wilhelm Ludwig Johannsen (1857-1927) que o levaram a propor os termos e desenvolver os conceitos de gene, genótipo e fenótipo, desenvolvendo uma teoria genotípica da herança. Para tanto, analisamos o artigo: “The genotype conception of heredity” [Concepção genotípica da hereditariedade], publicado em 1911.

No percurso das investigações realizadas por Johannsen, destaca-se o seu trabalho experimental relacionado à genética de plantas. Em seus experimentos de seleção em linhagens puras de feijão, ele compreendeu que a medida da aparência de qualquer indivíduo encontrava-se em duas causas: hereditariedade e ambiente (Wanschler, 1975). Com os resultados dos experimentos e de seus estudos, Johannsen propôs novos termos e conceitos relacionados aos fatores que promovem a variação biológica. Ele propôs originalmente a teoria da herança genotípica em seu livro *Elemente der exakten Erblichkeitslehre* [Elementos exatos da hereditariedade genética], publicado em 1909.

Conforme indica Mayr (1998), antes de 1909 não havia um termo aceito de modo geral para designar o fator genético que subsistia num determinado caráter visível. Os pesquisadores especulavam sobre a existência de certos corpúsculos com qualidades variáveis, mas os nomes que lhes deram não tinham grande aceitação. Dessa forma, Johannsen (1911), no início de seu artigo “The genotype conception of heredity”, afirma que os termos “herança” e “hereditariedade” são muito gerais, estando vinculados tanto na linguagem cotidiana como no conhecimento biológico à ideia de transmissão. Para o autor, a visão da herança biológica como um ato de transmissão de qualidades individuais dos pais ou ancestrais mais remotos à prole é uma das ideias mais antigas e simples sobre hereditariedade, sendo encontrada desde Hipócrates até as gêmulas de Darwin (teoria da pangênese), incluindo Lamarck (herança dos caracteres adquiridos) e as definições biométricas de hereditariedade. No entanto, Johannsen ressalta que essa visão não aprofundava a questão da hereditariedade, afirmando:

As qualidades pessoais de qualquer organismo individual não comportam toda a causa das qualidades de sua descendência; mas as qualidades de ancestrais e descendentes são de certa maneira bastante determinadas pela natureza das “substâncias sexuais” – isto é, os gametas – das quais elas têm se desenvolvido. Qualidades pessoais são então as reações dos gametas unidos para formar um zigoto; mas a natureza dos gametas não é determinada pelas qualidades pessoais dos pais e ancestrais em questão. Esta é uma moderna visão de hereditariedade. (Johannsen, 1911, p.130)

Essa visão moderna de hereditariedade não correspondia, portanto, nem às ideias antigas, nem às visões de alguns pesquisadores da época, tais como Francis Galton (1822-1911), o qual sugeria a existência de elementos que corresponderiam a diferentes órgãos ou grupos de tecidos do desenvolvimento do embrião, e August Friedrich Leopold Weismann (1834-1914), quando indicava a existência de partículas discretas dos cromossomos como portadoras de funções organizativas no mecanismo ontogenético. Dessa forma, Johannsen, procurando evitar termos que poderiam confundir o sentido de suas discussões com ideias antigas ou que não apoiava, propõe uma nova terminologia que fosse adequada aos conceitos por ele desenvolvidos sobre a hereditariedade.

Quanto à natureza dos “genes” não é de valor propor alguma hipótese, mas a noção de “gene” abrange uma realidade que é evidente a partir do mendelismo. Os mendelianos têm o grande mérito de serem prudentes em suas especulações. Em completo acordo com essa limitação – uma reação natural contra a especulação morfológica fantástica da escola de Weismann – poderia ser enfaticamente recomendado o uso do termo adjetivo genotípico em vez do nome genótipo. Nós não conhecemos um “genótipo”, mas somos capazes de demonstrar diferenças ou semelhanças genotípicas. Utilizados dessa maneira, os termos “gene” e “genótipo” não seriam prejudiciais. (Johannsen, 1911, p.133)

Johannsen (1911) não explicita uma definição estrutural de gene, ele apenas recomenda que o termo “gene” deva ser usado como uma espécie de unidade de cálculo, de forma alguma como uma estrutura morfológica, como o cromossomo. Assim, uma das dificuldades na utilização da palavra “genótipo” seria o entendimento da existência de estruturas morfológicas relacionada a este, como a estrutura cromossômica. Entende-se, portanto, a recomendação da utilização de expressões como “semelhança ou diferenças genotípicas”, que não individualizam o genótipo ou genes como estruturas morfológicas, não recorrendo no erro de criar uma teoria especulativa.

[...] vou propor os termos “gene” e “genótipo” e mais alguns termos, como “fenótipo” e “biótipo”, a serem utilizados na ciência da Genética. O “gene” é uma palavra muito pouco aplicável, facilmente combinada com outras, e, portanto, pode ser útil como uma expressão para a “unidade de fatores”, “elementos” ou “alelomorfos” nos gametas, utilizadas por modernos pesquisadores mendelianos. O “genótipo” é a soma de todos os “genes”, em um gameta ou em um zigoto [...]. Todas as características de organismos, distinguíveis por inspeção direta da aparência ou por descrição dos métodos de medição, poderão ser caracterizadas como “fenótipo”. (Johannsen, 1911, p.132-3)

A palavra “fenótipo” está relacionada às características aparentes de um organismo. Johannsen (1911) ilustra essa ideia ao observar organismos com suposta constituição genotípica idêntica, desenvolvidos sob condições ambientais distintas. Com esse exemplo, ele indica que não seria possível pela simples observação decidir se os organismos observados, apesar das semelhanças que tivessem entre si, possuem ou não a mesma constituição genotípica. Desse exemplo se destaca o sentido do termo “fenótipo” indicado pelo autor: que todo tipo de organismos distinguíveis pela inspeção direta ou por métodos finos de medida e descrição pode ser caracterizado como fenótipo. “Certamente fenótipos são coisas reais” (Johannsen, 1911, p.134).

O termo “gene” foi proposto por Johannsen relacionado ao conceito de elemento de Gregor Mendel (1822-1884), como um derivativo de pangene, que era usado por Hugo de Vries (1848-1935). Quanto ao termo “fenótipo”, publicado em 1909 pela primeira vez, é derivado da palavra grega *phain-omai*, aparecer, e *typos*, tipo (Wanscher, 1975). De acordo com Wanscher (1975, p.126), “o fenótipo não pode ser compreendido como o próprio organismo, mas como sua aparência abstrata ou descrição de como se pode vê-lo, medi-lo ou lembrá-lo”. Assim, o fenótipo se reporta à aparência do organismo em todas as fases de seu desenvolvimento sob a influência do ambiente. Embora o fenótipo possa ser medido e descrito, é uma realidade abstrata, pois não se refere ao próprio organismo, mas a sua descrição. O mais complicado dos termos criados por Johannsen foi o “genótipo”, cunhado em 1909, como contrapartida para a palavra “fenótipo” – mas não definido ainda nesse ano.

Conforme Wanscher (1975), entre 1909 e 1926, Johannsen mudou seu pensamento, provavelmente influenciado pelos muitos resultados do mendelismo. No entanto, durante esse período, o conceito de gene permaneceu como unidade de cálculo, sem ligação aos cromossomos, e o fenótipo continuou a ser entendido como a aparência do indivíduo nas várias etapas do desenvolvimento. O conceito no qual ocorreram alterações foi o de genótipo.

Em 1909, Johannsen não explicita uma definição consistente para genótipo. Ele parece hesitar, declarando que a nova palavra apenas raramente poderia ser usada como um substantivo, porque o “genótipo não tinha uma pura aparência”. Dessas palavras, entende-se que, para Johannsen, o genótipo aparecia, mas não de forma pura e distinguível. De acordo com Wanscher (1975), pode-se inferir que ele considerava o genótipo como parte do fenótipo. Johannsen, por outro lado, declarou que a forma adjetiva do termo poderia ser útil, por exemplo, diferenças genotípicas. Essa expressão poderia ser pensada como fazendo referência às diferenças fenotípicas de origem genética como opostas às diferenças induzidas ambientalmente. Mas as palavras poderiam aludir à base hereditária diretamente, colocando como definição: “a parte here-

ditária do fenótipo” correspondendo melhor à experiência de seu trabalho com linhagens puras.

Em 1911 e 1913, o genótipo é exposto como a soma total de todos os genes, portanto, referindo-se à causa (enquanto o genótipo de 1909 referia-se ao efeito). Em 1911, a definição era concreta, mas, em 1913, ela toma um caminho parcialmente abstrato: “soma total de todos os genes como constituição fundamental do organismo”. Aqui, a “soma de genes” é um conceito concreto, mas “constituição” é abstrato e um tanto vago. No entanto, o genótipo continua a expressar a causa e enfatiza o nível dos genes.

Em 1917, Johannsen expressa sua visão de genótipo como princípio de direção ou “norma de reação”, sendo esta uma definição abstrata, ressaltando o papel causal do genótipo. Em 1926, Johannsen expressa o conceito de genótipo de maneira completamente abstrata, deixando de lado o conceito de “soma dos genes” e mantendo a ideia de genótipo como “constituição fundamental do organismo” (Wanscher, 1975).

O conceito de genótipo foi compreendido de diversas formas por Johannsen; no entanto, a definição de “soma de todos os genes” é a mais frequentemente encontrada em dicionários e livros didáticos, sendo que o conceito de genótipo é ainda atualmente entendido por outros geneticistas dessa forma, embora em outro enquadramento conceitual.

A visão clássica do gene prevalecente durante as décadas de 1910 a 1930 apresentava o gene como a unidade indivisível de transmissão genética, recombinação genética, mutação genética e função genética. Somente na década de 1940, com a descoberta da recombinação intragênica no início dos anos 1940, chegou-se ao neoclássico conceito do gene, que prevaleceu até a década de 1970. As descobertas da tecnologia do ácido desoxirribonucleico (DNA), no início dos anos 1970, levaram à segunda revolução no conceito do gene. Assim, apesar do fato de a compreensão da estrutura e organização do material genético ter crescido muito, ainda na atualidade, conforme Portin (2002), o conceito geral do gene e conseqüentemente de genótipo permanece em aberto,

sendo adotado de formas diversas pelas diferentes áreas das Ciências Biológicas.

Diante da importância da compreensão de definições básicas do conhecimento biológico, tais como gene, genótipo e fenótipo, por alunos e professores de diferentes níveis de ensino, e ao considerar o estudo de episódios históricos da Biologia sob o olhar de referenciais epistemológicos da ciência uma ferramenta para tal compreensão, na sequência são apresentados alguns conceitos bachelardianos.

## A epistemologia bachelardiana

Gaston Bachelard (1884-1962) tem uma vasta produção literária impregnada de intenção pedagógica e demonstrou não apenas um olhar voltado para as condições de produção do conhecimento científico, mas também com os problemas de ensino e aprendizagem desse conhecimento (Justina & Ferrari, 2000). Bachelard (1996) afirmou que a crítica dos conceitos só é possível quando relacionada com o contexto de sua construção histórica. Para Bachelard (2004), os conceitos devem ser vistos sempre como parte de um conhecimento aproximado, como algo transitório, em constante (re)criação. Assim, em uma perspectiva histórica, o conceito é integrador de outros conceitos, e o conhecimento científico passa a ter um enfoque problematizador e, conseqüentemente, uma abordagem interdisciplinar.

O estabelecimento de relação entre a epistemologia e a História da Ciência, para Bachelard (2006, p.125), possibilita compreender que:

O espírito tem uma estrutura variável, a partir do momento em que o conhecimento tem uma história. Com efeito, a história humana, nas suas paixões, nos seus preconceitos, [...] pode bem ser um eterno recomeço; mas há pensamentos que não recomeçam: são os pensamentos que foram retificados, alargados, completados. [...] O espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. [...] A sua estrutura é a

consciência dos seus erros históricos. Cientificamente, considera-se o verdadeiro como retificação histórica de um longo erro, considera-se a experiência como retificação de uma ilusão comum e inicial. Toda a vida intelectual da ciência se joga dialeticamente neste diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. A própria essência da reflexão é compreender que não se tinha compreendido.

Entre as contribuições da epistemologia de Bachelard (1996) para a educação em ciências estão a noção de descontinuidade conceitual no pensamento científico e a existência de obstáculos epistemológicos. Os obstáculos epistemológicos são inerentes ao processo de conhecimento, e se constituem em acomodações ao que já se conhece, podendo ser entendidos como antirrupturas. Os obstáculos podem aparecer na forma de um contrapensamento ou como limitação do pensamento. São encarados como resistências do pensamento ao pensamento. Não são obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem relativos à fragilidade dos sentidos e do espírito humano. Enfim, é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos.

Dentre os obstáculos referidos por Bachelard (1996) em sua obra *A formação do espírito científico*, está o obstáculo do conhecimento unitário e pragmático, que se refere não ao pensamento empírico, mas ao pensamento filosófico. Todas as dificuldades se resolvem diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da natureza. Com a ideia de substância e com a ideia de vida, ambas entendidas de modo ingênuo, introduzem-se inúmeras valorizações que prejudicam os verdadeiros valores do pensamento científico. Bachelard (1996, p.102) também salientou que o uso de analogias e metáforas pode se tornar um obstáculo à construção do conhecimento científico. “O perigo das imagens imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem”.

Além do conceito de obstáculo epistemológico, Bachelard (1996) explicita o conceito de ruptura como uma descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Para Santos (1989), embora a ruptura bachelardiana interprete com fidelidade o modelo de racionalidade da ciência moderna, pesquisadores pós-modernos apontam que o senso comum apresenta positivities não opostas à ciência, surgindo assim o termo dupla ruptura. A primeira ruptura refere-se ao distanciamento da ciência e do senso comum, não há diálogo entre os dois conhecimentos. Já a segunda ruptura implica uma transformação de ambos, não há um retorno, mas um estabelecimento de relação entre o conhecimento científico e a cultura particular de cada indivíduo. Andrade & Smolka (2009) afirmam que, na definição de ruptura bachelardiana, está inerente a possibilidade de corte/parada/quebra de algo que está acontecendo. Também se pressupõe que exista uma certa continuidade para a qual um momento de ruptura se impõe como forma de modificação e de reorganização/direcionamento do processo de (re)construção da ciência.

No livro *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*, Bachelard (2004) aponta que a origem dos conceitos ocorre por meio de excitação nervosa, pela assimilação funcional e intencional e pela organização reflexa. Mas é pela vontade e pela escolha ativa do indivíduo que os conceitos são organizados e (re)criados, passando de traços múltiplos e mal associados em conceitos sólidos e duráveis. Bachelard (2004, p.30), ao explicitar a noção de descontinuidade entre os conceitos, afirma que “os conceitos formam um sistema. Isto basta para conferir-lhes uma solidariedade, que é uma forma de continuidade. Além disso, convém lembrar que os pontos que servem como centros para a cristalização conceptual não são fixos”. Nessa perspectiva, para Andrade & Smolka (2009), Bachelard aponta a presença tanto de espaços de continuidades como de rupturas entre os conceitos.

Para Bachelard (2006, p.200), a ciência “é constantemente retificada, completada, diversificada. A linguagem da ciência está em estado de revolução semântica permanente”. Assim, para Bachelard

(1996), a fecundidade de um conceito científico é proporcional à sua capacidade de deformação, no sentido de incorporar novas informações. A definição científica correspondente a um fenômeno particular é um agrupamento de aproximações sucessivas. A conceituação científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que se pretende, para formar um eixo de pensamentos inventivos. Uma ideia científica que não esbarra em nenhuma contradição tem tudo para ser uma ideia inútil.

No tratamento da História da Ciência, “a partir do momento em que se aborda a região dos problemas, vive-se realmente numa época marcada por instantes privilegiados, por descontinuidades manifestas” (Bachelard, 2006, p.196). O ser humano aperfeiçoa-se à medida que pode ligar o seu ponto de vista a concepções anteriores. O “novo” conhecimento pode ser acomodado em redes conceituais mediante a sua ressignificação e relação com as construções anteriores.

Outro conceito explicitado por Bachelard (1978, p.25) é o de perfil epistemológico em sua obra *A filosofia do não*. A compreensão de um dado conceito científico passa por cinco fases distintas: animismo, realismo, positivismo, racionalismo, racionalismo complexo e racionalismo dialético. Para Lôbo (2008), mediante a utilização da noção de perfil epistemológico, é possível mostrar que as diversas filosofias podem estar presentes num mesmo conceito, mesmo quando algumas delas são conscientemente consideradas inadequadas para caracterizar determinada noção científica.

O pensamento de Bachelard incentiva a inventividade no ato de ensinar, valorizando, nesse processo, a análise histórica do conhecimento científico. Por um processo por ele chamado de recorrência histórica, o conhecimento do passado é relacionado ao conhecimento do presente. Segundo Lôbo (2008), ao propor essa noção, Bachelard não pretende fazer um julgamento de valor. Ao julgar o antigo em função do novo, ele reconhece uma ciência contemporânea pautada em recursos teóricos e técnicos não disponíveis no passado. Assim, trata-se de uma racionalidade mais complexa, portanto, mais próxima do pensamento científico atual.

Promover aproximações dos conceitos bachelardianos expostos anteriormente com a pesquisa em e no ensino de Biologia pode ajudar em ações e postura crítica de pesquisadores, professores e alunos em relação ao enfoque e compreensão da natureza dinâmica do conhecimento biológico. Isto implica uma releitura mediante um olhar epistemológico da história da Biologia. Nessa perspectiva, na sequência apresenta-se uma análise de algumas ideias explicitadas no debate sobre a herança biológica com base na epistemologia bachelardiana.

## **A teoria genotípica à luz da epistemologia bachelardiana: contribuições para o estudo dos conceitos de gene, genótipo e fenótipo**

Embora Bachelard não trate diretamente da Biologia em sua obra, uma releitura da teoria genotípica à luz de conceitos bachelardianos possibilita tecer algumas articulações, conforme exposto no Quadro 1.

Quadro 1 – Possíveis articulações entre conceitos bachelardianos e a dimensão histórica da teoria genotípica

Articulação	Conceitos bachelardianos	Ideias presentes na teoria genotípica
1	Rupturas e descontinuidade	– Separação e definição de genótipo e fenótipo.
2	Recorrência histórica	– Reconhecimento e postura crítica à história do conhecimento acerca da herança até então e de possíveis limitações das ideias que embasam a teoria genotípica proposta.
3	Obstáculo epistemológico	– Interpretação da herança biológica com base na Física.
4	Perfil epistemológico	– Diferentes definições de genótipo por Johanssen.

Na primeira articulação, o fato de os termos/conceitos de gene, genótipo e fenótipo de Johannsen (1911) serem amplamente aceitos pelos pesquisadores da herança biológica, significou uma descontinuidade na Genética. Não houve ruptura apenas com os outros termos, mas também com as teorias que eles representavam, por exemplo, levou ao abandono do termo “gêmulas” e a uma descontinuidade da teoria que o subsidiava, no caso a pângenese.

Em relação à segunda articulação – a recorrência histórica, na perspectiva do conhecimento atual sobre herança biológica, apresentam-se possíveis respostas ao problema apontado por Johannsen, no início do século XX, em sua teoria genotípica, no qual o gene, e consequentemente o genótipo, não poderia estar associado unicamente a uma unidade corpuscular. Nessa perspectiva, com o olhar atual, rompe-se com a ideia do dogma central da Biologia, em que gene e genótipo são associados estritamente ao DNA e passa-se a concebê-los como indicativos que são herdados, compreendendo as “reações e processos físico-químicos” referidos por Johannsen em sua teoria. Assim, é possível demonstrar no contexto do ensino que gene e genótipo continuam como conceitos em constante (re) criação desde a sua proposição.

Na terceira articulação, dentre os obstáculos epistemológicos presentes na obra de Johannsen (1911) encontra-se a interpretação fisicalista da Biologia. Johannsen, devido a sua formação, desejava interpretar tudo em termos de força (Mayr, 1998). Ele afirma: “A ciência da genética está em um período de transição, tornando-se uma ciência exata, tal como a Química nos tempos de Lavoisier, que fez o equilíbrio indispensável implementar uma investigação em Química” (Johannsen, 1911, p.131). A crença de reduzir a Biologia a explicações da Física trata-se, em termos bachelardianos, do conhecimento unitário e pragmático como obstáculo ao conhecimento científico. Entretanto, conforme Mayr (2005), alguns princípios básicos da Física não podem ser aplicados à Biologia. No caso da Física, ela inclui o papel especial da Matemática, a fundamentação de suas teorias em leis naturais e está muito mais sujeita ao determinismo, ao pensamento tipológico e ao reducionismo do

que se verifica na Biologia. Nesse sentido, para uma compreensão atual da herança biológica, há a necessidade de uma ruptura com a explicação physicalista da Biologia.

A quarta articulação está relacionada à noção de perfil epistemológico. Nesta aponta-se o fato de Johanssen explicitar em suas obras diferentes conceitos de genótipo. Esse é um exemplo de que uma pessoa, incluindo cientistas, pode ter distintas definições para um mesmo fenômeno biológico. Ao tecer uma relação com o ensino de Biologia, também nossos alunos apresentam diferentes ideias, de forma tácita ou explícita, sobre a herança biológica. Nessa direção, com base no perfil epistemológico bachelardiano, Mortimer (2000) propõe o conceito de perfil conceitual no ensino de Ciências. Para Carvalho Filho (2006), no âmbito do ensino, o reconhecimento pelos professores da existência de um perfil epistemológico se faz necessário para se determinar o nível de construção do aluno a partir de um dado conceito científico, permitindo ao professor precisar os meios metodológicos necessários para promover um eficiente processo de ensino, a partir do nível do estudante.

Nossa pretensão não é de esgotar todas as articulações possíveis entre os conceitos apresentadas por Bachelard, a teoria genotípica e o ensino de Biologia, mas de demonstrar possíveis caminhos a serem trilhados. Assim, ao recorrer à epistemologia da ciência, tem-se a intenção de buscar estratégias para desmistificar, retificar ou possibilitar o entendimento dos alunos, não só da educação básica e do ensino médio como também dos cursos de graduação, acerca do processo de construção do conhecimento científico.

O episódio da teoria genotípica é um exemplo de ruptura e descontinuidade na história da Biologia, conforme a epistemologia bachelardiana. Constitui-se em fato histórico, com problemas científicos explícitos, como é o caso deste: “O genótipo tem sido considerado pelos cientistas como uma localização física específica e/ou em termos de reações e processos físico-químicos?”. Esse problema tem potencial de ser incluído em estratégias de ensino que objetivem a compreensão da natureza da ciência e também de conceitos básicos da área da Genética, tais como: gene, genótipo e fenótipo.

Para Carvalho Filho (2006), a problemática do ensino e aprendizagem aparece na epistemologia bachelardiana com um enfoque próprio, ao defender que aprender é uma mudança na constituição psíquica do sujeito. Isto é, aprender é superar os obstáculos que se interpõem no processo de aquisição do conhecimento. Recorrendo à afirmação de Bachelard (1996, p.309) de que “uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica”, podemos dizer que a articulação da abordagem epistemológica e histórica no ensino pode promover o desenvolvimento do pensamento crítico e dinâmico ao constituir-se em espaço de (re)construção de visões acerca de diferentes faces da Biologia, ressignificando-a, resultando em ações em outros contextos.

## Considerações finais

Ao articular elementos da história da teoria genotípica e conceitos bachelardianos, percebe-se a relevância da análise epistemológica tanto para o estudo da história da Biologia como para a (re)construção de conceitos biológicos em diferentes contextos do ensino. Entretanto, considera-se que os conceitos não podem ficar presos a um determinado contexto do episódio histórico em estudo, mas, como Bachelard (1996, p.308) afirma, “o antigo deve ser pensado em função do novo”.

Nesse sentido, há o desafio aos pesquisadores em história da Biologia e/ou ensino de Ciências de realizar pesquisas com o objetivo de contribuir para a promoção de um conhecimento biológico atualizado, e que ofereça possibilidades de inclusão de episódios históricos, tanto no âmbito da educação básica como na formação de professores. Tanto as discussões históricas quanto as epistemológicas deveriam ser contempladas na formação de professores da educação básica, para uma melhor compreensão do “fazer ciência” pelos licenciandos em Biologia, pois somente assim esses futuros profissionais terão os subsídios para atender aos desafios contemporâneos, dentre eles, de formar cidadãos que pensam, sentem e

agem com base em um conhecimento biológico condizente com a ciência atual.

Acredita-se que o episódio histórico da teoria genotípica com a abordagem epistemológica bachelardiana possa contribuir para uma percepção mais coerente dos conceitos atuais de genótipo e fenótipo no âmbito do ensino. Nessa perspectiva, é possível contemplar diversos níveis de entendimento da relação entre genótipo e fenótipo concebidos ao longo do tempo, procurando dar ênfase aos problemas que permearam a construção dos modelos explicativos apresentados, com o intuito de que essas questões possam constituir-se em desafios ao pensamento biológico, levando a um melhor entendimento da produção do conhecimento científico como coletivo e interdisciplinar, e, assim, possibilitando a ruptura com visões mitificadas da herança biológica e da expressão gênica. Entretanto, aponta-se que pesquisas com o desenvolvimento em contextos de sala de aula sejam necessárias para evidenciar contribuições e limites de tal abordagem metodológica.

## Referências bibliográficas

- ANDRADE, J. J., SMOLKA, A. L. B. A construção do conhecimento em diferentes perspectivas: contribuições de um diálogo entre Bachelard e Vigotski. *Ciência & Educação*, v.15, n.2, p.245-68, 2009.
- BACHELARD, G. *A epistemologia*. Lisboa: Edições 70, 2006.
- \_\_\_\_\_. *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- \_\_\_\_\_. *A formação do espírito científico*. São Paulo: Contraponto, 1996.
- \_\_\_\_\_. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. São Paulo: Contraponto, 2004.
- BELLINI, M. Epistemologia da Biologia: para se pensar a iniciação ao ensino das Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos (Brasília)*, v.88, n.218, p.5-6, 2007.
- BRANDO, F. R. *Proposta didática para o ensino médio de Biologia: as relações ecológicas no cerrado*. Bauru, 2010. 217f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências/UNESP.

- CANGUILHEM, G. *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: Vrin, 2002.
- CARVALHO FILHO, J. E. C. Educação científica na perspectiva bachelardiana: ensino enquanto formação. *Ensaio*, v.8, n.1, 2006.
- EL-HANI, C. N., TAVARES, E. J. M., ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.9, n.3, p.265-313, 2004.
- JOHANNSEN, W. L. The genotype conception of heredity. *The American Naturalist*, v.45, n.531, p.129-59, 1911.
- JUSTINA, L. A. D., CALLUZZI, J. J., MEGLHIORATTI, F. A., CALDEIRA, A. M. A. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. *Filosofia e História da Biologia*, v.5, n.1, p.55-77, 2010.
- JUSTINA, L. A. D., FERRARI, N. Bachelard: a teoria mendeliana como exemplo de ruptura – a construção do conhecimento científico na escola. *Biotemas*, v.13, n.2, p.119-35, 2000.
- LÔBO, S. F. O ensino de Química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. *Ciência & Educação*, n.14, n.1, p.89-100, 2008.
- MARTINS, L. A.-C. P. A História da Ciência e o ensino de Biologia. *Ciência & Ensino*, 5, p.18-21, 1998.
- \_\_\_\_\_, BRITO, A. P. O. P. M. A História da Ciência e o ensino de Genética e evolução no nível médio: um estudo de caso. In: SILVA, C. C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências*: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p.245-64.
- MAYR, E. *Biologia, ciência única*: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- \_\_\_\_\_. *O desenvolvimento do pensamento biológico*: diversidade, evolução e herança. Brasília: Editora da UNB, 1998.
- MEGLHIORATTI, F. A. *O conceito de organismo*: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de Biologia. Bauru, 2009. 254f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, UNESP.

- MELO, A. C. S., PEDUZZI, L. O. Q. Contribuições da epistemologia bachelardiana no estudo da história da óptica. *Ciência & Educação*, v.13, n.1, p.99-126, 2007.
- MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2000.
- PORTIN, P. Historical development of the concept of the gene. *Journal of Medicine and Philosophy*, v.27, n.3, p.257-86, 2002.
- PRESTES, M. E. B., CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da História da Ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, v.4, p.1-16, 2009.
- SANTOS, B. S. *Introdução a uma ciência pós-moderna*. Rio de Janeiro: Graal, 1989.
- SCHEID, N., FERRARI, N., DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da Ciência num curso de Ciências Biológicas: imagens que dificultam a educação científica. *Investigação em Ensino de Ciências*, v.12, n.2, p.157-81, 2007.
- SCHEID, N. M. *A contribuição da história da Biologia na formação inicial de professores de Ciências Biológicas*. Florianópolis, 2006. 203f. Tese (doutorado Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- WANSCHER, J. H. The history of Wilhelm Johannsen's genetical terms and concepts from the period 1903 to 1926. *Centaurus*, v.19, n.2, p.125-47, 1975.

# 6

## ENSINO DE BIOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: OS RITMOS BIOLÓGICOS E O "SONO DAS PLANTAS"

*Maria de Fátima Neves Sandrin<sup>1</sup>*

*Eduardo Adolfo Terrazzan<sup>2</sup>*

### Introdução

O capítulo a seguir aborda a questão da atualização dos currículos de Biologia no ensino médio, a inclusão de temas oriundos da produção científica contemporânea e os meios para viabilizar essa inserção diante dos objetivos de desenvolvimento de cidadania e autoconhecimento prescritos em documentos educacionais. Trata-se de um estudo historiográfico que embasa uma proposta mais ampla de inserção curricular e ensino de temas contemporâneos de relevância social e individual pela perspectiva da História e Filosofia da Ciência (HFC), entre outros recursos de ensino. O objetivo do presente estudo é caracterizar os episódios históricos mais mar-

- 
1. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Bauru, SP. *e-mail*: fatimasandrin@fc.unesp.br.
  2. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – UNESP – Bauru, SP. *e-mail*: eduterrabr@yahoo.com.br.

cantes no desenvolvimento do estudo da periodicidade biológica, abordando o fenômeno denominado “sono das plantas” no século XVIII. O material resultante será utilizado para fundamentar, em próxima etapa de pesquisa, o desenvolvimento de uma proposta de trabalho didático, que inclua temas de Cronobiologia no currículo de Biologia no ensino médio.

Textos clássicos na área da Didática das Ciências enfatizam a importância do domínio do conteúdo como um dos saberes fundamentais para a formação de professores (Carvalho & Gil-Pérez, 1995; Krasilchik, 1987). Segundo Marcelo Garcia (1995, p.28), o conhecimento didático do conteúdo é fundamental, visto que assume um papel “estruturador do pensamento pedagógico do professor”. Contudo, os conhecimentos produzidos academicamente estão constantemente mudando e a necessidade de atualização constitui um desafio permanente para o docente, sobretudo quanto à abordagem dos temas da produção contemporânea na área biológica, devido, entre outros motivos, à complexidade e às relações multidisciplinares. No âmbito geral, essa condição pode ser apoiada, em parte, pela Teoria Antropológica da Didática de Yves Chevallard (2007), ao afirmar que o saber que chega à escola depende de vários fatores, incluindo a legitimação das instituições. No capítulo intitulado “A transposição didática” de sua tese de doutorado, o sociólogo Michel Verret (1975, p.140) afirma: “Toda prática de ensino de um objeto pressupõe de fato a transformação prévia de seu objeto em objeto de ensino” e comenta que os conteúdos chegam aos alunos dessincronizados, descontextualizados e despersonalizados. Chevallard (1991) admite essas proposições e completa dizendo que, na constituição do saber escolar privilegiam-se os sucessos, a continuidade e a síntese, ocultando-se erros, dificuldades e dúvidas de pesquisa. A partir desse referencial, a preocupação com o ensino de temas contemporâneos se justifica ao postular que não basta ensinar ciência, mas também ensinar *sobre* a ciência (Carvalho, 2004), desenvolvendo um trabalho que evite entendimentos ingênuos, acríticos e descontextualizados da produção científica.

Admitindo a importância da contextualização das situações didáticas ao favorecer a compreensão dos processos de produção científica, encontra-se, entre várias alternativas, a opção pelo trabalho com episódios históricos. Segundo Martins (1998, p.18), “o estudo de episódios históricos pode sugerir que o processo de construção do conhecimento é lento e gradual e que os conceitos desenvolvem-se por meio de etapas decorridas de longos períodos, até chegarem àqueles aceitos atualmente”. A literatura da área de História e Filosofia da Ciência (HFC) propõe que, entre as vantagens que pode conferir ao ensino de ciências, está a de proporcionar uma aprendizagem mais significativa, fundamentando o entendimento de questões relativas à natureza da ciência (Matthews, 1995; Bastos, 1998).

Tais assunções remetem a refletir sobre como a dimensão histórica dos conceitos e temas científicos tem sido contemplada no ensino médio. Uma observação exploratória de títulos de livros didáticos disponíveis no mercado editorial (Sandrin, 2011, não publicado), permite constatar a frequência regular de uma abordagem histórica dos temas biológicos apresentada por meio de fragmentos de textos de outros autores, geralmente em formato de caixas de texto, narrativa linear, com ausência ou presença fraca de articulação com o corpo do capítulo no qual se insere e sem questionamentos sobre fatores associados a essa produção.

Este estudo aposta em um ensino de Biologia no qual se contemplem as polêmicas em torno da história das ideias, as hipóteses e as teorias abandonadas, as dificuldades superadas até o aceite de novos conceitos, a contribuição de um conjunto de personagens, homens e mulheres, em seus contextos e o avanço das tecnologias que possibilitam novas evidências a respeito dos objetos de estudo. Nesse sentido, elaborou-se uma proposta de trabalho didático (Sandrin, 2011) que inclui a dimensão histórica, visando à melhor compreensão das condições para a atualização do currículo de Biologia no ensino médio. Optou-se pelo estudo de um conceito fundamental para a compreensão da organização da vida – os “ritmos biológicos”, objetos de estudo da Cronobiologia (CB), área de do-

mínio científico que estuda a dimensão temporal dos seres vivos (Araújo & Marques, 2002). Do ponto de vista da produção científica, a CB contribui para uma Biologia dinâmica, ao entender também o “tempo”, e não somente o “espaço”, como características da matéria viva (Menna-Barreto & Marques, 2002). A área foi sistematizada em 1960 (Menna-Barreto, 1999), constituindo um caso de lenta construção do conhecimento até sua formalização. Fortemente apoiada na experimentação, na Matemática e na Física, o estudo dos ritmos biológicos iniciou-se com as plantas e, em seu desenvolvimento, ocorreu um longo e grande debate sobre a existência e a origem da periodicidade biológica – um fenômeno estudado pioneiramente com plantas e só mais tarde com outros seres vivos, incluindo o homem. Representando a época pré-científica da área, destaca-se um fenômeno emblemático denominado “sono das plantas”, estudado por Darwin (1809-1882) e descrito anteriormente pelo botânico Lineu (1707-1778) como movimentos de abrir e fechar das folhas ou folíolos, durante o dia e a noite, respectivamente, em determinadas espécies. A sensitiva (*Mimosa pudica*) e o tamarindo (*Tamarindus indica* L.) são espécies que apresentam esse comportamento. Podemos questionar: as plantas dormem?

## O percurso metodológico

O estudo historiográfico baseou-se em protocolo de pesquisa documental, conforme Lankshear e Knobel (2008). Foram inicialmente elaboradas as seguintes questões: a) no que consistiu o conceito de sono das plantas?; b) quais são e como foram realizadas as atividades de pesquisa correspondentes a cada episódio histórico?; c) qual é a tipologia de trabalho prático relativa a cada episódio?; d) quais são os componentes tecnológicos desses experimentos como atividades práticas?; e) quais são os principais conceitos, experimentos e/ou trabalhos de campo do tema “sono das plantas” e como foram constituídos ao longo dos tempos?; f) como as principais dificuldades encontradas para a sua formulação foram enfren-

tadas?; g) como os pesquisadores realizaram a divulgação de seus trabalhos?; e h) quais são as principais consequências desses trabalhos para a pesquisa científica?

A coleta de dados foi realizada em fontes primárias constituídas por textos originais do século XVIII, disponibilizados *on-line* por instituições internacionais. Também foram usadas fontes secundárias de valor reconhecido na área cronobiológica. Os critérios de orientação para a busca consideraram que os episódios históricos deveriam ser: a) constituídos por experimentos representativos da polêmica da periodicidade; e b) destacar os aspectos relacionados à natureza da ciência passíveis de processo de transposição didática para a educação básica, possibilitando a compreensão de sua complexidade, dos fatores determinantes e seus efeitos sobre a pesquisa. Os critérios de seleção dos episódios históricos foram estabelecidos em virtude da importância do trabalho em relação à constituição da área, por romperem com modos de pensamento, abrirem nova perspectiva de pesquisa, introduzirem um novo conceito, uso das plantas como objetos de estudo e protocolo de pesquisa experimental inovador.

O potencial de elaboração didática de cada episódio histórico foi atribuído à luz de uma abordagem didática preocupada com os fatores condicionantes da formação docente, da Didática de Biologia (Terrazzan & Gama, 2007), da experimentação (Marandino, Selles & Ferreira, 2009; Selles et al., 2009), da HFC (Bastos, 1998; Caldeira & Caluzi, 2005). Na análise dos dados, procurou-se a correspondência dos fatos estudados com aspectos representativos da produção científica na época. Os episódios históricos foram organizados em ordem cronológica, sendo descritos juntamente com a questão que lhes deu origem, a identificação das pessoas e instituições, fatores que intervieram em sua ocorrência, e suas implicações históricas. A apresentação e análise dos resultados foram feitas na ordem cronológica e a discussão procurou avaliar os aspectos relevantes de cada episódio para a transposição didática em etapa futura de pesquisa.

## Resultados e primeiras análises

A seguir, são descritos os principais episódios históricos da Cronobiologia no século XVIII e discriminados aspectos relevantes para o trabalho didático à luz do referencial citado de HFC.

### De Mairan e o primeiro experimento cronobiológico

O primeiro episódio histórico consiste no experimento pioneiro realizado pelo geofísico e astrônomo francês Jean Jacques D'Ortous de Mairan (1678-1771) em 1729, quando observou que as folhas de uma planta heliotrópica, provavelmente uma sensitiva do gênero *Mimosa*, abriam-se durante o dia e fechavam à noite. Supondo que os movimentos dependiam do sol, colocou a planta em um armário e verificou que, mesmo no escuro, as folhas continuavam abrindo no período correspondente ao da luz solar (De Mairan, 1729, p.35-6) (Figura 1a). O trabalho foi relatado por seu amigo M. Marchand em *Histoire de L'Academie Royale des Sciences*, Paris, França (Figura 1b).

O estudo de De Mairan constituiu também a “primeira observação formal da persistência de ritmos diários em condições de isolamento temporal, ou seja, na ausência de flutuações nos fatores do ambiente”, antecipando os ritmos de livre curso (*free running*) (Rottenberg, Marques & Menna-Barreto, 1999, p.25).

Esse trabalho originou um dos primeiros conceitos cronobiológicos: a persistência do ritmo na ausência de estímulos externos. Quanto à origem do fenômeno, ao se verificar que a alternância cíclica não seguia a luz do sol, elaborava-se a primeira sugestão da endogenicidade desse ritmo, proporcionando também o primeiro *insight* da relação entre a fisiologia interna e o ciclo geofísico (idem, p.27). Uma breve interpretação do resultado foi feita, comparando-o ao sono de pacientes acamados, porém nada se conclui sobre sua origem. De Mairan parece ter hesitado em concluir que as plantas heliotrópicas conseguiam marcar o tempo e sugeriu que esse resul-

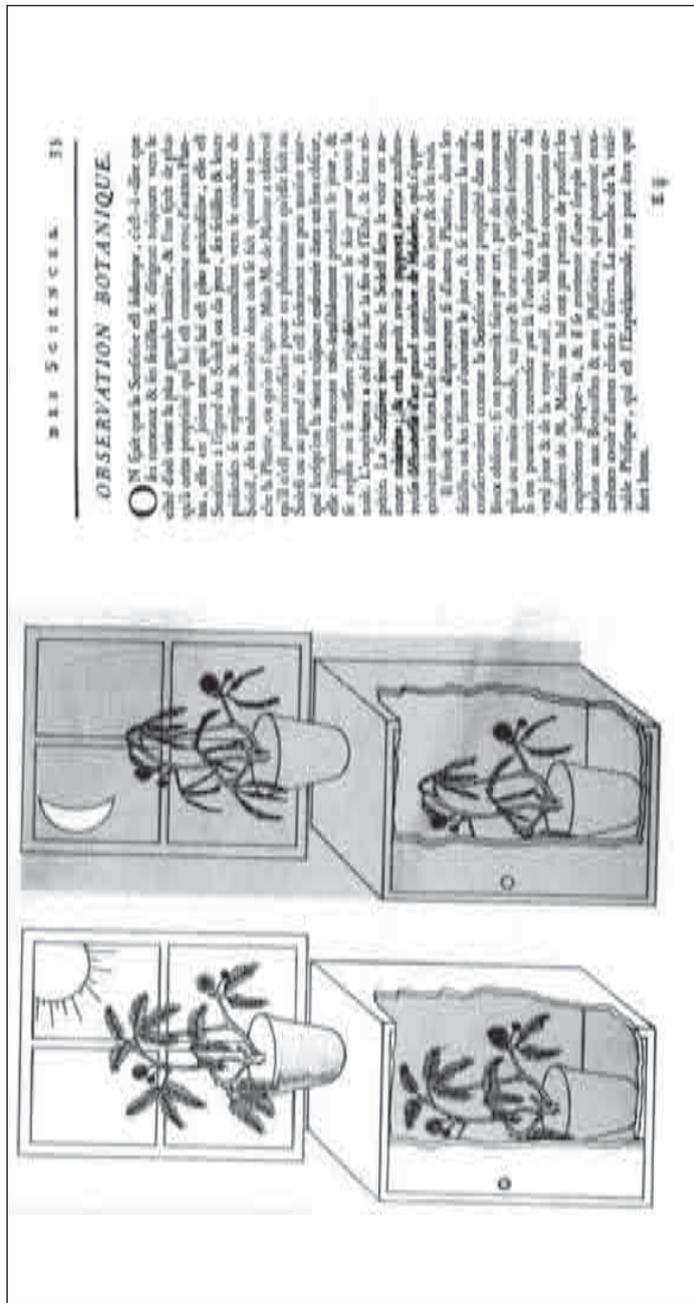


Figura 1a – Ilustração do experimento de De Mairan. Fonte: Modificado de Moore Ede et al. (1982) apud Golombek (2002, p.20). Figura 1b – Cópia do texto original *Observation Botanique*. In: J. J. de De Mairan, *Observation Botanique, Histoire de L'Academie Royale des Sciences*, p.35-6, 1729.

tado fosse devido às alterações de temperatura ou forças magnéticas. O fato de o relato ter sido publicado por seu amigo Marchand também não é considerado usual e pode-se supor que usou de cautela, preferindo não se arriscar a comunicar diretamente algo que contradizia o pensamento da época, quando se admitia que os movimentos rítmicos das plantas eram causados pelo ciclo de claro e escuro, portanto, fatores externos.

Quanto à tipologia do experimento, o princípio utilizado é conhecido como experimento de caixa preta (*black-box experimental design*) e que continua, atualmente, sendo usado na investigação dos mecanismos associados com as funções do relógio biológico (Moore-Ede, Sulzman & Fuller, 1982). A diferença básica é que, na atualidade, procura-se acessar os dados da caixa preta, ou seja, buscar os mecanismos funcionais, de modo que a preocupação não se dá mais apenas nos dados da saída ou no comportamento do sistema. Quanto à divulgação, o resultado do experimento foi relatado em língua francesa, por meio de exposição oral na sociedade de ciências, com documentação nas atas. Não se fez uso de desenhos e boa parte dos esquemas, que ilustram seu experimento nos livros didáticos atuais, são adaptações, por exemplo, Golombek (2002, p.20). O trabalho de De Mairan originou outros estudos de observação de ritmos com plantas em condições constantes ou semiconstantes. Contudo, depois dele, ainda se continuou a pensar do mesmo modo por quase trinta anos (McClung, 2006).

### **Lineu e o “sono das plantas”**

Carl von Linné (Lineu) (1707-1778), médico, zoólogo e botânico suíço, publicou uma dissertação em latim denominada *Somnus Plantarum* [Sono das plantas] (Linnaeus, 1755), referindo-se à periodicidade do movimento das folhas que se abriam durante o dia e fechavam à noite (Figuras 2a, 2b). Após anos de observações, Lineu também descreveu a abertura das flores de diversas espécies em determinadas horas do dia e verificou que esses horários variavam de acordo com a espécie, deduzindo que era possível prever a hora

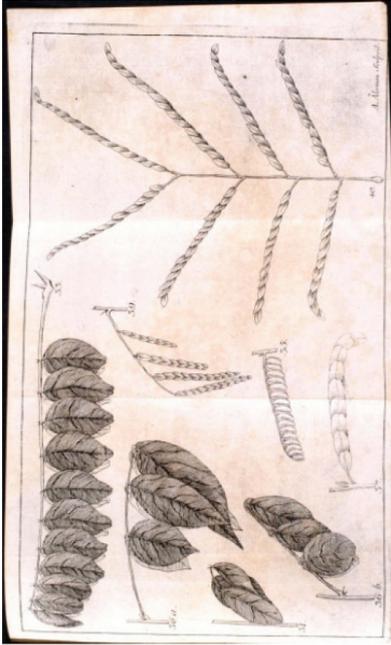
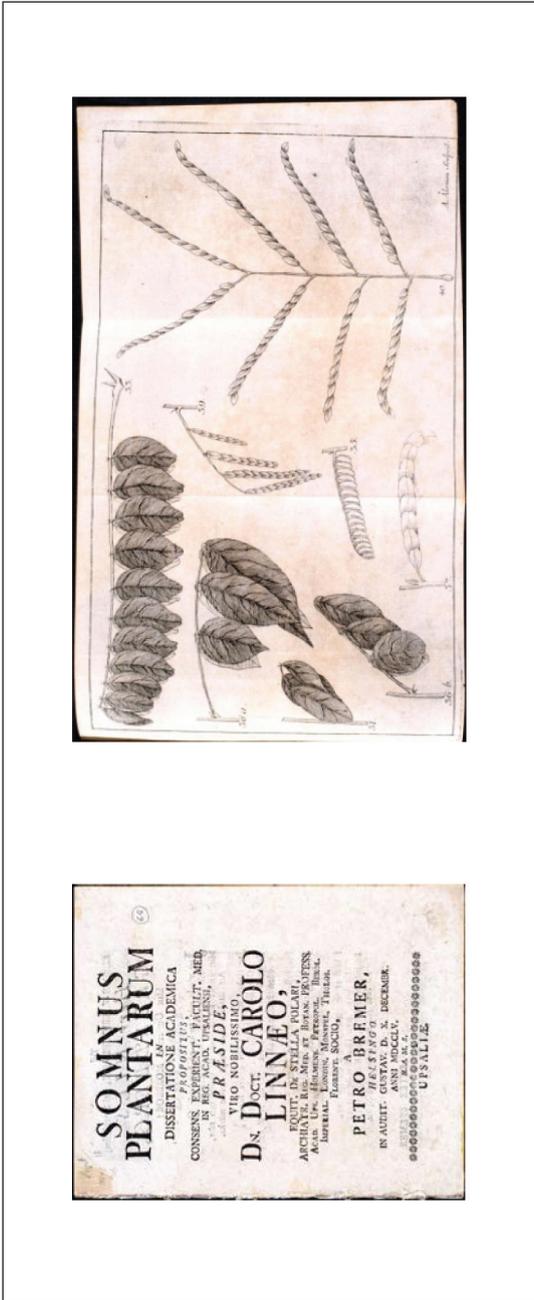


Figura 2a – Capa da dissertação *Somnus Plantarum*, 1755; Figura 2b – *Somnus Plantarum*, ilustração p.22. Fonte: C. von Linnæus, *Somnus Plantarum*. Uppsala, 1755, p.22.

aproximada em que cada espécie iria abrir ou fechar as flores. Elaborou uma lista de espécies, de acordo com o horário da abertura das flores entre as 6h da manhã e 6h da tarde, e imaginou o que chamou de *Horologium florum* – relógio floral (*flower clock*), descrito em sua obra *Philosophia Botanica* (Linnaeus, 1751, p.274-5). Lineu não executou o projeto do relógio floral, porém podia dizer aproximadamente as horas pelo horário de abertura das flores, que conhecia tão bem.

A importância dos trabalhos de Lineu, como um episódio histórico em relação aos ritmos biológicos, deveu-se, entre outros motivos, à identificação de diversas espécies heliotrópicas, ao meticuloso trabalho de observação e registro dos horários de abertura e fechamento de folhas e flores, à divulgação do fenômeno biológico cujas causas eram desconhecidas, cravando a terminologia metafórica pela qual ficou conhecido por muito tempo, “sono das plantas”. Apesar de a prioridade ter sido atribuída a ele, parece não ter havido consenso sobre isso na época, conforme o que consta nos documentos da Sociedade Real de Ciências. Richard Puttney (1758) exemplifica essa afirmação ao comentar que o fenômeno era conhecido desde o tempo de Plínio, o Velho (23-79 d.C.), século I d.C., e que Cristóbal Acosta (1515-1592) e Prospero Alpino (1553-1617) escreveram sobre a mudança noturna nas folhas das plantas no final do século XVI, chamando-a de “sono” (Puttney, 1758). O mesmo autor entendeu que Lineu teve o mérito de renovar esse objeto, e Sir John Hill (1757), que teria investigado as causas.

Salisbury (1998) comenta que, antes de Lineu, os movimentos de sono dessas plantas já haviam sido relatados por muitas pessoas desde a Antiguidade. Por exemplo, Andróstenes de Thasos (325 a.C.), historiador que acompanhou Alexandre, o Grande, em suas conquistas, relatou os movimentos periódicos das folhas de *Tamarindus indica*, o tamarindo, observando também movimentos de algumas variedades de *Papilionaceae* (Moore-Ede, Sulzman & Fuller, 1982, p.5). Há indicações de que Alberto Magno também teria repetido as observações de Plínio. As observações de Andróstenes foram consideradas por Satter & Galston (1973) como a

pedra da roseta do comportamento das plantas. O trabalho lineano constitui, portanto, uma referência histórica na listagem de espécies heliotrópicas e um precursor da descrição do fenômeno denominado fotoperiodismo.

Em termos didáticos, alguns detalhes que não foram levados em conta pelo botânico, hoje conhecidos, poderão ser alvo de discussões, possibilitando compreender as limitações da pesquisa da época pela falta dos equipamentos que seriam ainda inventados, além de estimular a elaboração de novas questões sobre o tema. Puttney (1758) refere-se ao sono das plantas como um fenômeno submetido a uma lei da natureza, dizendo que ele fora desvendado por Lineu. Expressava o pensamento de seu contexto histórico de que a ciência estaria relacionada a esse desvendamento de leis naturais, bastando observar e realizar experimentos, portanto, uma visão empirista de ciência.

Um outro aspecto relevante do trabalho lineano refere-se à divulgação dos achados, incluindo livros, artigos, muitas cartas para troca de informações, leituras dos achados nas reuniões das sociedades e academias, publicação dos textos desses encontros. Acrescenta-se também o grande valor dos desenhos que ilustravam muito bem os fenômenos observados, e também o uso de dados cuidadosamente dispostos em tabelas e listas. Em termos didático-pedagógicos, pode-se aventar a possibilidade de utilização de pequenos trechos desses textos antigos no ensino de Biologia no ensino médio. Eles poderiam ser utilizados para se exemplificar, entre outras possibilidades, como as informações dos especialistas eram partilhadas entre os pares e como as dúvidas e hipóteses eram tratadas em uma época em que preponderava a ideia de ordem, seguida da ideia de causa.

### **John Hill e a reversão do “sono das plantas”**

Em 1757, John Hill (1716-1775), escritor e botânico inglês, relatou, em carta a Lineu, que havia alterado os ritmos de sono da planta *Glycine abrus* (*Abrus precatorius* L.), usando reversão dos

ciclos de claro-escuro. Essa informação encontra-se em sua obra *Eden: a complete body of curious and useful gardening* (Hill, 1757), em que sugeriu que o ciclo normal dia-noite era a causa desses ritmos (Salisbury, 1998), ao contrário de De Mairan; portanto, o fenômeno teria origem externa. É desconhecido se Hill conhecia o trabalho de De Mairan, visto que não o citou no texto, porém seus resultados confirmavam os do pioneiro.

Esse trabalho foi considerado importante à época por ter buscado as causas do “sono das plantas” (Puttney, 1758). Assim, considera-se que o trabalho de De Mairan levou quase trinta anos para ser corroborado, constituindo um exemplo das dificuldades para a consolidação desse achado. Esse episódio histórico relaciona-se, entre outros aspectos, ao valor da descrição experimental do fenômeno, modelando o delineamento conhecido como *black-box*, além de ter originado outros estudos. O experimento pode ser reproduzido com materiais de baixo custo. O princípio básico é que a planta é tratada como um sistema no qual os componentes internos são desconhecidos (*black-box*), e a função pode ser estudada por meio da observação dos movimentos das folhas (*output*) como resposta a perturbações induzidas pelos *inputs* experimentais como alterações do ciclo claro-escuro, de temperatura, entre outros (Kuhman, Mackey & Duffy, 2007). Os movimentos das folhas são interpretados como ritmos de saída (*output rhythms*) do sistema de temporização, no caso, circadiano (*circadian timing system*) (idem). Portanto, ele elaborou uma questão a partir de uma conclusão elaborada 28 anos antes, estabeleceu uma metodologia experimental e relatou os resultados por meio de texto.

### **Du Monceau, Zinn e o controle mais rigoroso de variáveis**

Imaginando que deveriam ter ocorrido artefatos nos procedimentos experimentais de De Mairan como entrada de luz e alteração de temperatura, Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), engenheiro naval e botânico francês, decidiu repeti-lo. Relata, em seu livro *Physique des arbres* (Du Monceau, 1758,

p.292), que procurou eliminar qualquer entrada possível de luz, colocando a planta em escuro total. Também manteve a temperatura constante, controlando duas variáveis, a luz e a temperatura. Com esse protocolo experimental, confirmou os resultados de De Mairan porque, mesmo sem estar exposta à luz solar, a sensitiva manteve o ciclo de abrir/fechar os folíolos com o dia e a noite. Du Monceau relatou que essa resposta não tinha relação com variações de temperatura e, portanto, esses ritmos eram independentes dos ritmos ambientais (Salisbury, 1998).

Johann Gottfried Zinn (1727-1759), anatomista, botânico e oftalmologista alemão, questionou se tais movimentos foliares poderiam ser disparados por componentes desconhecidos. Repetiu os experimentos em 1759 e obteve resultados similares aos de De Mairan e de Hill, verificando, contudo, que não ocorria mudança imediata no ritmo quando procedia a reversão dos ritmos com a reversão do ciclo dia-noite e alteração de temperatura, como fizera Hill (Salisbury, 1998). Mais tarde, outros pesquisadores, como o renomado botânico Wilhelm Pfeffer (1845-1920), também defenderam a possibilidade da natureza hereditária desses mecanismos, porém, não foram aceitos, quando se interpretava a periodicidade persistente em condições constantes como um efeito do ciclo claro/escuro (Rotenberg, Marques & Menna-Barreto, 1999, p.27).

A periodicidade foi citada por Charles Darwin (1809-1882) em seu livro *The power of movement in plants* [O poder do movimento nas plantas]. Nessa obra são descritos minuciosamente os movimentos das folhas, considerados como *sono das plantas* em referência a Lineu. Contudo, o problema da periodicidade só seria resolvido nas primeiras décadas do século XX, quando o alemão Erwin Bünning (Chandrashekar, 1998), por meio do cruzamento de plantas de feijão que apresentavam diferentes períodos de movimentos foliares, demonstrou que a periodicidade dos ritmos era determinada geneticamente. A polêmica sobre a questão, porém, só foi resolvida cabalmente por volta de 1980.

## Implicações didático-pedagógicas

O presente estudo historiográfico caracterizou e organizou os principais episódios históricos sobre o desenvolvimento das pesquisas sobre o fenômeno “sono das plantas” no século XVIII com a finalidade de fundamentar a transposição didática sobre o tema “ritmos biológicos”. O levantamento proporcionou um rico conjunto de informações que contribuem para a compreensão da dinâmica da produção científica no século XVIII, caracterizada pela centralização em pesquisador individual e no espaço França-Inglaterra, excetuando o trabalho do alemão Zinn. Destaca-se a resistência aos novos conhecimentos, o uso de metáfora nos textos científicos, a importância das trocas de informações e das atas das leituras públicas nas sociedades. A análise preliminar do material permite afirmar que os seguintes aspectos poderão receber maior ênfase durante o trabalho didático na perspectiva da HFC: a pesquisa botânica desenvolveu-se amparada por trabalhos experimentais e de campo; os trabalhos experimentais começam a ser realizados com controle de apenas uma variável e depois vão se tornando mais rigorosos, adotando o controle de duas ou três de forma concomitante; o tempo entre o primeiro experimento e os demais denotam as dificuldades para se aceitar uma ideia nova, a divulgação das ideias era realizada por leituras públicas, textos, e conta também com desenhos; o pensamento da época era o do espírito de ordenação, classificação e, em seguida, passa-se para a busca das causas; o uso de medidas correspondia à presença ou ausência de movimento das folhas e da anotação do horário correspondente; havia estrita vigilância na questão de prioridade de autoria. O trabalho relata, portanto, uma pesquisa em andamento, porém permite ressaltar a importância formativa do conhecimento do contexto histórico do desenvolvimento de um domínio científico para a datação de seus conteúdos na área de ensino de Biologia.

*Nota:* O presente trabalho resulta de adaptação parcial do trabalho submetido para apresentação no V Encontro Regional de Ensino de Ciências, 2011.

## Referências bibliográficas

- ARAÚJO, J. F., MARQUES, N. Cronobiologia: uma multidisciplinaridade necessária. *Margem*, n.15, p.95-112, jun. 2002.
- BASTOS, F. *História da Ciência e ensino de Biologia: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903)*. São Paulo, 1998. 212p. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.
- CALDEIRA, A. N. de A., CALUZI, J. J. (Org.). *Filosofia e História da Ciência*. Ribeirão Preto: Kairós, 2005.
- CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o ensino das Ciências. In: \_\_\_\_\_. *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p.1-17.
- \_\_\_\_\_, GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências*. São Paulo: Cortez, 1995.
- CHANDRASHEKARAN, M. K. Biological rhythms research: a personal account. *J. Biosci*, v.23, n.5, p.545-55, 1998.
- CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica: del saber sábio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique, 1991.
- \_\_\_\_\_. Les processus de la transposition didactique et leur théorisation. In: ARSAC, G. et al. (Orgs.). *La transposition didactique à l'épreuve*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 2007.
- DARWIN, C. *The power of movements of plants*. Londres: John Murray, 1880.
- DE MAIRAN, J. J. de. *Histoire de L'Academie Royale des Sciences*. 1729. p.35-6. Disponível em <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3527h.image.r=observation+botanique+mairan.f43.langPT,pagination>>. Acesso em 1º/5/2009.
- DU MONCEAU, H. L. *La physique des arbres*. Parte 1. Paris: H. L. Guerin & L. F. Delatour, 1758.

- GOLOMBEK, D. Introduccion: La máquina del tiempo. In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Cronobiología humana: ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad*. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes Ediciones, 2002. p.19-29.
- HILL, J. *Eden: a complete body of curious and useful gardening*. Londres: T. Osborne, 1757.
- KRASILCHIK, M. *O professor e o currículo das Ciências*. São Paulo: EPU, Edusp, 1987.
- KUHLMAN, S. J., MACKEY, S. R., DUFFY, J. F. *Clocks & rhythms*. LXII Cold Spring Harbor Lab. Symposium, 2007.
- LANKSHEAR, C., KNOBEL, M. *Pesquisa pedagógica: do projeto à implementação*. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- LINNAEUS, C. *Philosophia Botanica*. 1751. Dissertação. Disponível em <<http://www.archive.org/stream/philosophiabotanq00linn#page/274/mode/2up>>.
- \_\_\_\_\_. *Somnus Plantarum*. Uppsala, 1755, p.22. Disponível em <<http://128.2.21.109/HIBDPDF/LinnaeanDiss/Liden-068.pdf>>. Acesso em 1º/6/2009.
- MARANDINO, M., SELLES, S. E., FERREIRA, M. S. *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo: Cortez, 2009.
- MARCELO GARCIA, C. *Formação de professores: para uma mudança educativa*. Porto: Porto Editora, 1995. (Coleção Ciências da Educação. Século XXI).
- MARTINS, L. A. P. A História da Ciência e o ensino da Biologia. *Ciência & Ensino*, n.5, p.18-21, 1998.
- MATTHEWS, M. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n.3, p.164-214, dez. 1995.
- MCCLUNG, C. R. Plant circadian rhythms. *The Plant Cell*, v.18, p.792-803, abr. 2006.
- MENNA-BARRETO, L. Desenvolvimento da cronobiologia. In: MARQUES, N., MENNA-BARRETO, L. (Orgs.). *Cronobiologia: princípios e aplicações*. São Paulo: Edusp, 1999. p.23-44.
- \_\_\_\_\_, MARQUES, N. Apresentação. *Ciência e Cultura*, v.54, n.2, p.20, 2002.

- MOORE-EDE, M. C., SULZMAN, F. M., FULLER, C. A. *The clock that time us: physiology of the circadian timing system*. Cambridge: Mass, Harvard University Press, 1982.
- PUTTNEY, R. Some observations upon the sleep of plants, and an account of that faculty, which Linnaeus calls *vigiliae florum*; with an enumeration of several plants, which are subject to that law. *Philosophical Transactions* (1757-1758), v.50, p.506-17, 1758.
- ROTENBERG, L., MARQUES, N., MENNA-BARRETO, L. Desenvolvimento da Cronobiologia. In: MARQUES, N., MENNA-BARRETO, L. (Orgs.). *Cronobiologia: princípios e aplicações*. São Paulo: Edusp, 1999. p.23-44.
- SALISBURY, F. B. The discovery of biological clocks. In: KUNG, S., YANG, S. (Eds.). *Discoveries in plant Biology*. Cingapura: World Scientific, 1998. p.287-328.
- SANDRIN, M. F. N. *História da Cronobiologia no ensino de Biologia: uma proposta didática*. Bauru, 2011. Trabalho aceito para publicação no Encontro de História e Filosofia da Ciência. Universidade Estadual Paulista/UNESP.
- SATTER, R. L., GALSTON, A. W. Leaf movements: rosetta stone of plant behavior? *Biocience*, v.23, p.407-16, 1973.
- SELLES, S. E. et al. *Ensino de Biologia: histórias, saberes e práticas formativas*. Uberlândia: Edufu, 2009.
- TERRAZZAN, E. A., GAMA, M. E. Condicionantes para a formação continuada de professores em escolas de educação básica. *Educação e Linguagem*, n.15, p.161-92, jan.-jun. 2007.
- VERRET, M. *Le temps des études*. Tomos I e II. Tese. Universidade de Paris V, 1975.



# 7

## NIETZSCHE E DARWIN: REFLETINDO SOBRE POSSÍVEIS FUSÕES E DICOTOMIAS DE SEUS PENSAMENTOS

*Caio Samuel Franciscati da Silva*<sup>1</sup>

*Thais Benetti de Oliveira*<sup>2</sup>

*Ana Maria de Andrade Caldeira*<sup>3</sup>

*Jair Lopes Junior*<sup>4</sup>

### Introdução

O ano de 1859 é proclamado como o advento da biologia evolutiva devido à publicação da primeira edição de *A origem das espécies*, de Charles Darwin. Embora considerado o fundador da teoria evolutiva moderna, Darwin não foi o primeiro homem a buscar explicações para a grande diversidade de organismos existentes. Essa questão remonta aos filósofos da Grécia Antiga, tais como Tales, Anaximandro e Aristóteles, que elaboraram hipóteses para os mecanismos de “transformação” das espécies. Esse interesse em explicar como seres vivos transformam-se em outros se arrastou até o

---

1. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/UNESP – Bauru.

2. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/UNESP – Bauru.

3. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da UNESP – Bauru.

4. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da UNESP – Bauru.

século XVIII, embora nenhum filósofo e/ou naturalista lograsse êxito em elaborar uma teoria satisfatória para tal questionamento (Botha, 2001; Ridley, 2006).

A possibilidade de uma espécie transformar-se em outra foi abarcada de maneira sistematizada por Jean-Baptiste Lamarck em *Philosophie zoologique*, obra publicada no ano de 1809. A explicação fornecida por Lamarck era dividida em duas partes, a saber: 1) algum mecanismo interior desconhecido, denominado força interna, levava o organismo a gerar uma prole levemente diferenciada; e 2) as modificações físicas adquiridas ao longo de sua ontogênese seriam herdadas pela sua prole. Essa última explicação, e talvez a menos importante aos olhos de Lamarck, fora nomeada como herança dos caracteres adquiridos (Ridley, 2006).

A maneira como Lamarck compreendia a mudança das espécies ao longo do tempo difere, em alguns aspectos, das ideias evolutivas de Darwin. Enquanto o primeiro entendia a evolução como a transformação de uma espécie em outra, o segundo afirmava que a evolução consistia em mudanças físicas e/ou comportamentais dos organismos ao longo das gerações por meio da seleção natural. O conceito darwiniano de seleção natural diz respeito à conservação das variações que se mostram favoráveis à luta pela existência, isto é, que beneficiam a sobrevivência e a reprodução dos organismos. Nas palavras de Darwin (2004):

Em razão desta luta [pela sobrevivência], quaisquer variações, por mais insignificantes que sejam as causas que as originaram, desde que sejam úteis para os indivíduos desta ou daquela espécie, no que tange a suas relações infinitamente complexas com os outros seres vivos e o meio ambiente, contribuirão para a sua preservação, sendo geralmente transmitidas a seus descendentes. Estes, por sua vez, terão uma oportunidade ainda maior de sobreviver, pois dentre os muitos indivíduos que nascem periodicamente, só alguns conseguem ser preservados. A este princípio por meio do qual toda variação, por menor que seja, deve ser preservada, uma vez que

seja útil para o indivíduo denominei princípio da seleção natural [...]. (Darwin, 2004, p.127)

A teoria da evolução por seleção natural proposta por Darwin explica não somente o fato de as espécies apresentarem modificações ao longo do tempo, mas também o porquê de elas estarem adaptadas às condições de vida em que se encontram. Nesse contexto, devido à luta pela sobrevivência, os organismos adaptados geram uma progênie com maiores chances de sobrevivência, o que, conseqüentemente, aumenta sua frequência de uma geração a outra e, à medida que o processo continua, resulta na formação de uma nova espécie (Ridley, 2006).

Entretanto, essas diferenças teóricas existentes entre Lamarck e Darwin não foram vistas como uma continuidade do processo histórico da fundamentação do conceito evolutivo. Entre o final do século XIX e início do XX, instaurou-se uma completa oposição entre Lamarck e Darwin, na qual a teoria darwiniana foi eleita como verdade científica e o legado de Lamarck, por sua vez, foi compreendido como um erro e todos aqueles que seguiam seus preceitos estavam à margem das ciências. A dicotomia Lamarck-Darwin estendeu-se às várias áreas do conhecimento, de modo que cientistas e filósofos foram classificados como lamarckistas ou darwinistas e, conseqüentemente, elogiados ou criticados segundo o seu “enquadramento” (Frezzatti Junior, 2010).

Dentre os vários pensadores que foram “categorizados” segundo essa dicotomia, destacaremos neste trabalho o filósofo Friedrich Nietzsche e a questão evolutiva em sua obra. Nossa escolha é justificada pela complexidade e pela controvérsia presentes na literatura a respeito das teorias biológicas e suas influências na obra do filósofo, que ora é classificado como lamarckista, ora como darwinista.

## A luta pela sobrevivência e a seleção natural em Nietzsche

Não sabemos se Nietzsche leu a obra capital de Darwin, *A origem das espécies*, uma vez que a literatura pertinente nos oferece a certeza dessa leitura (Birx, 2003), a negação categórica (Moore, 2006) ou deixa em aberto essa questão (Richter, 1991, apud Frezzatti Junior, 2010; Frezzatti Junior, 2007). Todavia, encontramos em sua obra, particularmente entre a década de 1870 e os últimos meses de sua vida intelectual, um acervo de fragmentos que lançam críticas aos principais conceitos darwinianos, a saber: a luta pela sobrevivência, a seleção natural, a seleção sexual e o desenvolvimento da moral a partir de instintos de altruísmo.

Apesar desse dissenso quanto à leitura dos postulados darwinianos, a literatura apresenta fortes evidências de que a obra de Nietzsche sofreu influências de neolamarckistas alemães contemporâneos ao filósofo, tais como Karl Ludwig Rüttimeyer, Wilhelm Roux e William Henry Rolph, que se colocaram como críticos à teoria darwiniana. Segundo a corrente neolamarckista, a evolução representava o resultado de forças internas dirigidas que provocavam mudanças nos organismos e, conseqüentemente, conduziam à transformação de uma espécie em outra (Moore, 2006; Frezzatti Junior, 2007).

Entretanto, o transporte de conceitos neolamarckistas (como o de forças internas dirigidas, por exemplo) para o pensamento nietzschiano (por exemplo, a vontade de potência) não pode ser realizado de modo hermético e simplista. Tal cuidado se faz necessário, pois, como nos lembra Moore (2006), o evolucionismo germânico do século XIX e início do século XX revestia-se de um nacionalismo ideológico que não se coaduna com a obra do filósofo, pois, como nos diz Nietzsche (2007) em *Ecce Homo*:

A minha desconfiança para com o caráter alemão exprimi-a aos vinte e seis anos (“Terceira Inatual”, p.71); para mim, os alemães

têm algo de impossível. Quando pretendo imaginar um homem que repugne a todos os meus instintos, surge-me logo à mente um alemão. (Nietzsche, 2007, p.114)

Compreendemos que a visão evolutiva de Nietzsche se desenvolveu em um contexto anti-Darwin, mas chamamos a atenção para o fato de que o evolucionismo encontrado em suas obras apresenta-se contra as teorias vigentes em sua época. Assim, Nietzsche também se coloca contra as visões evolutivas que foram elaboradas pelos seus contemporâneos neolamarckistas, cujas obras foram utilizadas como respaldo científico para justificar a visão eugênica nazista (Moore, 2006; Menegat, 2008).

Nessa perspectiva, abarcaremos os conceitos de luta pela sobrevivência e de seleção natural para traçar as possíveis aproximações e distanciamentos entre Nietzsche e Darwin, sem tencionar classificar o filósofo como (não-)darwinista, mas buscando compreender o ponto em que o biológico e o filosófico se tocam. Justificamos a escolha desses conceitos darwinianos, já que os mesmos são considerados fundamentais à teoria evolutiva moderna.

Darwin (2004), em *A origem das espécies*, especifica claramente o sentido que atribui à “luta pela sobrevivência”:

Quero salientar que emprego a expressão luta pela existência em um sentido amplo e metafórico, incluindo neste conceito a ideia de interdependência dos seres vivos, e também, o que é mais importante, não somente a vida de um indivíduo, mas sua capacidade e êxito em deixar descendência. (Darwin, 2004, p.128)

Entendemos que o naturalista não inclui nessa luta apenas as relações estabelecidas entre os organismos, mas as interações desenvolvidas entre estes e os fatores abióticos circundantes, também envolvidos no processo de seleção natural. Darwin quer ressaltar que a luta pela existência é orientada para garantir a sobrevivência dos indivíduos e a geração de descendentes pelos mesmos (Frezatti, 2004a).

Por conseguinte, essa luta assume um sentido ecológico, dado que os diferentes organismos lutam (competem) para sobreviver e gerar descendentes tanto na defesa territorial como no caso de consumo de alimentos que poderiam ser utilizados por outros seres vivos. Darwin (2004) ressalta a importância de os membros de uma dada população e os de diferentes espécies lutarem para sobreviver no meio que habitam. Ainda de acordo com o naturalista inglês, essa luta pela sobrevivência é resultado das condições limitantes dos recursos disponíveis aos organismos e das altas taxas de fecundidade e natalidade que os seres vivos apresentam. Para Ridley (2006), a luta pela sobrevivência refere-se à competição ecológica na qual todos os organismos estão inseridos e, sendo assim, a metáfora utilizada por Darwin não implica necessariamente embates físicos, embora estes possam ocorrer.

O conceito de luta também é recorrente na obra de Nietzsche, assumindo significados variados de acordo com o período considerado. Como as críticas lançadas a Darwin se encontram na fase de maturidade do filósofo, assumiremos o conceito de luta nietzschiano dessa época. Assim, evocaremos a máxima “*Anti-Darwin*” presente em *Crepúsculo dos ídolos*:

No tocante ao célebre “combate pela vida”, ele me parece às vezes mais afirmado que provado. Ocorre, mas como exceção; o aspecto global da vida não é a situação de indigência, a situação de fome, mas antes a riqueza, a exuberância, e até mesmo o absurdo esbanjamento – onde se combate, combate-se por potência... Não devemos confundir Malthus com a natureza. (Nietzsche, 1978, p.344)

Esse trecho apresenta claramente uma crítica à denotação que Darwin atribuiu ao conceito de luta. Segundo o naturalista inglês, ela enfatiza a sobrevivência (a persistência na vida) e a geração de descendentes. Nietzsche não nega a existência da luta, mas recusa que a mesma ocorra de acordo com a visão darwiniana, isto é, que objetive a conservação da vida. A luta nietzschiana objetiva algo diferente, dado que os seres vivos buscam dar livre curso a suas forças e, nesses

termos, a busca por “potência” é preponderante em relação à conservação (Moore, 2006; Frezzatti Junior, 2004a). Nessa perspectiva, como nos diz Frezzatti Junior (2004a, p.227): “*o que os seres vivos buscam é mais potência, o que faz com que a luta seja pelo ‘mais’, pelo ‘melhor’, pelo ‘mais rápido’ e pela ‘maior frequência’*”.

Encontramos no conceito de luta o ponto de inflexão entre Darwin e Nietzsche, pois, ao passo que para o primeiro o termo reflete a conservação da vida, para o segundo simboliza o processo contínuo de superação da mesma (Moore, 2006; Frezzatti Junior, 2010). Como afirma Frezzatti Junior (2007):

O pensamento nietzschiano considera a vida como algo que sempre deve superar a si mesmo, que não busca a utilidade de uma estrutura para persistência na existência. Os organismos se desenvolvem através de uma busca por “mais”, isto é, por intensificação da potência dos impulsos: este é o motivo da luta e não a sobrevivência. Para Nietzsche, Darwin é o porta-voz da conservação, isto, é da estagnação vital. A vida e o mundo nada mais são, segundo o filósofo alemão, do que vontade de potência, ou seja, tendência inabalável e inescotável de crescimento de potência. (Frezzatti, 2007, p.464)

Todavia, antes de prosseguirmos com as discussões a respeito do conceito de seleção natural em Nietzsche, julgamos ser pertinente explorar o conceito nietzschiano de vida enquanto expressão da luta de impulsos por maior potência. Para tanto, será necessário retroceder à questão do corpo em Nietzsche para que, com maior propriedade, possamos reaver as críticas que o filósofo tece contra a seleção natural de Darwin.

Nietzsche almejou desmascarar todos os preconceitos do gênero humano colocando-se como crítico da cultura ocidental e suas religiões. Assim, o idealismo metafísico, bem como os valores morais condicionantes, também foram alvos da crítica nietzschiana. Tal fato nos é revelado no aforismo “*Como o ‘verdadeiro mundo’ acabou por se tornar em fábula*” presente em *Crepúsculo dos ídolos* (Nietzsche, 1978). Nesse aforismo, o filósofo nos apresenta uma breve

exposição da história de erros da filosofia e, dentre estes, ressaltamos a linguagem dicotômica.

As dicotomias – inteligível-sensível, bem-mal, corpo-alma, etc. – são extensamente criticadas na obra do filósofo. Em relação à díade corpo-alma, Nietzsche lança-se contra a distinção entre essas entidades e, em especial, aos privilégios concedidos à alma. Nesse aspecto, o filósofo propõe a inversão da polaridade corpo-alma cartesiana, de modo que a consciência (a alma) seja considerada como um subproduto do corpo. Nietzsche ataca o domínio da alma sobre o corpo de maneira a não manter a dualidade, mas colocar a alma como instrumento do corpo (Borges, 2008).

Nesse contexto, o filósofo assume que o corpo representa a luta entre suas partes por maior potência. Desse modo, o corpo é entendido como uma pluralidade de impulsos que combatem entre si por mais potência, pelo domínio. Como advento dessa premissa, o pensamento e a consciência (entendendo-os como aspectos da alma – *res cogitans*) também são produtos dessa luta, visto que são inerentes ao corpo (Borges, 2008).

A concepção nietzschiana de luta não é restrita ao combate entre os impulsos do universo orgânico, mas apresenta-se como propriedade *sine qua non* da realidade. Segundo o filósofo, todas as ocorrências do mundo são frutos do embate de impulsos (ou forças) que tentam intensificar-se pela busca por maior potência. Nessa perspectiva, o indivíduo é compreendido como o resultado da luta interna por potência entre suas menores partes constituintes, isto é, a luta por potência se dá em nível citológico, histológico e sistêmico: “O indivíduo é luta entre partes (por alimento, espaço, etc.): seu desenvolvimento está ligado a um vencer, a um predomínio, de certas partes e ao definhar, ‘tornar-se órgão’ de outras” (Nietzsche, fragmento póstumo 7 do final 1886/primavera 1887, apud Frezzatti Junior, 2004b, p.229).

A questão da dominação presente no conceito de luta nietzschiana nos possibilita derivar outra característica: a relação entre o que cede e o que dirige, relação esta em que um prevalece e apreende o outro, o que, em última instância, nos conduz a uma

relação hierárquica entre os impulsos que lutam por potência. As partes, os impulsos, que apresentam maior capacidade de domínio, ou seja, que conseguem se expandir e se fortalecer, impelem as demais a colocar-se como seus “órgãos funcionais” (Frezzatti Junior, 2004b; Borges, 2008).

A tipologia nietzschiana de forte e fraco está intimamente relacionada à hierarquia dos impulsos durante a luta por potência: o forte tem seus impulsos hierarquizados porque os mesmos se encontram em diferentes níveis de potência, ao passo que o fraco, por possuir impulsos em um mesmo nível de potência, não apresenta a hierarquização dos mesmos (Borges, 2008). Entretanto, quando uma hierarquia é estabelecida, esta não pressupõe o fim da luta por potência, dado que a luta não visa à destruição da parte dominada, mas há entre as partes novas lutas e novas vitórias, o que nos leva a um domínio não permanente entre as mesmas. Essa característica dinâmica da dominação distancia a teleologia do conceito nietzschiano de vontade de potência, pois, uma vez que não existe um fim determinado, nos é impossibilitado defini-la como teleológica (Frezzatti Junior, 2004b).

A luta nietzschiana é uma luta sem trégua: ela expressa-se exatamente como troca de comando e como variação da capacidade de dominar, o que implica em uma delimitação sempre flutuante da intensidade da força de cada oponente. Os seres vivos são constituídos por uma pluralidade de forças e a constante produção de células causa uma alteração contínua da relação de forças e, em consequência, das relações de domínio: o centro de domínio sempre se desloca. “A ausência de luta”, segundo Nietzsche, “é a própria morte”. (Frezzatti Junior, 2004b, p.230)

Ainda em relação a essa divergência entre as concepções de luta tratadas por Nietzsche e Darwin, o filósofo acredita que uma noção de utilidade se faz presente na teoria darwiniana, contrapondo-se ao fato de que o aparecimento de um órgão seja explicado por sua serventia e atribuindo um caráter teleológico para as explicações do naturalista acerca da importância de um órgão e/ou estrutura me-

diante as condições exigidas durante a “luta pela sobrevivência” (Frezzatti, 2007).

Darwin, para o filósofo alemão, introduz uma teleologia ao indicar a utilidade futura de uma estrutura na luta pela existência. Por isso, aponta o erro na conclusão darwiniana: se as novas características existissem para alcançar um objetivo, como acredita que Darwin pensa, seriam mantidas aquelas que sempre fossem úteis. (Frezzatti, 2007, p.461)

Embora, para Nietzsche, os pensamentos darwinianos se embasem em premissas irrefutavelmente teleológicas, procuramos evitar essa dualidade tão marcada pela literatura e destacamos a possibilidade de haver uma convergência pontual entre os modos nietzschiano e darwiniano de entender a história da seleção, evidenciada em uma teleologia adventícia e não aristotélica (Caponi, 2009).

Para fundamentarmos essa inferência, buscaremos subsídios em *A origem das espécies*:

O exemplo da bexiga natatória nos peixes é deveras interessante, uma vez que nos mostra um fato muito importante: um órgão inicialmente formado para uma finalidade específica, a flutuação, que passa com o tempo a ter outra função completamente distinta, ou seja, a respiração. Tal órgão ainda funciona como um acessório do sistema auditivo de alguns peixes, ou talvez seja o contrário, isto é, uma parte do aparelho auditivo funciona como complemento da bexiga natatória; na realidade não sei qual dos dois pontos de vista é o mais aceito hoje em dia. Todos os fisiologistas concordam que a bexiga natatória seja homóloga ou “teoricamente semelhante”, no que diz respeito à posição e à estrutura, aos pulmões dos vertebrados superiores; então fica fácil admitir que a Seleção Natural tenha efetivamente transformado essa bexiga natatória, em um pulmão, *órgão específico e exclusivo da respiração*. (Darwin, 2004, p.253-4, grifo nosso)

A seleção natural não opera retendo ou eliminando combinações eventuais de elementos que “surgem” ao acaso, mas atua em estruturas preexistentes que, em geral, são resultados de um processo seletivo anterior. Esse mesmo raciocínio pode ser tomado quando nos referimos à evolução do olho, cuja função primariamente era apenas a de distinguir claro e escuro. Não importa a qual estrutura nos referimos, o raciocínio sempre será o mesmo: ela deve ter tido uma função vital no ciclo de vida de seus portadores, não significando que essa função se tornou inerente a esse órgão (Caponi, 2009). Para Nietzsche, “a evolução de uma coisa, de um costume, de um órgão, não é uma progressão para um fim, e menos uma progressão lógica e direta realizada com o mínimo de forças e gastos” (Caponi, 2009, p.23, tradução nossa).

É claro que a perspectiva darwiniana considera que cada uma das etapas da história evolutiva de um órgão ou de um instinto segue a lógica econômica de maximizar os lucros adaptativos com o mínimo de investimento energético e o resultado final de uma série de “passos aleatórios” conduzidos pela seleção natural que, nesses termos, gera uma trajetória “zigzagueante” que pouco tem de lógica ou de progressiva (Caponi, 2009).

Assim, fica claro que, tanto para Nietzsche quanto para Darwin, não se trata de negar a utilidade e a finalidade de um órgão nem que os mesmos tenham funções respectivas. Trata-se de reconhecer que as funções que uma estrutura exerce em determinado momento da história não são inerentes a ela, ou seja, não estão registradas em nada que pudéssemos caracterizar como sua essência (Caponi, 2009).

Todavia, não podemos reduzir as críticas nietzschianas à seleção natural ao dissenso presente no conceito de vida expresso pelo filósofo e pelo naturalista inglês. Desse modo, se faz necessário compreender o conceito darwiniano e desmembrá-lo nos três aspectos atacados por Nietzsche.

Em *A origem das espécies*, Darwin (2004, p.146) define seleção natural com as seguintes palavras: “É a essa preservação das variações favoráveis e à eliminação das variações nocivas que denomino

seleção natural ou sobrevivência do mais forte”. Essa definição, como nos lembra Frezzatti Junior (2007), possui três aspectos essenciais que são criticados por Nietzsche, a saber: o processo (preservação/eliminação); o que sofre o processo (as variações presentes nos seres vivos); e a característica daquilo que sofre o processo (favoráveis/nocivas).

Retomando a definição darwiniana para a seleção natural, encontramos a principal diferença entre a teoria evolutiva de Darwin e as que foram propostas anteriormente por naturalistas e filósofos: o papel central das variações presentes nos organismos. Enquanto seus predecessores consideravam as variações como distúrbios do plano geral de uma espécie, Darwin as compreendeu como a matéria-prima do processo evolutivo. Nesse ponto, a luta pela sobrevivência se revela como a chave do mecanismo evolutivo darwiniano, visto que a diferença entre os organismos que sobrevivem e se reproduzem com sucesso daqueles que não o fazem reside no processo interativo entre as variações e o meio ambiente. Assim, encontramos na natureza variações que possibilitam que os seres vivos sobrevivam por mais tempo e gerem um número maior de descendentes, assim como variações que inviabilizam a sobrevivência e a reprodução destes (Ridley, 2006).

Considerando um grande período de tempo, a seleção natural pode conduzir a um acúmulo de variações que diferenciam os grupos de organismos entre si e, nesse processo, as espécies surgem quando, no decorrer de muitas gerações, as diferenças são gradualmente convertidas de intragrupos para intergrupos. A continuação desse processo de divergência no transcorrer de milhões de anos resultou na grande diversidade de seres vivos encontrada hoje (Ridley, 2006).

A esse processo de acúmulo e supressão de variações ao longo do tempo por meio da seleção natural, Nietzsche confronta a problemática da hereditariedade, isto é, a transmissão de características dos organismos à prole, dado que a hereditariedade apresenta-se como um elemento inconstante, caprichoso (Frezzatti Junior, 2007).

Todavia, a questão da hereditariedade não é um elemento exclusivo do pensamento nietzschiano, visto que ela constituiu uma

das objeções mais sofisticadas contra a teoria originalmente formulada por Darwin, sendo essa contestação realizada por adeptos e não adeptos da teoria darwiniana. Esse ponto fraco – a ausência de uma teoria satisfatória para explicar a hereditariedade – foi sanado somente na segunda metade do século XX, momento em que os trabalhos de Gregor Mendel foram (re)descobertos e ocorreram grandes avanços na área da Genética. O desenvolvimento da Genética nos possibilitou responder a três questões que Darwin não pudera esclarecer em sua obra, dadas as condições científico-tecnológicas de sua época, a saber: 1) como as características hereditárias são transmitidas de uma geração a outra; 2) por que as características hereditárias não são meros frutos de “misturas” e como as mesmas podem desaparecer em uma geração e reaparecer em outra; e, 3) como surgem as variações sobre as quais atua a seleção natural (Moore, 2006; Ridley, 2006).

Além disso, segundo a compreensão nietzschiana, os tipos diferenciados não preponderam, dado que os tipos extremos unem-se aos demais e, conseqüentemente, tais características extremadas são diluídas na multidão. Nesse contexto, não há o acúmulo de variações ao longo do tempo, mas a manutenção de algo já estabelecido (Frezzatti Junior, 2007).

A crítica nietzschiana também questiona o mecanismo de favorecimento e eliminação de características que poderiam auxiliar ou prejudicar os organismos na luta pela sobrevivência, corroborando novamente a manutenção de um tipo já estabelecido. Ainda nesse aspecto, segundo Nietzsche, o acaso auxilia tanto os fortes como os fracos na luta pela sobrevivência e, retomando o conceito de “forte” expresso pelo filósofo, constatamos que este é uma exceção e, dadas as suas características, ele não busca sua conservação e tende a sucumbir em meio à multidão indiferenciada. O forte nietzschiano não gera uma prole com características similares às suas, nos levando, novamente, à manutenção de um tipo já estabelecido (Frezzatti Junior, 2004b, 2007).

Essa característica do pensamento nietzschiano nos levaria a um estado de estagnação biológica que nos impossibilitaria explicar

a existência da grande diversidade biológica. Entretanto, ao retomamos o conceito nietzschiano de vida, encontramos uma possível solução para esse problema: assumindo-a como expressão da luta de impulsos por maior potência, podemos considerar que, ao longo desse embate por dominação, os impulsos intensificam-se e superam-se, possibilitando a transição de uma espécie a outra. Nessa perspectiva, Nietzsche ratifica a superioridade do interior – isto é, dos impulsos que compõem o organismo e que se encontram em luta por maior potência – sobre o ambiente que, aos olhos do filósofo, foi demasiadamente destacado por Darwin (Moore, 2006; Frezzatti, 2007).

## **O “duelo” entre Nietzsche e Darwin: evitando categorizações e julgamentos**

Já que procuramos explicar e discutir as aproximações e os distanciamentos entre aspectos da filosofia de Nietzsche e da teoria da seleção natural de Darwin sem o intento de categorizar o filósofo como darwinista ou não darwinista, algumas considerações podem ser obtidas a partir de um trecho de *Genealogia da moral*: “Todos os conceitos, nos quais se colige semioticamente um processo inteiro, esquivam-se à definição: definível é somente aquilo que não tem história” (Nietzsche, 1998, p.68, apud Frezzatti Junior, 2009, p.66).

Essa questão remonta ao início do século XX, momento em que trabalhos a respeito das relações entre Nietzsche e Darwin começam a aflorar. Dentre estes, podemos citar *Nietzsche et les théories biologiques contemporaines*, de Claire Richter, que, segundo Moore (2006) e Frezzatti Junior (2010), foi a pioneira em abordar tal temática. Entretanto, se Richter foi a primeira a tratar de maneira sistematizada as possíveis aproximações entre o filósofo e o naturalista, ela também foi a primeira a estigmatizar Nietzsche como lamarckista ou, nas palavras da autora, como lamarckista-inconsciente (Moore, 2006; Frezzatti Junior, 2010).

Em seu trabalho, Richter (1911), citada por Frezzatti Junior (2010, p.71), conclui: “as numerosas passagens em que se manifesta o evolucionismo de Nietzsche nos autorizam a considerá-lo discípulo, embora semi-inconsciente, de Lamarck” e “estamos, portanto, autorizados a considerar Nietzsche como partidário da teoria da hereditariedade dos caracteres adquiridos e a declará-lo devido a isso discípulo de Lamarck”. Todavia, como nos lembra Frezzatti Junior (2010), as conclusões apresentadas por Richter evidenciam o esforço da autora em classificar Nietzsche como lamarckista, visto que essa categorização do filósofo permite enquadrá-lo como um dos defensores da eugenia. Voltamos a reafirmar que essa imposição de valores e de qualificações acaba por gerar, na grande maioria das vezes, conflitos e controvérsias entre os diversos autores. Desse modo,

Se quisermos afirmar o caráter darwinista de um filósofo ou de um pensador, devemos designar exatamente quais os aspectos envolvidos nessa afirmação e considerá-los como resultado de processos históricos ainda em andamento. É inadequado o uso de categorias generalistas no estudo do pensamento humano. Ao invés de investigarmos esses temas através das classificações gerais das personagens, devemos trabalhar com a trama conceitual específica de cada um deles. (Frezzatti, 2009, p.66)

Assim, nosso intuito neste trabalho não é terminá-lo concluindo se Nietzsche foi ou não darwinista, mas sim tentar clarificar pontos de convergência e de distanciamento entre eles, tendo cautela para não fundir ou dicotomizar aspectos complexos das obras de ambos. Acreditamos que o ponto de partida da oposição reiterada pela literatura entre o filósofo e o naturalista inglês advém da forma de interpretação que muitos leitores atribuem aos pensamentos e colocações nietzschianas. A contundência, a complexidade e as próprias provocações de sua obra, fizeram com que a mesma se tornasse vulnerável a mal-entendidos e apropriações indevidas (Frezzatti, 2004a).

Isso fica claro quando nos deparamos com a sua associação a algumas ideias incompatíveis com seus próprios textos. Quero dizer da identificação da filosofia nietzschiana com a eugenia, com o darwinismo e, mais recentemente, com a fundamentação da democracia. (Frezzatti, 2004a, p.222)

Vale ressaltar que o dissenso presente na literatura não advém somente da complexidade do legado nietzschiano, mas também da própria compreensão do termo “darwinismo”. Tal conceito tem se mostrado problemático desde o século XX, visto que pode abarcar uma multiplicidade de significados dependendo do contexto em que é expresso e dos ideais de quem o expressa (Botha, 2001). Assim, essa polissemia do termo “darwinismo” pode envolver desde o próprio conceito de evolução por seleção natural proposta por Darwin assim como pode assumir as várias distorções impostas à teoria darwiniana:

Greene indica seis maneiras pelas quais o darwinismo foi definido: teoria da evolução; teoria da evolução orgânica através de variação aleatória, luta pela existência e seleção natural; teoria da seleção natural versus teorias rivais; filosofia da ciência; darwinismo social e visão de mundo (cf. Bizzo, 1991, p.41). Mayr aponta nove sentidos para o darwinismo: teoria da evolução de Darwin, evolucionismo, anti-criacionismo, anti-ideologia, selecionismo, evolução variacional, credo dos darwinistas, visão de mundo e metodologia (cf. Mayr, 1991, p.92-105). (Frezzatti Junior, 2009, p.56)

Assim, toda fundamentação que buscamos para desenvolver este trabalho construiu-se com o intuito de nos armarmos com argumentos suficientes para elucidar os leitores de que tanto Nietzsche quanto Darwin representam marcos históricos na Filosofia e na Biologia respectivamente, e devem ser “tratados” com a complexidade exigida pelos seus pensamentos. Gostaríamos de evitar aproximações forçadas porque, através das mesmas, busca-se, necessariamente, a fundamentação de inferências pontuais. Devemos

olhar para as obras nietzschiana e darwiniana de maneira sistêmica, evitando a apropriação de trechos destacados de seus contextos, tratando-os como axiomas únicos de suas obras.

Contudo, Nietzsche não pode ser personificado como lamarckista porque trabalhou um conceito de sua obra aproximando-se dos pressupostos lamarckianos. Isso, a nosso ver, desprestigia a complexidade do trabalho do filósofo, uma vez que o mesmo é fragmentado para sustentar uma analogia e/ou categorização, muitas vezes de cunho pessoal. Assim, faz-se necessário compreender os pensamentos tanto de Nietzsche quanto de Darwin através de um olhar sistêmico, complexo e epistemológico, considerando as múltiplas perspectivas a que uma interpretação pode subjazer.

## Referências bibliográficas

- BIRX, H. J. Nietzsche, Darwin and evolution. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTS AND HUMANITIES. Honolulu, 2003. *Anais...* Honolulu: Sheraton Waikiki Hotel, 2003. p.1-9. Disponível em <<http://www.hichumanities.org/AHPProceedings/JamesBirx.pdf>>. Acesso em 11/1/2011.
- BORGES, M. A. Nietzsche e a noção de corpo. *Trilhas Filosóficas (Caicó)*, v.1, n.2, p.114-26, jul.-dez. 2008.
- BOTHA, C. F. Nietzsche and evolutionary theory. *Phronimon (Pretoria)*, v.3, n.1, p.1-27, 2001.
- CAPONI, G. História del ojo: Nietzsche para darwinianos, Darwin para nietzscheanos. *Temas & Matizes (Cascavel)*, n.15, p.10-26, 2009.
- DARWIN, C. *A origem das espécies*. São Paulo: Martin Claret, 2004. 639 p.
- FREZZATTI JUNIOR, W. A. A superação da dualidade cultura/biologia na filosofia de Nietzsche. *Tempo da Ciência (Toledo)*, v.11, n.22, p.115-35, set. 2004a
- \_\_\_\_\_. Equívocos a respeito de Nietzsche: o darwinismo, a eugenia e a democracia pós-moderna. *Ethica (Rio de Janeiro)*, v.11, n.1, p.221-37, 2004b.

- FREZZATTI JUNIOR, W. A. A relação entre Filosofia e Biologia na Alemanha do século XIX: a interpretação nietzschiana da seleção natural de Darwin a partir das teorias neo-lamarckistas alemãs. *Filosofia e História da Biologia (São Paulo)*, v.2, n.4, p.457-65, 2007.
- \_\_\_\_\_. Os sentidos do darwinismo. *Temas & Matizes (Cascavel)*, n.15, p.55-68, 2009.
- \_\_\_\_\_. A construção da oposição entre Lamarck e Darwin: o caso de um estudo de 1911 sobre a relação de Nietzsche com as teorias biológicas de sua época. In: IV SEMINÁRIO DE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA. Ilhéus, 2010. *Anais...* Ilhéus: UESC, 2010. p.1-11.
- MENEGAT, C. Os pensadores que influenciaram a política da eugenia do nazismo. *A MARgem (Uberlândia)*, v.1, n.2, p.66-73. jul.-dez. 2008.
- MOORE, G. Nietzsche and evolutionary theory. In: PEARSON, K. A. (Org.). *A companion to Nietzsche*. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. cap.28, p.517-31.
- NIETZSCHE, F. W. Crepúsculo dos ídolos ou como filosofar com o martelo. In: NIETZSCHE, F. W. *Obras incompletas*. Seleção Gérard Lebrun. Trad. e notas Rubens Rodrigues Torres Filho. 2.ed. São Paulo: Abril Cultural, 1978. p.335-52. (Coleção Os Pensadores, 31).
- NIETZSCHE, F. W. *Ecce Homo*. São Paulo: Martin Claret, 2007. 125p.
- RIDLEY, M. *Evolução*. 3.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2006. 752p.

# 8

## INTERAÇÕES DISCURSIVAS EM SALA DE AULA E INDICADORES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NOS ANOS INICIAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

*Jair Lopes Junior*<sup>1</sup>

*Fabiana Maris Versuti-Stoque*<sup>2</sup>

A literatura em ensino de Ciências sustenta considerável acervo de investigações sobre a importância da alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental. No âmbito do presente capítulo, admite-se que a alfabetização científica designa um conjunto de ações, com graus variados de sistematizações e de planejamentos, que priorizam promover o contato de alunos com conhecimentos da cultura científica e de suas especificidades. Por seu turno, esse contato deve priorizar o desenvolvimento, pelos alunos, de repertórios de resolução, de tomada de decisão e de argumentação sobre temas e empreendimentos científicos, sobre seus desdobramentos, em particular as tecnologias dispostas na sociedade.

- 
1. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus Bauru.
  2. Doutora em Educação para a Ciência junto ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus Bauru.

Vinculada ao reconhecimento da importância da alfabetização científica encontra-se a crescente consideração das interações discursivas em sala de aula como dimensão crítica e relevante para os processos de construção do conhecimento científico na escola. Em linhas gerais, a literatura sustenta a importância das dimensões linguística e interativa na construção de significados e no tratamento de questões históricas, filosóficas, conceituais e metodológicas no ensino de conteúdos das Ciências Naturais. Admite-se que as interações discursivas apresentam-se como elemento imprescindível para a identificação de indicadores da ocorrência da alfabetização científica (Auler & Delizoicov, 2001; Bybee, 1995; Capecchi & Carvalho, 2000; Carvalho & Lima, 1998; Erduran, 2006; Laugksch, 2000; Lorenzetti & Delizoicov, 2001; Martins, 2007; Monteiro & Teixeira, 2004; Naylor, Keogh & Downing, 2007, Sasseron, 2008; Sasseron & Carvalho, no prelo).

Dessa forma, registrar as interações discursivas, em especial, identificar a ocorrência de interações compatíveis com a modalidade argumentativa dos discursos (Cohen & Martins, 2009; Martins, 2007), representa uma possibilidade de compreender o que tais interações nos dizem sobre o processo da alfabetização científica.

Estudos recentes (Sasseron, 2008; Sasseron & Carvalho, 2009; Sasseron & Carvalho, no prelo) demonstraram a ocorrência de um ciclo de argumentação que define a presença de indicadores de alfabetização científica por meio de sequências didáticas planejadas e aplicadas em sala de aula, orientadas por três eixos estruturantes desse processo, a saber, a compreensão de conceitos e de termos básicos das ciências, a compreensão da natureza das ciências e a compreensão das relações entre os conhecimentos das ciências, suas tecnologias, a sociedade e o meio ambiente. Esses estudos evidenciaram que a proposição de indicadores da alfabetização científica e a utilização dos mesmos permitiram perceber de que modo as interações discursivas se desenvolvem e adquirem complexidade ao longo das discussões sobre temas científicos.

No âmbito da formação inicial de docentes que atuarão nos anos iniciais da educação básica, licenciandos em Pedagogia desenvolvem atividades curriculares em sala de aula ministrando conteúdos de Ciências Naturais.

Assim, caberia indagar: seria possível identificar indicadores de alfabetização científica considerando as atividades planejadas e realizadas pelos licenciandos no contexto das disciplinas curriculares de práticas de ensino e os desempenhos dos alunos a partir da análise das interações discursivas em sala de aula?

Em relação à investigação de processos de aprendizagens profissionais da docência, o objetivo do presente capítulo consistiu, fundamentado numa perspectiva pragmática (Gottschalk, 2007; Moreno, 2005; Rorty, 2002; 1998), em analisar em que extensão as interações discursivas registradas na execução das atividades curriculares de prática de ensino por licenciandos em Pedagogia evidenciariam a presença de possíveis indicadores de alfabetização científica, bem como caracterizar as condições de interação nas quais os mesmos foram constatados.

## Metodologia

A proposta metodológica foi estruturada visando à:

- Caracterização do planejamento e a execução das aulas de Ciências.
- Identificação e caracterização de possíveis indicadores de alfabetização científica emitidos na interação dos alunos com as condições de ensino dispostas pelos licenciandos.
- Realização de análises interpretativas das medidas comportamentais dos indicadores de alfabetização científica, a partir das interações discursivas registradas.

Para tal proposta, as seguintes condições de investigação foram necessárias:

- Proposta metodológica que permitisse o acesso aos registros de planejamento das aulas.
- Acesso aos registros das interações discursivas ocorridas por ocasião da execução das aulas planejadas.
- Acesso às medidas comportamentais de possíveis indicadores.

Participaram do estudo duas alunas de Pedagogia, regularmente matriculadas em instituição de ensino superior pública do interior do Estado de São Paulo.

O delineamento deste estudo foi estruturado em duas etapas.

### **Etapa 1 – Registro da sequência didática**

Esta etapa foi subdividida em duas fases:

- Etapa 1/Fase 1 – Registro em vídeo das aulas da sequência didática.
- Etapa 1/Fase 2 – Transcrição das aulas ministradas e seleção de interações discursivas (Cohen & Martins, 2009; Giordan, 2007; Giordan & Posso, 2009; Martins, 2007).

Nesta fase foi realizada a transcrição das aulas de Ciências Naturais ministradas pela dupla e a seleção das interações discursivas (episódios de ensino), almejando identificar e caracterizar possíveis indicadores de alfabetização científica.

Os episódios de ensino selecionados apresentavam as transcrições das aulas ministradas e foram divididos em intervalos de tempo que contemplavam sequências de interações discursivas da dupla com os alunos delimitadas pelos conteúdos específicos trabalhados.

## Etapa 2 – Atividades de interpretação das interações discursivas

Nesta etapa, os pesquisadores adotaram um recurso metodológico que permitiu analisar as interações discursivas (entre licenciandas e os alunos) registradas durante a realização da sequência didática.

O procedimento de análise utilizado para caracterizar possíveis indicadores de alfabetização científica enfatizou a relação entre as ações das licenciandas, as medidas comportamentais dos alunos (possíveis indicadores de alfabetização científica) diante ou precedidas por tais ações e os eventos subsequentes registrados após a apresentação de tais medidas.

O Quadro 1 foi elaborado para cada episódio de ensino registrado na etapa anterior.

Quadro 1 – Modelo de interpretação funcional dos episódios de ensino

	<b>Condições antecedentes</b>	<b>Possíveis indicadores</b>	<b>Eventos subsequentes</b>
<b>Episódios</b>	Práticas de ensino dispostas pelas licenciandas diante das quais ocorreram os possíveis indicadores.	Medidas de desempenho dos alunos estimadas relevantes para compreensão da interação entre as condições de ensino dispostas pelas licenciandas e o desempenho dos alunos.	Ações das licenciandas que se seguiram à emissão das medidas de desempenho dos alunos selecionadas no episódio.
1			
2			
...			

## Resultados: descrição e análise

O primeiro conjunto de dados consistiu nas análises previstas na Etapa 1. Nesses termos, ocorreu a descrição dos registros em vídeo do desenvolvimento dessa sequência em sala de aula, visando verificar se as práticas de ensino planejadas pelas licenciandas favoreceriam a emissão de indicadores.

O segundo conjunto concentrou ênfase na atividade de interpretação funcional das interações discursivas registradas nas etapas anteriores, almejando a caracterização de possíveis indicadores de alfabetização científica.

### Etapa 1 – O desenvolvimento do projeto temático da área de Ciências Naturais

A etapa foi dividida em duas fases:

- *Etapa 1/Fase 1 – Registro em vídeo das aulas ministradas referentes à sequência didática da área de Ciências Naturais*

A proposta de sequência didática apresentada compreendia três aulas consecutivas sobre o tema agricultura com foco nos impactos ambientais causados pelas práticas da monocultura agrícola.

Sendo importante destacar que as licenciandas optaram por um tema com relevância científica e implicações ambientais incontesteáveis com incidência direta na região geoeconômica de todas as pessoas envolvidas na situação de coleta de dados (alunos, professora, licenciandas e pesquisadora).

O tema selecionado pela dupla permitiria estimular discussões em sala de aula que se mostrariam condição relevante para o desenvolvimento de repertórios (argumentos, reflexões, inferências) sobre influências mútuas existentes entre os conhecimentos científicos, os recursos tecnológicos vinculados a tais conhecimentos, a sociedade organizada em torno desses conhecimentos e artefatos tecnológicos e o meio ambiente.

As aulas foram ministradas para uma turma com 35 alunos, da 4ª série/5º ano do ensino fundamental de uma escola estadual do interior do Estado de São Paulo.

No total, foram quatro horas e trinta minutos de gravação contemplando o desenvolvimento das três aulas previstas na sequência didática.

Os registros focalizaram a interação da dupla com os alunos, ou seja, as condições de ensino dispostas pelas futuras professoras e os comportamentos dos alunos apresentados nessa interação.

- *Etapa 1/Fase 2 – Seleção e transcrição das interações discursivas (Episódios de ensino)*

Nesta fase, houve a seleção e a transcrição dos episódios de ensino da sequência didática executada pelas licenciandas, buscando identificar e caracterizar os possíveis indicadores, a partir da análise de interações discursivas apresentadas nas aulas ministradas.

Para tal atividade, os pesquisadores assistiram aos vídeos das aulas e editaram trechos das gravações. A edição dos trechos, sob a forma de episódios, consistiu na seleção de intervalos (períodos) ininterruptos com duração variada delimitados por conteúdos específicos apresentados pela dupla.

Seguem a seguir as principais características da interação da dupla com os alunos nos episódios de ensino selecionados.

### *Aula 1 – Episódio 1*

Nesse episódio, a dupla interagiu com os alunos por meio de questionamentos orais para toda a turma, sendo que tais questões produziram respostas orais dos alunos sobre o reconhecimento de produtos derivados da cana-de-açúcar.

Cumprе salientar que os questionamentos orais elaborados pela dupla, expostos de modo intermitente junto com a exposição oral de conteúdos factuais no multimídia, prescindiram da exploração ou investigação das possíveis justificativas para as respostas fornecidas pelos alunos, ou seja, a dupla emitiu as perguntas e, após as

respostas, indicavam se estavam “certas” ou “erradas”, direcionando a exposição do conteúdo.

#### *Aula 1 – Episódio 2*

A dupla iniciou a exposição neste episódio afirmando que a prática da monocultura traz danos ao meio ambiente e apresentou, oralmente, de modo diretivo e centralizado na argumentação das licenciandas, os efeitos da monocultura e possíveis soluções para os problemas gerados.

Assim, as práticas da dupla estiveram concentradas na imposição oral de conteúdos conceituais e factuais prescindindo da apresentação de ilustrações de conceitos importantes, por exemplo, o desgaste da terra. Além disso, a imposição de informações mostrou-se independente de características dos repertórios prévios das crianças. De modo recorrente, tais práticas das licenciandas se constituíram em condição diante da qual foram verificadas respostas orais dos alunos de concordância com os conteúdos expostos.

#### *Aula 1 – Episódio 3*

Neste episódio, a dupla manteve a prática de exposição oral dos conteúdos, exigindo dos alunos a recordação dos conteúdos apresentados, sem explorar possíveis desdobramentos das respostas orais dos alunos que poderiam favorecer o aprendizado dos conteúdos expostos (ampliar, questionar, problematizar asserções).

#### *Aula 1 – Episódio 4*

A dupla apresentou aos alunos os conteúdos sobre a extinção dos animais causados pela prática da monocultura, exigindo dos estudantes respostas orais diretamente relacionadas com os conteúdos expostos.

#### *Aula 1 – Episódio 5*

A dupla expôs uma inferência sobre relações entre eventos, no caso, que a presença de árvores não permitiria a ocorrência do fenô-

meno da erosão. Contudo, omitiu condições para a obtenção de respostas dos alunos indicativas da compreensão dos conteúdos expostos.

#### *Aula 1 – Episódio 6*

Neste episódio, as licenciandas nomearam diversos conteúdos conceituais relacionados com a contaminação do solo e dos alimentos decorrentes do uso inadequado de agrotóxicos e fertilizantes nas plantações. Nesse sentido, as licenciandas expuseram asserções prontas, usualmente explicitadas em livros didáticos e prescindiram de explorar a elaboração verbal dos alunos sobre os eventos envolvidos nas relações entre diversos conteúdos apresentados, limitando o valor informativo das medidas de desempenho dos alunos que poderiam ser obtidas.

#### *Aula 1 – Episódio 7*

Neste episódio houve a retomada, pela dupla, da descrição dos impactos ambientais expostos ao longo da aula, a fim de facilitar a memorização dos conteúdos pelos alunos e contextualização dos fenômenos tratados com ocorrências do cotidiano das crianças.

#### *Aula 2 – Episódio 1*

Neste episódio, a dupla utilizou como prática de ensino a exposição dos alunos à leitura do texto. Entretanto, uma das licenciandas realizou a leitura do texto, pois julgou que a maioria dos alunos não possuía tal repertório e optou por evitar possíveis constrangimentos nos alunos. Em alguns momentos, indagava sobre aspectos do que havia sido lido, almejando estimular a participação das crianças. Contudo, não explorou as respostas fornecidas diante das indagações e manteve a prática de apresentar todo o conteúdo planejado.

#### *Aula 2 – Episódio 2*

Houve a descrição da realização do exercício proposto pelas licenciandas, no qual os alunos deveriam responder a duas perguntas

por escrito. As ações da dupla concentraram-se em responder às dúvidas dos alunos, reapresentando os conteúdos já expostos ao longo das aulas, que não foram memorizados pelos alunos.

### *Aula 3 – Episódio 1*

Este episódio descreveu a prática do jogo de percurso, destacando as principais ações da dupla, que se resumiram em: a) explicar oralmente as regras do jogo; b) ler as informações expressas no jogo (conteúdos expostos pela dupla em aulas anteriores); c) interpretar para os alunos os relatos expostos no jogo, e d) indicar quando os alunos deveriam “avançar e retroceder” casas.

Diante de tais práticas, verificou-se uma expressiva restrição de possíveis funções instrucionais do jogo.

### *Aula 3 – Episódio 2*

Este episódio retratou a produção de cartazes, na qual as crianças deveriam expor, no formato de cartazes, os conteúdos trabalhados. Entretanto, a dupla, além de explicar a atividade, nomeou os conteúdos tratados para os alunos, no caso, os impactos ambientais causados pela monocultura.

- *Etapa 2 – Atividades de interpretação das interações discursivas*

Os resultados desta etapa foram obtidos a partir das atividades de análise interpretativa das interações discursivas (Versuti-Stoque, 2011) registradas anteriormente para cada um dos episódios de ensino selecionados.

O objetivo principal desta etapa foi a realização de interpretações funcionais das interações discursivas registradas, visando à identificação e à caracterização de possíveis indicadores de alfabetização científica.

Para tal proposta, foram elaborados quadros que descreviam, para cada um dos episódios anteriores mencionados, os itens dispostos nas colunas do Quadro 1.

O Quadro 2 mostra um trecho elaborado para o Episódio 1 – Aula 1.

Essa atividade de interpretação foi realizada com os 11 episódios de ensino selecionados na etapa anterior e permitiu identificar as principais características das práticas de ensino diante das quais as verbalizações dos alunos foram emitidas.

Vale destacar, como características recorrentes das práticas de ensino adotadas pelas licenciandas, que a dupla prescindiu da exploração dos conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, tais conhecimentos, embora objetos de indagação explícita, não alteraram a apresentação dos conteúdos planejados. Além disso, verificou-se o excesso de conteúdos conceituais impostos às crianças sem indicadores de que estas emitiam as respostas ou medidas esperadas de aprendizagem, ou seja, os relatos orais das crianças não traduziam medidas de aprendizagem. Além disso, a verbalização exposta na última linha do Quadro 2 ilustra a realização de sínteses e de integração de informações recorrentemente efetuadas pelas licenciandas. Tais ações das licenciandas retiravam delas as oportunidades para ampliar a investigação dos efeitos das práticas apresentadas no repertório dos alunos, ou seja, considerando a importância de tais sínteses e integrações, o que justifica apresentá-las prontas aos alunos, fortalecendo a ênfase na memorização? O que justifica a não adoção de estratégias para ampliar as possibilidades de os próprios alunos evocarem as sínteses e integrações almejadas?

O Quadro 3 ilustra a ocorrência da excessiva concentração de informações fornecidas pelas licenciandas nas interações, restringindo sobremaneira as possibilidades de exploração das aprendizagens esperadas dos alunos.

Quadro 2 – Trecho da edição do Episódio 1 – Aula 1, de acordo com o modelo de interpretação funcional.

Condições antecedentes	Possíveis indicadores	Eventos subsequentes
<i>PED 2</i> : De onde vem? A garapa, o açúcar e a rapadura?	<i>A2 e A4</i> : Da cana-de-açúcar.	<i>PED 2</i> : Da cana-de-açúcar.
<i>PED 2</i> : ... (Mostra figura de uma bomba de combustível).	<i>A2</i> : Gasolina. <i>A3</i> : Álcool, tia.	<i>PED 2</i> : Aqui é para representar o álcool. E o álcool vem?
<i>PED 2</i> : Aqui é para representar o álcool. E o álcool vem?	<i>A2</i> : Da cana.	<i>PED 2</i> : Da cana-de-açúcar. Agora a gasolina é do petróleo. Então, todos estes produtos que a gente mostrou vêm da cana-de-açúcar. Por que a gente trouxe isso?
<i>PED 2</i> : Da cana-de-açúcar. Agora a gasolina é do petróleo. Então, todos estes produtos que a gente mostrou vêm da cana-de-açúcar. Por que a gente trouxe isso? Pra vocês saberem que é usado no nosso dia a dia, esses produtos. O que a gente planta, a gente usa, certo? O café. Não tem a bebida café? E o trigo? No que a gente usa?	<i>A4</i> : Para fazer pão.	<i>PED 2</i> : Isso. E, geralmente, quando planta cana-de-açúcar, é isso que tem. (Mostra <i>slide</i> com uma plantação de cana-de-açúcar.)
<i>PED 2</i> : Isso. E geralmente quando planta cana-de-açúcar, é isso que tem. (Mostra <i>slide</i> com uma plantação de cana-de-açúcar.)	<i>A4</i> : Monocultura.	<i>PED 2</i> : Isso mesmo. Não tem outros tipos de culturas. <i>PED 1</i> : Lembra que a gente falou na outra aula (aula de Geografia ministrada pela dupla) que existe a plantação comercial, que seria a monocultura? O que é produzido é mandado para as indústrias, o que é plantado nesses grandes latifúndios vai para as indústrias, onde faz o álcool, o açúcar, todos esses produtos que a gente viu.

Quadro 3 – Trecho da edição do Episódio 7 – Aula 1 de acordo com o modelo de interpretação adotado.

Condições antecedentes	Possíveis indicadores	Eventos subsequentes
<p><i>PED 1:</i> Isso. Então, o que acontece quando tem a queimada da cana? O fazendeiro coloca fogo na cana para ser mais fácil de colher, então ela fica mais seca, mais fácil de se cortar. Só que essa prática já está proibida em certas épocas do ano, aqui na nossa região, por que o que acontece? É queimada uma grande área de cana, e é liberada aquela fumaça preta, alguém já viu aquela fumaça preta?</p>	<p>A2/A3: Eu já.</p>	<p><i>PED 1:</i> Aquilo não faz mal pra nossa saúde? A gente não fica tossindo? Fica com o olho ardendo? O que acontece?</p>
<p><i>PED 1:</i> Aquilo não faz mal pra nossa saúde? A gente não fica tossindo? Fica com o olho ardendo? O que acontece? Esses gases são liberados no ar e prejudica a saúde dos animais, das plantas e do homem. Então, essa prática também é um impacto ambiental. Olha só as fotos (aponta <i>slide</i>), a fumaça, as folhinhas pretas que caem na nossa casa, suja os móveis, é porque estão queimando cana aqui próximo. Essa fumaça (aponta <i>figura</i>) vai tudo pro ar, causando o efeito estufa, alguém já ouviu falar do efeito estufa?</p>	<p>A2: Eu já.</p>	<p><i>PED 1:</i> Já, por isso que fica tão quente.</p>

(cont.)

*(continuação)*

Condições antecedentes	Possíveis indicadores	Eventos subsequentes
<p><i>PED 1:</i> Já, por isso que fica tão quente.</p> <p><i>PED 2:</i> Aquece, né, aquece toda a cidade, já é quente em ..., imagina quando tem queimada é todo um aquecimento.</p> <p><i>PED 1:</i> Olha aqui nessa foto (aponta figura) tem um cortador de cana todo protegido, tem toda uma fumaça perto dele, olha só, se prejudica a nossa saúde, a gente que tá longe, imagina ele que tá perto. Então, tudo isso é a parte ruim da monocultura, os impactos causados na natureza. Agora, já é o intervalo, quando a gente voltar, a gente vai entregar uma folhinha para vocês, falando dos agrotóxicos e outra atividade.</p>	<p>A2/A3: Ah, ah.</p>	<p><i>PED 1:</i> Vocês gostaram dos fotos?</p> <p><i>PED 1:</i> Alguém tem alguma pergunta? Pessoal do fundo, quer fazer alguma pergunta?</p> <p>Os alunos não respondem e ficam dispersos esperando a saída para o recreio.</p>

Além das características de interação salientadas nos Quadros 2 e 3, o modelo adotado de interpretação das interações discursivas permitiu constatar a manifestação dos seguintes desempenhos, estimados, possível e hipoteticamente, como indicadores de aprendizagem pelos alunos:

- 1) Nomear eventos da natureza, conceitos e características dos conceitos diante de imagens e de descrições orais prévias das licenciandas.
- 2) Relacionar o tipo de plantação com dimensões da área plantada diante de imagens e da exposição oral das licenciandas.
- 3) Inferir relações de causalidade com base em informações orais e imagens expostas diretamente pelas licenciandas.

- 4) Justificar relações de causalidade inferidas mediante descrição de propriedades relevantes dos fenômenos em questão e explícita solicitação das licenciandas.
- 5) Formular perguntas que impõem um maior detalhamento no conteúdo discutido após exposições orais das licenciandas.
- 6) Seriar e ordenar informações diante de listas fornecidas pelas licenciandas.

O modelo de análise adotado permitiu a identificação de desempenhos dos alunos que, se considerados isoladamente como ações (por exemplo, nomear eventos, relacionar, inferir relações de causalidade, justificar tais relações, indagar, seriar e ordenar), poderiam se mostrar consistentes com a alfabetização científica. Contudo, o mesmo modelo também viabilizou acesso às condições diante das quais os desempenhos ocorreram. Constatou-se que praticamente todos os desempenhos estimados como medidas comportamentais dos indicadores de alfabetização científica foram registrados sob condições nas quais parcela significativa dos conteúdos envolvidos foi explicitamente exposta pelas licenciandas. Tal característica, acrescida da ausência de estratégias (práticas de ensino e de avaliação) que teriam avaliado a ocorrência de tais medidas sob condições distintas de estimulação, sugerem que as licenciandas parecem ter priorizado a produção de indicadores, independentemente das condições didáticas e pedagógicas de estimulação, bem como impõem restrições no alcance e na generalidade dos possíveis indicadores de alfabetização científica considerados.

## Conclusões

De modo consensual e imperativo, há o reconhecimento, atualmente, de que as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente fazem parte do cotidiano das pessoas, bem como de que devem integrar, com *status* de conteúdo, o planejamento do ensino

de Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental. Nesse contexto, as práticas delineadas devem se constituir em condições educativas adequadas para que os alunos realizem investigações sobre problemas naturais a partir das quais seja necessário criar hipóteses, testar as ideias planejadas e construir conclusões sobre os resultados alcançados e seus vínculos com a sociedade e o meio ambiente.

Essas aprendizagens dos alunos impõem desafios concentrados no planejamento e na execução de condições de ensino que se mostrem compatíveis com a produção das medidas comportamentais de tais aprendizagens.

Nesse sentido, a proposição de atividades abertas já nos primeiros anos de escolarização (Sasseron, 2008) permite que os alunos trabalhem ativamente em sala de aula, envolvendo-se com os conteúdos tratados. Ao mesmo tempo, essas atividades devem ser planejadas para atingir os interesses desses alunos e, assim, permitir-lhes progressos intelectuais.

Para tal proposta, os cursos de licenciatura em Pedagogia deveriam formar professores capazes de desenvolver aulas de Ciências na escola básica preparando os alunos para interagir com as ciências e suas tecnologias, por meio de práticas de ensino investigativas.

Além disso, neste capítulo assumimos que o processo da alfabetização científica manifesta-se nas interações discursivas desenvolvidas entre professor e alunos nas aulas de Ciências. Dessa forma, registrar as interações discursivas, em especial descrever a modalidade argumentativa dos discursos, representa uma possibilidade de compreender o que nos dizem tais interações sobre tal processo.

Sendo assim, os resultados descritos revelam a existência do distanciamento entre as investigações acadêmicas da área de ensino de Ciências e as práticas de ensino desenvolvidas por futuros professores dos anos iniciais.

Em específico, o modelo adotado de interpretação das interações discursivas registradas nas aulas de Ciências Naturais garantiu visibilidade para a identificação e a caracterização de medidas de

desempenho que, nas condições diante das quais foram obtidas, mostraram-se distintas dos indicadores de alfabetização científica.

Os dados expressos nos episódios de ensino documentaram as interações discursivas apresentadas nas aulas, indicando em vídeo e textualmente possíveis vínculos de dependência (determinação) funcional entre as práticas de ensino das licenciandas e as medidas de desempenho dos alunos, justificando a presença de medidas comportamentais inconsistentes com os indicadores de alfabetização científica (Laugksch, 2000; Auler & Delizoicov, 2001; Lorenzetti & Delizoicov, 2001).

Os episódios de ensino selecionados nortearam a atividade de interpretação das interações discursivas desenvolvida na Etapa 2.

Os resultados apresentados na Etapa 2 demonstraram que as medidas comportamentais produzidas pela dupla foram distintas dos indicadores que seriam consistentes com a definição de alfabetização científica adotada e não devidamente reconhecidos como tal.

É importante ressaltar que as medidas comportamentais apresentadas pelos alunos foram respostas às condições de ensino apresentadas pela dupla, que evidenciou repertórios didáticos com condições muito restritas para manifestação oral e escrita dos alunos, sendo que tais condições comprometeram de modo significativo a manifestação de indicadores de aprendizagem ou de alfabetização científica.

Os resultados da Etapa 2 convergiram ao destacar a importância da atividade de interpretação funcional dos registros em vídeo dos episódios selecionados.

Desse modo, a disposição das interações discursivas em sala de aula em quadros que objetivam mapear possíveis relações de funcionalidade entre ações dos futuros professores e medidas de desempenho dos alunos favoreceram, enquanto recurso metodológico, a identificação de propriedades funcionais das interações discursivas desenvolvidas pelos participantes.

Em síntese, o objetivo de investigar recursos metodológicos que poderiam contribuir com o trabalho de avaliar interações entre propriedades do desempenho dos alunos e as condições de ensino oferecidas pelas licenciandas foi atingido.

Por fim, os dados demonstraram que a concepção de alfabetização científica relacionada com a necessidade de introduzir os alunos no universo das ciências em prol de resultados que lhes permitam conversar sobre temas científicos, discutir seus desdobramentos e opinar sobre tais assuntos mostrou-se distante da realidade formativa dos participantes deste estudo, futuras professoras dos anos iniciais do ensino fundamental, em particular e de modo bem incisivo, em termos do planejamento de condições que permitiriam às graduandas desenvolver repertórios de ensino direta e indiretamente vinculados com a produção de medidas comportamentais consistentes com as medidas que definem a ocorrência da alfabetização científica.

Em síntese, dois amplos programas de investigação podem ser delineados a partir dos resultados expostos e discutidos neste capítulo. O primeiro concentraria ênfase na pesquisa sobre recursos metodológicos que poderiam promover o contato das licenciandas com as medidas de desempenho dos alunos e as condições diante das quais tais medidas foram registradas. Estima-se que tal contato, com as devidas e planejadas mediações dos pesquisadores, poderia se constituir em valiosas condições instrucionais para o desenvolvimento de novos repertórios de ensino.

O segundo programa, por seu turno, deverá explorar, de modo mais extensivo, obstáculos que se colocam para aprendizagens profissionais da docência, em particular para a superação do distanciamento e da independência entre, de um lado, o acervo de conhecimentos produzido na área de ensino de Ciências e, de outro, os conhecimentos que predominam nos processos de formação de licenciandos para o ensino de conteúdos dessa área curricular. Seguramente estamos no terreno da necessária reorientação epistemológica da educação científica (Gil-Perez et al., 2001; Praia, Cachapuz & Gil-Perez, 2002), ou, de modo mais específico, nos processos de formação inicial e continuada de professores responsáveis pelo ensino de conteúdos curriculares de Ciências Naturais. A preparação e a formação de professores com repertórios de ensino caracterizados pela estimulação, pela proposição e pela orien-

tação de atividades investigativas e não meramente receptivas dos alunos depende da superação de modelos e de visões recorrentemente discutidas na literatura. Para tal empreitada de reorientação epistemológica na educação científica dos licenciandos, a definição de conteúdos em História e Filosofia da Ciência, tanto quanto a especificação de objetivos e de orientação didáticos consistentes com as mudanças almejadas, mostram-se tão pertinentes quanto urgentes.

## Referências bibliográficas

- AULER, D., DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?, *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v.3, n.1, jun. 2001.
- BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy, *The Science Teacher*, v.62, n.7, p.28-33, 1995.
- CAPECCHI, M. C. M., CARVALHO, A. M. P. Argumentação em aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.5, p.171-89, 2000.
- CARVALHO, A. M. P., LIMA, M. C. O falar, o escrever e o desenhar na construção de conceitos científicos. In: ALMEIDA, M. J., SILVA, H. C. (Orgs.). *Linguagem, leituras e ensino da Ciência*. Campinas: Mercado das Letras, 1998. p.183-206,
- COHEN, M. C. R., MARTINS, I. Aproximações entre fluxo da interação verbal e argumentação: análise de textos autorados por professores de Ciências da escola básica. In: NASCIMENTO, S. S., PLANTIN, C. (Orgs.). *Argumentação e ensino de Ciências*. Curitiba: CRV, 2009. p.39-56.
- ERDURAN, S. Promoting ideas, evidence and argument in initial science teacher training. *School Science Review*, v.87, p.45-50, 2006.
- GIL-PEREZ, D. et al. Por uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência e Educação*, v.7, n.2, p.125-53, 2001.
- GIORDAN, M. Algumas questões técnicas e metodológicas sobre o registro da ação na sala de aula: captação e armazenamento digi-

- tais. In: SANTOS, F. M. T., GRECA, I. M. (Orgs.). *A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007. p.213-37.
- GIORDAN, M., POSSO, A. S. O papel de uma ferramenta analítica no planejamento e análise de atividades de ensino mediadas por extrato de vídeo. In: NASCIMENTO, S. S., PLANTIN, C. (Orgs.). *Argumentação e ensino de Ciências*. Curitiba: CRV, 2009. p.77-91.
- GOTTSCHALK, C. Uma concepção pragmática do ensino e aprendizagem. *Educação e Pesquisa*, v.33, n.3, p.459-70, 2007.
- LAUGKSCH, R. C. Scientific literacy: a conceptual overview, *Science Education*, v.84, n.1, p.71-94, 2000.
- LORENZETTI, L., DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v.3, n.1, 2001.
- MARTINS, I. Dados como diálogo – construindo dados a partir de registros de observação de interações discursivas em salas de aula de Ciências. In: SANTOS, F. M. T., GRECA, I. M. (Orgs.). *A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Editora Unijuí, 2007. p.297-321.
- MONTEIRO, M. A., TEIXEIRA, O. Uma análise das interações dialógicas em aulas de Ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.9, n.3, p.243-63, 2004.
- MORENO, A. *Introdução a uma pragmática filosófica*. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.
- NAYLOR, S., KEOGH, B., DOWNING, B. Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, v.37, p.17-39, 2007.
- PRAIA, J., CACHAPUZ, A., GIL-PEREZ, D. Problema, teoria e observação em Ciência: para uma reorientação epistemológica da Educação em Ciência. *Ciência e Educação*, v.8, n.1, p.127-45, 2002.
- RORTY, R. *Objetivismo, relativismo e verdade: escritos filosóficos I*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.
- \_\_\_\_\_. *A filosofia e o espelho da natureza*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1988.
- SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no ensino fundamental: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula*. São Paulo:

2008. Tese (doutorado) – Faculdade de Educação/Universidade de São Paulo.

SASSERON, L. H., CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação*, no prelo.

\_\_\_\_\_. O ensino de Ciências para a alfabetização científica: analisando o processo por meio das argumentações em sala de aula. In: NASCIMENTO, S. S., PLANTIN, C. (Orgs.). *Argumentação e ensino de Ciências*. Curitiba: CRV, 2009. p.139-63.

VERSUTI-STOQUE, F. M. *Indicadores da alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental e aprendizagens profissionais da docência na formação inicial*. Bauru, 2011. Tese (doutorado) – Faculdade de Ciências/Universidade Estadual Paulista.



# 9

## CONSTRUINDO UM MODELO DO CONCEITO DE MEIO AMBIENTE MEDIANTE OS MODELOS CIENTÍFICOS DE UNIDADES ECOLÓGICAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE ECOLOGIA

*Job Antonio Garcia Ribeiro<sup>1</sup>*

*Osmar Cavassan<sup>2</sup>*

*Fernanda Rocha Brando<sup>3</sup>*

### Introdução

Ao considerarmos as ciências como construtoras de modelos conceituais (científicos ou teóricos), os quais permitem representar externamente sistemas físicos, estados de coisas, objetos e fenô-

- 
1. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Universidade Estadual Paulista/UNESP — Faculdade de Ciências/Campus de Bauru. *e-mail*: job\_ribeiro@fc.unesp.br.
  2. Docente do Departamento de Ciências Biológicas e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências/Campus de Bauru. *e-mail*: cavassan@fc.unesp.br.
  3. Docente do Departamento de Biologia – Universidade de São Paulo/USP – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras/Campus de Ribeirão Preto. *e-mail*: ferbrando@ffclrp.usp.br.

menos (Moreira, Greca & Palmero, 2002), destacamos no presente contexto a Ecologia e seus modelos particulares e idealizados.

Embora o termo “ecologia” (*oekologie*, *oikos* – “casa”; *logos* – “estudo”) tenha sido cunhado em 1869 pelo biólogo alemão Ernst Haeckel, foi somente a partir de 1900 que a Ecologia tornou-se um campo da ciência distinto e reconhecido, e na última década tem se tornado parte do vocabulário contemporâneo (Odum & Barret, 2011). Inicialmente organizada em linhas taxonômicas (Ecologia vegetal e Ecologia animal), essa ciência foi e vem tomando forma à medida que novos conceitos e representações vão sendo elaborados. Assim, têm-se as denominadas “unidades ecológicas”, entendidas por Drouin (1991) como aquelas unidades com as quais a Ecologia trabalha e que se tornaram, com o desenvolvimento dessa ciência, cada vez mais complexas e amplas, por exemplo, os agrupamentos vegetais, as comunidades bióticas e o ecossistema.

Ressaltamos que, no que se refere ao ensino de Ciências, abordar somente modelos construídos pela comunidade científica pode ser pouco elucidativo. Devemos considerar que os alunos elaboram seus próprios modelos (mentais) e cabe ao professor mediar esse processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma, o docente deve preocupar-se com a escolha de um modelo conceitual mais adequado às situações de ensino-aprendizagem e que favoreça uma maior capacidade de generalização do fenômeno ou do conhecimento representado, maior parcimônia e significância para o aluno, para que este crie modelos mentais condizentes com os modelos conceituais da ciência (Concari, 2001).

Nesse sentido, apontamos as unidades ecológicas – *habitat*, biosfera, biocenose, nicho e ecossistema – como modelos representacionais conceituais que nos possibilitaram elaborar outro modelo conceitual discutido no ensino de Ecologia, o de meio ambiente. Adotando como referencial a teoria dos modelos conceituais e mentais discutida por Moreira e outros, e utilizando uma abordagem epistemológica da historiografia da ciência Ecologia (em especial discutida por três autores, Jean-Marc Drouin, Pascal Acot e Jean-Paul Deleáge), discutiremos no presente trabalho a

construção histórica das unidades ecológicas paralelamente às representações do conceito de meio ambiente.

Mediante a possibilidade de propor modelos com os quais os professores possam trabalhar no ensino de Ciências, pretendemos apresentar um modelo conceitual de meio ambiente, compreendido como uma “família de modelos” (Gieryn, 1992), que possibilite contextualizar as unidades ecológicas.

## **Representação, modelos mentais e modelos conceituais (científicos ou teóricos)**

Woolgar (1991), ao abordar as diferentes concepções do que é ciência, destacando as concepções históricas, filosóficas e sociológicas, afirma que, independentemente do ponto de vista e referencial adotado, todas essas abordagens apoiam-se na chamada “ideologia da representação”. Isso significa que “a ciência é uma forma altamente institucionalizada de prática representativa” (idem, p.154), fundamentada na ideia de relação entre objeto e representação, entre um fenômeno e a maneira como ele é representado.

Para tanto, uma ciência se produz em uma linguagem, em um sistema simbólico, ou seja, encontra-se inserida em um conjunto de signos que remete às vivências ou a outros signos (Granger, 1994). Contudo, as teorias científicas, na medida em que são estruturas representacionais, são representadas e recriadas por quem as compreende (alunos, por exemplo) de uma forma que não são necessariamente cópias das expressões linguísticas de seus princípios, leis e definições, nem formulações matemáticas com as quais as teorias se representam externamente. No contexto do ensino, aprender as ciências implicaria sermos capazes de recriar teorias (representações externas) tornando-as sistemas internos de representações de conceitos relacionados (Moreira, Greca & Palmero, 2002).

Essas representações externas e internas apontadas por Moreira e colaboradores (ibidem) são denominadas respectivamente de mo-

delos conceituais e modelos mentais. Um modelo é definido por Gilbert & Boulter (1998, p.13) como “uma representação de uma ideia, um objeto, um evento, um processo ou um sistema”. Desse modo, um modelo mental é uma representação interna, ou seja, um modo de representar em nossa mente o mundo externo (Moreira, Greca & Palmero, 2002).

O indivíduo está inserido em um contexto ou circunstância social e tais ambientes possibilitam a criação de modelos, seja em mentes individuais seja em comunidades científicas. Esses modelos elaborados podem ser representados em textos falados (discurso), escritos (desenhos, gráficos, imagens, etc.) e/ou textos de ação (modelos físicos, gestos) (Gilber & Boulter, 1998).

Desse modo, a formação e o desenvolvimento de modelos (mentais ou conceituais) relacionam-se ao contexto de um grupo social e constituem parte fundamental das narrativas de educação em Ciências, uma vez que a compreensão da aprendizagem envolveria necessariamente o entendimento da natureza dos modelos e da modelagem (elaboração de modelos) (ibidem).

Moreira (1996) discorre que, para entender um sistema físico ou fenômeno natural, elaboramos modelos mentais que nos permitem explicar e fazer previsões do mesmo. Modelos conceituais, por sua vez, seriam aqueles modelos projetados pelos cientistas, engenheiros, professores, para facilitar a compreensão e o ensino dos sistemas físicos ou fenômenos naturais. Assim, dizemos que tanto professores quanto alunos utilizam modelos mentais ao mesmo tempo em que buscam aprender ou ensinar modelos conceituais. A comunidade científica projeta modelos conceituais, porém faz isso por meio de modelos mentais.

Independente da forma que possam adquirir nas diferentes ciências, todos os modelos são representações simplificadas e idealizadas de objetos, fenômenos ou situações reais, e buscam ser precisos, completos e consistentes com o conhecimento cientificamente aceito (Greca & Moreira, 1997). Para Giere (1992), não existe uma relação direta entre os conjuntos de enunciados e a vida real, a realidade. Essa relação ocorre de forma indireta por intermédio de mo-

delos teóricos (conceituais) que são os meios com que os cientistas representam o mundo tanto para si mesmos como para os demais. Desse modo, um conjunto de enunciados ou hipóteses busca definir um modelo que guarda semelhanças (nas devidas proporções) com o sistema real (Figura 1).

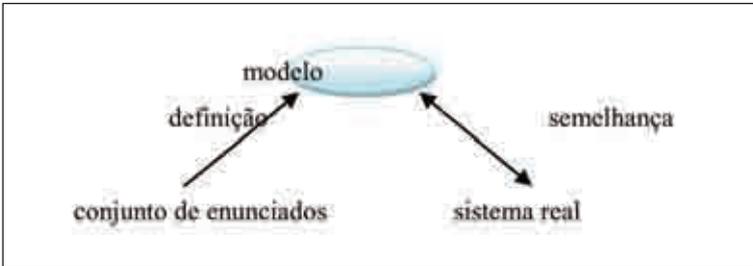


Figura 1 – Relação entre conjunto de enunciados, modelos e sistemas reais. Adaptado de Giere (1992).

No entanto, como destaca Giere (1992), o que encontramos nos livros-textos científicos pode ser descrito como um conglomerado de modelos teóricos, ou ainda como uma “população” de modelos que consiste em famílias relacionadas de modelos. Em outras palavras, os modelos apresentam-se interligados, conectados de alguma forma, compondo uma teia inter-relacionada na qual estão incluídos vários sistemas reais e diversos conjuntos de enunciados.

No processo de organização desses modelos teóricos ou científicos para um livro-texto, por exemplo, a ser trabalhado na escola básica, pode ocorrer de certa forma uma “fragmentação” dessa teia de modelos. Os modelos com os quais o professor trabalha em sala de aula pode não considerar a relação entre as diversas representações conceituais que compõem o conhecimento científico. Esses apontamentos estão sistematizados na Figura 2.

Uma “família de modelo”, como é a representação do conceito de meio ambiente, quando organizada para o ensino de Ciências, pode não considerar modelos teóricos básicos, tais como as unidades ecológicas de *habitat*, biocenose, biosfera, nicho e ecossis-

tema, e, assim, acarretar o ensino e a aprendizagem desse modelo distante de sua real complexidade.

O que se observa nas aulas de Ciências é que os alunos tendem a trabalhar com proposições isoladas, memorizadas de maneira literal e arbitrária. Equações, leis, teorias e definições da Física, da Química ou da Biologia são representações proposicionais que estão articuladas em modelos conceituais que exigem, por parte de quem as quer compreender, a construção de modelos mentais (Moreira, 1996).

No entanto, em muitos livros-textos de ciências, os modelos e teorias científicas aparecem como estruturas acabadas, logicamente organizadas sem levar em conta as classes de representações que os cientistas utilizaram para pensar ou criar esses mesmos modelos. O conhecimento que se transmite nesses materiais é um conhecimento acabado, terminal e dessa forma simplifica os fenômenos físicos e naturais (Moreira, Greca & Palmero, 2002).

Se a finalidade do ensino é que os estudantes construam modelos mentais que gerem esquemas de assimilação cientificamente adequados, os professores devem analisar cuidadosamente os modelos conceituais com os quais trabalham, assim como as maneiras de criá-los, destacam Moreira e colaboradores (2002). Nesse sentido, discutimos e apontamos as unidades ecológicas como modelos teóricos que, juntos, constituem uma “família de modelos”, ou seja, o meio ambiente.

Adotamos no presente estudo uma abordagem conceitual (inter-nalista) da história da ciência que, conforme aponta Martins (2005), discute os fatores científicos relacionados a determinado assunto ou problema. Informamos ainda que o trabalho caracterizou-se como historiográfico, apoiando-se principalmente em fontes secundárias (Kragh, 2001). Embora conscientes de nossas limitações ao adotar-mos essa postura, acreditamos que a visão particular aqui compartilhada possibilita a reflexão sobre alguns conceitos construídos na Ecologia e suas relações com o modelo de meio ambiente. Desse modo, pretendemos, com o modelo teórico de meio ambiente criado, disponibilizar nossas contribuições para o ensino de Ciências.

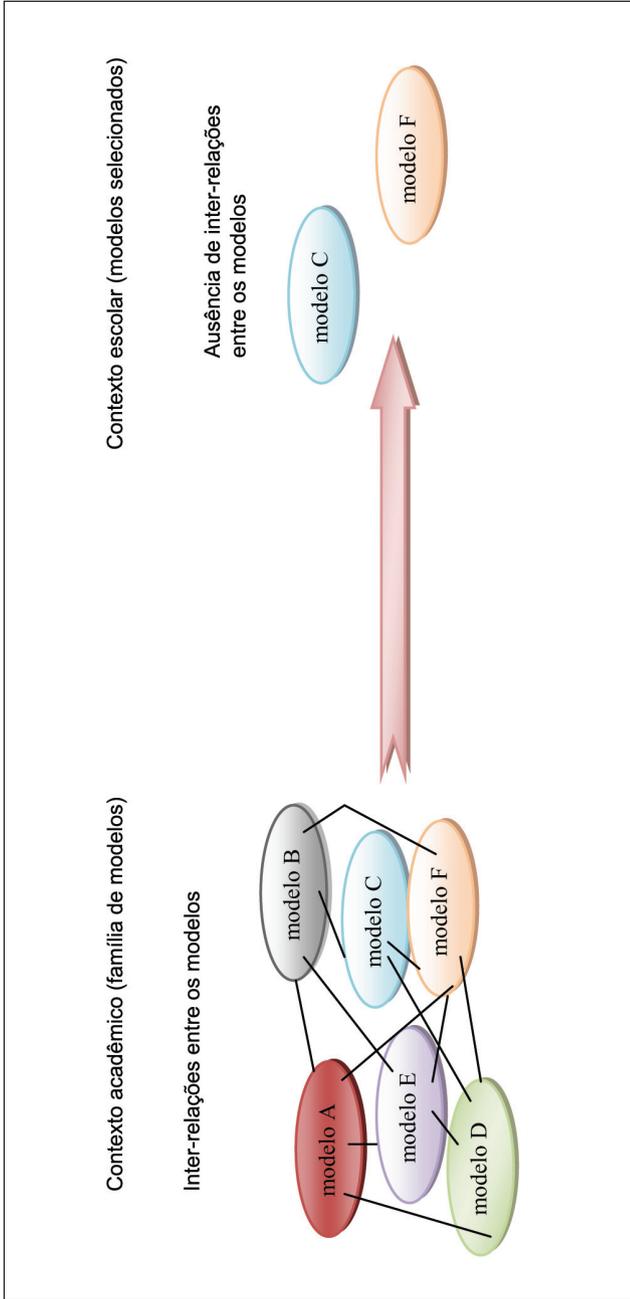


Figura 2 – Representação de como os modelos são trabalhados nos diferentes contextos: acadêmico e escolar. (Elaboração baseada nos apontamentos de Giere (1992)).

## As unidades ecológicas e a representação do meio ambiente

Sabemos que a Ecologia trabalha com diferentes níveis de organização – população, comunidade, ecossistema, paisagem, bioma e ecosfera (Odum & Barret, 2011) – que podem ser entendidos como modelos conceituais. Contudo, embora o termo meio ambiente (aqui entendido como sinônimo de meio ou ambiente) esteja presente nesses diferentes níveis hierárquicos, ele raramente é discutido e por vezes não é definido de maneira consensual nos livros de Ecologia. Tal observação foi constatada ao analisarmos os seguintes exemplares: Odum & Barret (2011), Krebs (2009), Begon et al. (2007) e Ricklefs (2003).

Em seu glossário, Ricklefs (2003) conceitua o ambiente como os “arredores de um organismo, incluindo as plantas, os animais e os micróbios com os quais interage”. Para Krebs (2009), *environment* inclui todos os fatores bióticos e abióticos que afetam um organismo individualmente em algum ponto de seu ciclo de vida. “Ambiente de um organismo é tido como um conjunto de influências externas exercidas sobre ele representadas por fatores (abióticos e bióticos) e fenômenos”, destacam Begon et al. (2007). Odum & Barret (2011) não conceituam o meio ambiente.

Quando conceituado, o meio ambiente parece-nos representado de forma acabada e não são discutidas suas possíveis configurações ao longo da história. Acreditamos que esse conceito, assim como os demais modelos teóricos, tenha passado por diferentes concepções e, mais ainda, que tais representações foram elaboradas paralelamente às unidades ecológicas de *habitat*, biosfera, biocenose, nicho e ecossistema.

A expressão meio ambiente, uma vez presente nos diferentes níveis de organização da Ecologia, pode comportar um modelo conceitual integrador por perpassar todas as relações entre os seres vivos. Desse modo, entender qualquer unidade ecológica é ter em mente diferentes modelos de meio ambiente.

Muito mais do que associar as unidades ecológicas a um modelo de meio ambiente, ao utilizarmos a história da Ecologia, pretendemos esclarecer que os conceitos de *habitat*, biosfera, biocenose, nicho e ecossistema foram elaborados numa ordem cronológica, influenciados por determinados contextos nos quais se representava o meio ambiente de diferentes maneiras. São esses modelos conceituais de meio ambiente que buscamos identificar.

### **Habitat: um meio ambiente geográfico**

No contexto do século XVIII, período marcado pelo encontro de uma longa tradição metafísica e um jovem saber científico, destacamos, entre os denominados naturalistas, Carl Von Linné (1707-1778). Para ele, o estudo da história natural permitiria conhecer melhor a natureza, identificar as espécies úteis ao homem e revelar a faceta de uma inteligência criadora. Buscava identificar o lugar dos organismos, ou melhor, a sábia disposição dos seres naturais instituída pelo Supremo Criador em uma economia da natureza<sup>4</sup> (Deléage, 1993). Poderíamos dizer, com os olhos do presente, que cada indivíduo ocupava um meio, um ambiente. Mas um meio em que sentido?

Lalande (1999), Abbagnano (2003) e Canguilhem (2001) citam os trabalhos de Newton (1643-1727) como um marco na utilização do termo meio. Contudo, encontramos já em Blaise Pascal (1623-1662), como destaca Spitzer (1942), a expressão *milieu* (*lieu*, “lugar”) utilizada no sentido de referência geométrica. Nesse contexto, Pascal referiu-se à posição do homem entre o pequeno e o

---

4. “Por economia da natureza, consideramos a muito sábia disposição dos seres naturais instaurada pelo Criador Supremo, segunda a qual os seres tendem para fins comuns e têm funções recíprocas” (Lineu, 1972, apud Deléage, 1993, p.31). *Oikos*, “casa”, *nomia*, “organização”, portanto, administração ou governo da casa (Coimbra, 2002).

grande infinito, ou seja, dizia que o homem ocupava um lócus determinado, localizado entre dois polos do absoluto.

Temos, assim, a ideia de *milieu* como um intermediário (que está no meio) no sentido de espaço geográfico. Ocupar um meio era ocupar um lugar, termo utilizado para qualquer entidade natural (embora o homem ocupasse um lugar privilegiado, entre Deus e as demais criaturas). É provavelmente nesse sentido que Lineu e os demais naturalistas representavam o meio ambiente. Portanto, faz sentido, neste contexto, representá-lo por uma terminologia que transmita essa noção meramente estática, o *habitat*.

Em Humboldt (1950) encontramos, além da palavra “meio”, o termo “sítio”, e foi no mesmo período que se utilizaram as palavras “estações” e “habitações” (as regiões onde os vegetais crescem naturalmente), esta última presente nos estudos de Candolle em 1820 (Drouin, 1991). Tem-se então a constituição de nosso primeiro modelo teórico, o *habitat*, entendido atualmente como o espaço ocupado por um organismo ou o local onde um organismo vive (Odum & Barret, 2011). No dicionário etimológico encontramos esse vocábulo com o mesmo significado e ainda temos: do latim *habitat*, “ele habita”, 3ª pessoa do singular do presente do indicativo de *habitare*.

Para Cunha (1986), a substantivação dessa forma verbal se prende ao fato de que nos tratados de fauna e flora do século XVIII, redigidos em latim, o termo era utilizado para designar o nome do lugar natural de crescimento ou ocorrência de uma espécie. Podemos dizer, portanto, que as expressões anteriormente citadas (habitações, sítios e estações) representam o que hoje entendemos como *habitat*. Essa representação, tida como um modelo teórico (Giere, 1992), permite a relação entre o sistema real (aquilo que observamos, o local ocupado por um organismo) e um conjunto de enunciados (a definição de um conceito para representar esse local).

Como afirma Canguilhem (2001), os mecanicistas franceses do século XVIII utilizaram também o termo *milieu* em outro sentido, não apenas com a conotação de um local geográfico. O meio era

considerado um fluido, ou seja, um veículo de transmissão que não agia diretamente sobre um organismo, não possuindo ações próprias que pudessem influenciar ou mesmo modificar um corpo ou um indivíduo. Adotaram o mesmo sentido que Newton dava para os termos “fluido” ou “éter”.

No entanto, ao adentrarmos nas discussões biológicas, em especial nas teorias evolucionistas, a noção de meio necessitará de uma nova ressignificação. É nesse momento, ao passar pelo vocabulário dos biólogos, que o termo se enriquece, explica Spitzer (1942). Foi com Lamarck (1744-1829), anteriormente a Geoffroy Saint-Hilaire,<sup>5</sup> que o significado biológico de meio remodelou-se. Como salienta Martins (2002), há em Lamarck certa influência do mecanicismo newtoniano, que pode ser observado em sua tentativa de explicar tanto a origem quanto a própria vida dentro dos fenômenos físicos naturais.

Embora o naturalista tenha utilizado *milieu* no plural (*milieux*), com uma conotação próxima à ideia dos fluidos como água, ar e luz, ele estava referindo-se a todo o conjunto de ações externas que são exercidas sobre uma coisa viva, ou seja, às *influential circumstances* (Canguilhem, 2001). Há, desse modo, uma ação que atua sobre os seres. Assim, podemos pensar o meio ou ambiente como uma entidade capaz de modificar os elementos vivos, até mesmo suas necessidades. Em Lamarck (1818), também encontramos as expressões francesas *circonstances de situation*, *circonstances favorables*, *circonstances particulières* e *les milieux habites*.

Podemos considerar que, na concepção de Lamarck (1986), havia uma relação de conflito entre o meio e o organismo. O primeiro impunha mudanças e os seres adaptavam-se a tais alterações das circunstâncias; o *milieu* provocava o organismo para assim orientar seu desenvolvimento. Podemos verificar uma via única, unidirecional nessa relação, tal como meio → organismo.

---

5. Lalande (1999) e Abbagnano (2003) citam que Geoffroy Saint-Hilaire teria utilizado a terminologia *milieu ambient* em suas obras “Memórias da Academia das Ciências” (1833) e “Estudos progressivos de um naturalista” (1835).

O meio aparentemente incluiria o que hoje entendemos por fatores abióticos, ou seja, clima, temperatura, umidade, etc. Mas, e as interações entre os próprios indivíduos? Foram as contribuições de Charles Darwin (1809-1882) que possibilitaram abordar mais explicitamente as influências que os seres exercem uns sobre os outros. O naturalista inglês incorporou assim à noção de *milieu* aspectos antes não considerados por Lamarck. Para Canguilhem (2001), a relação biológica fundamental aos olhos de Darwin é a relação entre as coisas vivas e outras coisas vivas (meio = organismo ↔ organismo). O meio no qual um organismo vive estaria relacionado ao conjunto de seres vivos em torno dele que são seus inimigos ou aliados, presas ou predadores.

A noção de meio passa a considerar não somente os elementos abióticos, mas também as relações entre os organismos, suas interações e influências mútuas, os denominados fatores bióticos. Essa nova representação do meio ambiente dará suporte não apenas ao desenvolvimento das demais unidades ecológicas, mas também da própria Ecologia.

Como citado por Acot (1990), Ernst Haeckel era seguidor das ideias darwinianas e o vocábulo *oekologie*, em diferentes obras do autor, adquiriu novos significados, sendo que, na última conceitualização de 1874, destacou a importância das teorias de adaptação e hereditariedade. Pela perspectiva de Drouin (1991), embora a obra de Darwin não tenha sido diretamente responsável pela criação da Ecologia, a teoria darwiniana utilizou argumentos adquiridos no seu domínio. Esse “empréstimo” teve efeitos de retorno que foram, de certa forma, decisivos para a história da Ecologia.

Inicialmente, as tradições biogeográfica e darwiniana permaneceram reciprocamente estranhas. Contudo, tanto uma como outra foram essenciais para a construção da Ecologia (Acot, 1990). Encontra-se, então, o importante papel de Ernst Haeckel. Sua contribuição possibilitou uma reorganização da Biologia, ao propor, em bases darwinianas, o estudo dos seres vivos e suas relações com o meio, fundando assim a Ecologia. Para se entender a distribuição dos seres vivos no planeta, deve-se não apenas considerar os as-

pectos físicos do ambiente, mas também as relações entre os componentes bióticos, a seleção natural e a variabilidade. Nasce a Ecologia propriamente dita.

## **Ecologia: ciência das inter-relações**

Podemos pensar, nesse contexto, um ambiente que influencia e é influenciado pelas entidades que o constituem (bióticas e abióticas). Além disso, temos outros dois aspectos a considerar: o meio de uma espécie e o próprio indivíduo modificam-se e estão sujeitos às leis de seleção natural, e as inter-relações entre organismos contribuem para o sucesso ou extinção de dada espécie. No entanto, como e quais seriam essas relações, como se estruturam, o que exatamente pode atuar sobre um indivíduo de maneira a interferir em seu processo evolutivo? Como os grupos de animais e vegetais se organizam? Muitas respostas ainda não seriam esclarecidas; novos conceitos ainda necessitavam ser elaborados.

Em 1875, o geólogo austríaco Édouard Suess propõe o termo “biosfera”, definido como um lugar que envolve a vida no planeta com as condições de temperatura, constituições químicas, etc. (Drouin, 1991). Incluía assim, espacial e logicamente, o conjunto das formas vivas que estão inseridas em um mundo e não no universo. “Dessas condições resulta que a biosfera é um fenômeno limitado não só no espaço, mas também no tempo” (Suess, 1875, apud Drouin, 1991, p.69). O mundo agora possui uma unidade, a biosfera, cujo estudo caberá à Ecologia.

Embora Suess tenha utilizado esse neologismo, foi Vernardsky que, em 1923, deu à biosfera outra perspectiva. Influenciado pelos trabalhos químicos e genéticos do solo e atuando em estudos de mineralogia, Vernardsky representará essa unidade ecológica como um mecanismo cósmico, harmonioso e desprovido de acaso; é o domínio da crosta terrestre ocupado por organismos transformadores que modificam os raios cósmicos em energia terrestre ativa. Nesse

sentido, e pautado em estudos fisiológicos, as transformações ocorridas na biosfera envolveriam a migração dos elementos químicos através da matéria viva (Deléage, 1993).

Observamos na representação da biosfera a presença de um modelo de meio ambiente no qual os elementos vivos e não vivos estão incluídos e, ainda, inter-relacionados mediante a troca de matéria. Assim como mudanças nas representações do meio ambiente favoreceram a elaboração das unidades de *habitat* e biosfera, os mesmos contribuirão para o surgimento de novas terminologias, ampliando o modelo teórico de meio ambiente.

Karl Möbius, em seu estudo de mitilicultura<sup>6</sup> e ostreicultura aliado às análises econômicas da época, demonstrou em 1877 que não se podia compreender a abundância ou rarefação de uma espécie considerando apenas aspectos intrínsecos como a taxa de fecundidade (Drouin, 1991). A concorrência existente quando duas espécies habitantes do mesmo local usufruem do mesmo alimento, pode afetar um determinado grupo de organismos. A esse conjunto de relações o zoólogo deu o nome de “biocenose”.<sup>7</sup> Nesse contexto, temos um neologismo para determinar uma comunidade biótica, na qual estão incluídas as relações de competição, predação, disputa de espaço e alimento, além daqueles elementos físicos. De acordo com Deléage (1993), Möbius dizia que, num dado lugar e num dado instante, existe um *quantum* de vida ou massa viva representado por certo número de indivíduos. Supomos que, nesse contexto, representar o meio ambiente incluiria necessariamente os elementos bióticos e suas inter-relações.

---

6. Criação de mexilhões e outros bivalves da família dos mitilídeos.

7. “A Ciência não dispõe ainda de um termo para designar uma tal comunidade de seres vivos, uma tal seleção e um tal número de espécies e de indivíduos correspondem à média das condições exteriores de vida, que se influenciam mutuamente e se mantêm através da reprodução de forma durável numa zona delimitada. A uma tal comunidade, chamo *biocenose* (de *bios*, a vida, e de *koinoein*, ter qualquer coisa em comum) ou *comunidade de vida*” (Möbius, 1877, apud Deléage, 1993, p.65).

Some-se ainda que, além de o meio constituir-se de um local geográfico, de elementos vivos e físicos, ele terá uma extensão variada na medida em que considerarmos o papel de cada indivíduo numa dada comunidade (seu nicho), suas relações com os demais elementos e também o seu processo de estabelecimento considerando o fator espaço-tempo.

Ao considerar a interação entre populações vegetais e animais, o zoólogo Charles Elton passa a investigar as relações alimentares dentro da comunidade. Assim, acaba por propor quatro conceitos, os quais permitirão ampliar os estudos de Ecologia: o conceito de cadeia e de ciclo alimentar, o de posição na cadeia, o de nicho e o de pirâmide de números (Deléage, 1993). Nesse sentido, estar em determinado ambiente não é apenas localizar-se nele, mas sim relacionar-se com os demais integrantes da comunidade, ou seja, ocupar uma posição na hierarquia trófica.

Utilizando o conceito de nicho a partir de 1923, referindo-se a uma relação funcional, Elton permitiu destacar um paralelismo entre comunidades totalmente separadas no espaço. “Com a definição que Elton dá de nicho ecológico, cada espécie possui enfim o seu lugar no grande esquema global da vida”, afirma Deléage (1993, p.100).

A unidade ecológica seguinte a despontar será proposta por Georges Arthur Tansley em sua *teoria dos ecossistemas* de 1935 (Acot, 1990; Drouin, 1991). Criticando a ideia de holismo, sob uma concepção de que o todo é igual à soma das partes, Tansley apontará a fragilidade desse princípio. Para ele, “a soma das partes não passa de uma abstração, que se forja com o único fim de a criticar, quando toda a realidade complexa só existe pela justaposição e interação dos seus componentes” (Drouin, 1991, p.77). Nesse sentido, a noção de comunidade biótica lhe parecia artificial e propõe que se fale em “sistema ecológico”, ou “ecossistema”, tomando o termo “sistema” no sentido empregado na Física, ou seja, como um conjunto de elementos interconectados no qual as relações podem se dar por fluxo de matéria ou energia.

Embora a noção de sistema tenha contribuído para o estudo do comportamento das entidades físicas e químicas ao adotar o princípio da conservação e transformação de energia, ela não foi inicialmente aplicada às relações naturais. É com Lindeman que se abre uma nova perspectiva: o conceito de energia permitirá introduzir novas noções em Ecologia, tais como produtividade, rendimento e nível trófico (Deleage, 1993).

Lindeman, em seu artigo de 1942, buscou identificar as relações entre os mecanismos tróficos e o processo de sucessão. Considerava como arbitrário separar o estudo da comunidade viva do meio físico-químico e, assim, utilizou o conceito de ecossistema (Drouin, 1991). Procurou, então, traduzir em equivalente energético não apenas as quantidades de matéria orgânica transferida em cada um dos níveis tróficos (produtores, consumidores, etc.), mas também em cada estágio da sucessão. O ecossistema passa a ser entendido como uma unidade de troca de energia que ocorre na natureza.

## Construindo um modelo teórico de meio ambiente

Como discutimos até o momento, para elaborarmos um modelo de ecossistema tal como hoje concebemos,<sup>8</sup> precisamos entender que os organismos ocupam determinado lugar geográfico (*habitat*), contudo não se encontram isolados, relacionam-se com o ambiente físico (aspecto apontado pelos geógrafos botânicos), mas não somente com ele. Os seres vivos estão a todo momento interagindo com outras entidades vivas, outros indivíduos, das mais variadas

---

8. Um sistema ecológico ou ecossistema é qualquer unidade que inclui todos os organismos (a comunidade biótica) em uma dada área interagindo com o ambiente físico de modo que um fluxo de energia leve a estruturas bióticas claramente definidas e à ciclagem de materiais entre os componentes vivos e não vivos. É mais que uma unidade geográfica (ou ecorregião): é uma unidade de sistema funcional, com entradas e saídas, e fronteiras que podem ser tanto naturais quanto arbitrárias (Odum & Barret, 2011, p.18).

formas (temos aqui a ação da seleção natural, por exemplo). Além disso, precisamos considerar que determinado grupo de organismos de uma dada localidade (biocenose) restringe-se a ocupar locais da crosta terrestre que possibilitem a vida (biosfera).

Nessa linha de raciocínio, ao falarmos de um ecossistema, não poderíamos deixar de considerar que as relações entre as espécies, ou mesmo entre as comunidades, alteram-se no decorrer do tempo e do espaço e, nesse caso, temos o importante papel da evolução. Um ambiente se altera, é colonizado e ocupado num espaço-tempo (sucessão). Podemos ainda representar as relações tróficas entre os indivíduos por meio das cadeias alimentares e, para tanto, faz-se necessário compreender a ação de dado organismo em toda essa teia de relações, ou seja, seu nicho. Em suma, temos todo um sistema ecológico (ecossistema) cuja dimensão é dada artificialmente na medida em que escolhemos nosso(s) objeto(s) de estudo(s) e, concomitantemente, uma ampliação de um modelo teórico maior, o de meio ambiente.

Mediante esse arcabouço teórico adquirido, sustentado e representado pelos trabalhos percorridos, tem sido possível representar e ampliar nosso conhecimento sobre as inter-relações existentes em nosso planeta. No percurso cronológico de elaboração de cada uma dessas unidades ecológicas (*habitat*, biosfera, biocenose, nicho e ecossistema), a concepção de meio ambiente foi constantemente modificada, ao mesmo tempo em que também possibilitou a definição desses conceitos. De acordo com o exposto, elaboramos o modelo teórico de meio ambiente (Figura 3).

De maneira simplificada e adequando-se ao referencial de Giere (1992), temos uma família de modelos, que é o meio ambiente, o qual nos permite representar as unidades ecológicas tidas como conceitos estruturantes da Ecologia. Além disso, essa representação ou modelo teórico possibilita estabelecer relações conceituais e históricas entre *habitat*, biosfera, biocenose, nicho e ecossistema, muitas vezes não contempladas no ensino de Ecologia.

Não tratamos aqui de expor somente uma ordem cronológica contextualizada dos conceitos elaborados no decorrer da configu-

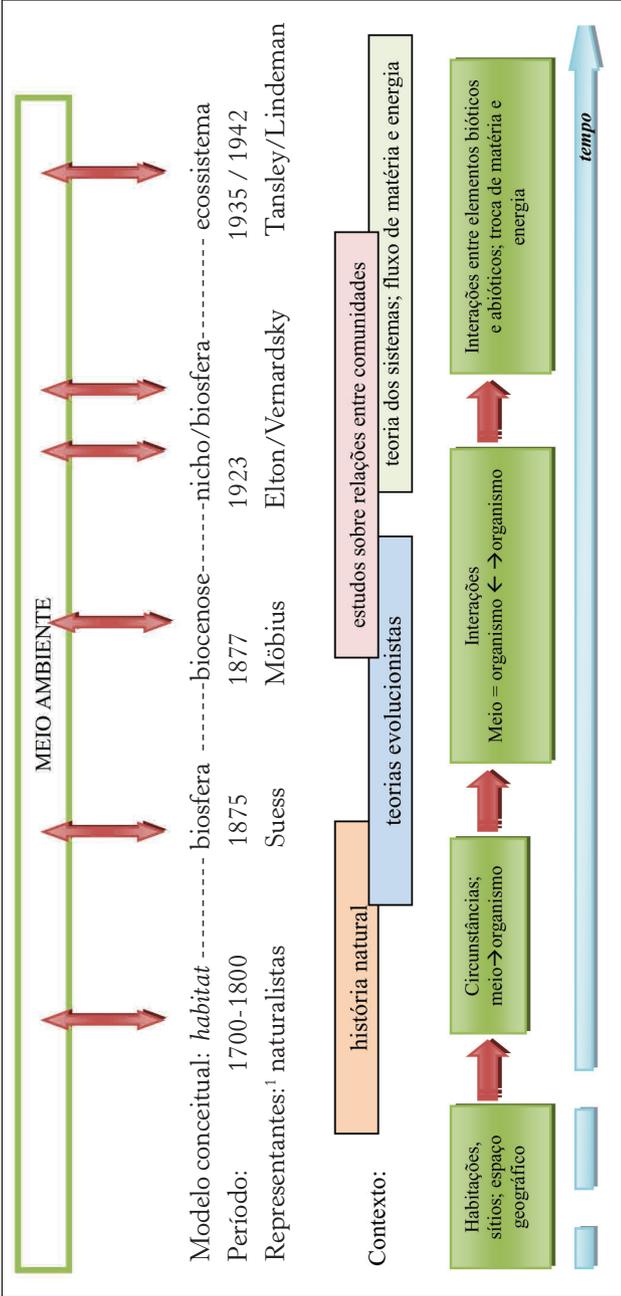


Figura 3 – Construção de um modelo teórico de meio ambiente incluindo as unidades ecológicas elaboradas no decorrer da história da Ecologia

1. Esses representantes são compreendidos por aqueles naturalistas que mais se evidenciaram na proposição dos conceitos expostos.

ração da Ecologia, mas sim de considerar as unidades ecológicas como tentativas representacionais de categorização do meio ambiente. Acreditamos que o desenvolvimento da Ecologia deu-se pela constituição progressiva de unidades cada vez mais complexas e amplas (Drouin, 1991) e, assim, a definição e o estatuto ontológico desses modelos conceituais refletem as diferentes representações de meio ambiente (inicialmente um ambiente estático, um simples local geográfico, até um sistema ecológico onde interagem seres vivos, fluxo de matéria e energia).

Desse modo, o modelo teórico de meio ambiente apresentado pode contribuir para o ensino de Ecologia, de maneira que possibilite ao professor trabalhar os diferentes conceitos dessa ciência. Por tratar-se de uma representação conceitual, pode e deve ser modificada e reelaborada, pois exemplifica, ou melhor, oferece um modelo teórico para que outros modelos mentais e conceituais sejam elaborados e propostos pelo próprio professor, considerando as inter-relações entre os conceitos e suas representações ao longo da história, enfim, favorecendo uma abordagem mais contextualizada do ensino de Ecologia.

## Referências bibliográficas

- ACOT, Pascal. *História da Ecologia*. Rio de Janeiro: Campus, 1990. 212p.
- ABBAGNANO, Nicola. *Dicionário de Filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- BEGON, Michel, TOWNSEND, Colin R., HARPER, John L. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 740p.
- CANGUILHEM, Georges. Living and its milieu. *Grey Room*, n.3, p.6-31, 2001.
- COIMBRA, José de Ávila Aguiar. *O outro lado do meio ambiente: a incursão humanista da questão ambiental*. Campinas: Millennium, 2002. 527p.

- CONCARI, Sonia Beatriz. Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las Ciencias. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.85-94, 2001.
- CUNHA, Antônio Geraldo da. *Dicionário etimológico Nova Fronteira da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
- DELÉAGE, Jean-Paul. *História da Ecologia: uma ciência do homem e da natureza*. Trad. Ana Maria Novaes. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1993. 276p.
- DROUIN, Jean-Marc. *Reinventar a natureza: a Ecologia e sua história*. Lisboa: Instituto Piaget, 1991. 90p.
- DUTRA, Luiz Henrique de Araújo. *Introdução à teoria da ciência*. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003. 150p.
- GIERE, Ronald N. *La explicación de la ciencia: un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 1992.
- GILBERT, John K., BOULTER, Carolyn J. Aprendendo ciências através de modelos e modelagem. In: COLINVAUX, Dominique (Org.). *Modelos e educação em ciências*. Rio de Janeiro: Ravil, 1998.
- GRANGER, Gilles-Gaston. *A ciência e as ciências*. São Paulo: Editora UNESP, 1994.
- HUMBOLDT, Alexandre von. *Quadros da natureza*. Trad. Assis Carvalho. São Paulo: Editora Brasileira, 1950. v.1, 346p.
- KRAGH, Helge. *Introdução à historiografia da ciência*. Porto: Editora Porto, 2001. 233p.
- KREBS, Charles J. *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. 6.ed. São Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. 655p.
- LALANDE, André. *Vocabulário técnico e crítico da Filosofia*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- LAMARCK, Jean Baptiste de Monet Caballero de. *Nature. Nouveau dictionnaire d'Histoire Naturelle*, v.22, p.363-99, 1818.
- \_\_\_\_\_. *Filosofia zoológica*. Barcelona: Alta Fulla – Mundo Científico, 1986.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação*, v.11, n.2, p.305-17, 2005.

- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Lamarck, Virey e a concepção de natureza: uma comparação. In: LORENZANO, Pablo, TULA MOLINA, Fernando (Eds.). *Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur*. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2002. p.355-65.
- MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.1, n.3, p.193-232, 1996.
- \_\_\_\_\_, GRECA, Ileana María, PALMERO, Luiz Rodríguez. Modelos mentales y modelos conceptuales em la enseñanza & aprendizaje de las Ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Porto Alegre)*, v.2, n.3, p.37-57, 2002.
- ODUM, Eugene P., BARRETT, Gary W. *Fundamentos de Ecologia*. 5.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 612p.
- OMNÈS, Roland. *Filosofia da Ciência contemporânea*. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- RICKLEFS, Robert E. *A economia da natureza*. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. 503p.
- SPITZER, Leo. Milieu and ambiance: an essay in historical semantics. *Philosophy and Phenomenological Research*, v.3, n.2, p.169-218, 1942.
- WOOLGAR, Steve. *Ciencia: abrindo la caja negra*. Barcelona: An-thropos, 1991. 170p.



**PARTE B**

**ENSINO DE FÍSICA**



# 10

## AS DISTORÇÕES NOS LIVROS DIDÁTICOS E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NA FORMAÇÃO DE CONCEITOS REFERENTES AO EXPERIMENTO DE ØRSTED

*Moacir Pereira de Souza Filho<sup>1</sup>*

*Sérgio Luiz Bragatto Boss<sup>2</sup>*

*João José Caluzi<sup>3</sup>*

### Introdução

Uma das preocupações dos pesquisadores, e que tem sido abordada por trabalhos da área Ensino de Ciência, se refere à forma como o conhecimento – fruto de um processo histórico – tem che-

- 
1. Professor assistente doutor. Departamento de Física, Química e Biologia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Presidente Prudente, São Paulo. *e-mail*: moacir@fct.unesp.br.
  2. Professor assistente. Centro de Formação de Professores – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB – Amargosa, Bahia. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Bauru, São Paulo. *e-mail*: serginho@fc.unesp.br.
  3. Professor assistente doutor. Departamento de Física – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Bauru, São Paulo. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. *e-mail*: caluzi@fc.unesp.br.

gado aos alunos e como eles assimilam esse conhecimento. Nesse sentido, podemos destacar duas categorias de livros didáticos referentes ao propósito deste trabalho: 1) aqueles que verificam a transposição do conhecimento historicamente acumulado; e 2) aqueles cuja preocupação se volta ao processo cognitivo do aprendiz. Nosso trabalho de pesquisa analisou um caso histórico específico – o experimento de Ørsted – de ambas as perspectivas, ou seja, investigamos como esse episódio histórico tem sido divulgado nos livros didáticos e como esse experimento pode evidenciar alguns obstáculos ao conhecimento científico. O objetivo deste trabalho foi confrontar esses dados.

O livro didático (LD) tem sido um dos recursos mais utilizados por docentes e discentes e sua importância como material de apoio ao processo de ensino e aprendizagem pode ser aferida em diversos documentos oficiais do Ministério da Educação. Para Sandrin et al. (2005), essa relevância na veiculação de conhecimentos, isto é, o potencial em disseminar informações para uma vasta clientela, tem preocupado especialistas e outros segmentos da sociedade em relação à qualidade de seu conteúdo. No caso da História da Ciência, temos inúmeros exemplos de trabalhos que apresentam e discutem equívocos veiculados pelos LDs. A História não deve ser vista e retratada de forma “anedótica”, “caricaturizada”, como tem sido encontrada nos livros didáticos. Ela deve ser retratada e utilizada de modo a reportar fielmente os acontecimentos, os problemas enfrentados historicamente, a construção do conceito abordado, o contexto, etc. Infelizmente, a descoberta do eletromagnetismo tem sido reportada nos manuais escolares como sendo fruto do *acaso*. Entretanto, um olhar mais atento aos documentos históricos pode desvendar a *lógica* da construção conceitual, apresentando os problemas que levaram à formulação de um conceito particular, e revela ingredientes lógicos ou empíricos que foram realmente importantes nesse processo de criação intelectual (Dias, 2001).

Após termos verificado as distorções desse episódio histórico nos livros didáticos, reproduzimos esse experimento em sala de aula aos estudantes universitários a fim de apontar alguns obstá-

culos epistemológicos provenientes dessa “simples demonstração”. Apesar de simples do ponto de vista experimental, essa demonstração revela uma riqueza de detalhes da perspectiva teórica que, num processo de simplificação do conteúdo, os livros universitários têm desconsiderado. Uma análise da história da ciência revela obstáculos análogos ocorridos na formação de conceitos e, se voltar às fontes é clarificar as ideias, é necessário ajudar a ciência, em vez de paralisá-la (Langevin, 1992).

Portanto, um dos objetivos deste trabalho é identificar, descrever e discutir as distorções a respeito do experimento de H. C. Ørsted presentes em alguns livros destinados à educação superior; o outro, é mostrar que a observação desse importante experimento, realizado em sala de aula, pode ser fonte de obstáculos epistemológicos, a exemplo daqueles que ocorreram na história da ciência. No entanto, o objetivo central deste trabalho é verificar como essas duas instâncias se inter-relacionam.

## **A proposição do eletromagnetismo: o experimento de H. C. Ørsted**

A unificação entre a *eletricidade* e o *magnetismo* ocorreu em 1820, quando Hans Christian Ørsted (1777-1851) colocou a agulha imantada de uma bússola próximo a um fio conduzindo corrente e verificou que a corrente elétrica produzia um torque na agulha magnética. Nas palavras de Ørsted: “Parece demonstrado por estes experimentos que a agulha magnética foi movida de sua posição pelo aparelho galvânico; mas que *o circuito galvânico deve ser fechado, não aberto, método que foi tentado em vão alguns anos atrás por célebres cientistas*” (Ørsted, 1998a, p.416-9).

Ørsted estava inserido em uma corrente filosófica germânica denominada *Naturphilosophie*.<sup>4</sup> Suas concepções em relação à corrente

---

4. Esta concepção metafísica concebia que os fenômenos naturais como luz, calor, eletricidade e magnetismo eram produzidos pelo mesmo poder original.

elétrica era um duplo fluxo de eletricidade em sentidos opostos, ou seja, “uma sucessão de interrupção e restabelecimento do equilíbrio, de forma que as forças elétricas estavam em estado de conflito permanente” (Ørsted, 1998a, p.546). Em 1813, ele já suspeitava que a corrente elétrica pudesse interagir com um ímã, tal como é evidenciado nesta passagem do texto *Pesquisa sobre a identidade das forças químicas e elétricas*: “deve ser determinado se a eletricidade em seu estado ‘mais latente’ exerce alguma ação sobre um magneto” (ibidem), ou seja, ele considerava que a produção de calor e luz por meio da corrente elétrica em um fio metálico fino era uma evidência de que calor e luz tinham uma profunda relação com a eletricidade (Ørsted, 1986, p.116). Ele imaginou que, para manifestar também os efeitos magnéticos, era necessário que o aparelho utilizado fosse forte o suficiente para incandescer um fio metálico (Ørsted, 1820, p.274). Ao tratar da analogia entre *eletricidade* e *magnetismo*, Ørsted imaginou que o efeito magnético poderia irradiar do fio como luz e calor e que, “se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isto não poderia ser na direção da corrente, pois isto tinha sido tentado em vão, mas que deveria ser produzido por uma ação lateral”. Portanto, “como o efeito luminoso e o calor da corrente elétrica saem em todas as direções do condutor, que transmite uma grande quantidade de eletricidade; então ele [Ørsted] pensou ser possível que o efeito magnético poderia irradiar de maneira semelhante [do fio]” (Ørsted, 1998a, p.546).

O primeiro experimento diante do público foi feito no mês de abril de 1820, com um pequeno aparelho galvânico, comumente usado em suas experiências. A agulha magnética sofreu um distúrbio, porém, o efeito foi pouco intenso e o experimento não causou forte impressão na plateia. Três meses depois, em julho de 1820, Ørsted repetiu o experimento, agora com um aparelho galvânico melhor. Ele concluiu também que condutores com diâmetro maior provocam efeitos melhores.

Após escrever detalhadamente suas observações, Ørsted esclarece que o conflito elétrico não está confinado apenas no condutor, e sim disperso no espaço subjacente. Para ele, o conflito realiza cír-

culos que, combinados ao movimento progressivo ao longo do fio, forma uma linha helicoidal ao seu redor (Ørsted, 1820, p.276).

## As versões da descoberta por acaso

A versão da descoberta por acaso desse experimento é amplamente difundida nos livros didáticos de Física. Ela se baseia em uma carta escrita por Christopher Hansteen (1784-1873) a Michael Faraday (1791-1867) em 1857, ou seja, 37 anos depois da descoberta e logo após a morte de Ørsted. Hansteen foi um dos assistentes de Ørsted e fazia parte da plateia que presenciou o experimento, embora Stauffer (1953) e Agassi (1963) contestem isso, dizendo que Hansteen pode não ter sido “testemunha ocular” do experimento de Ørsted como ele próprio afirma. Em sua correspondência, Hansteen relata que inicialmente Ørsted colocou a agulha magnética perpendicular ao fio condutor sem notar movimentos perceptíveis. Em seguida, utilizando uma bateria galvânica mais potente e colocando a agulha paralela ao fio, ele e o público ficaram perplexos ao verem a agulha se movimentar rapidamente e posicionar-se em ângulo praticamente perpendicular ao fio condutor. Após inverter o sentido da corrente, ele verificou que a agulha da bússola se movia em direção contrária (Martins, 1986, p.97; Kipnis, 2005, p.3). Entretanto, não há relatos na obra de Ørsted que nos levem a concluir que ele realmente tenha invertido o sentido da corrente perante o público.

Finalmente, Hansteen termina sua carta reforçando a versão de que a descoberta do eletromagnetismo foi acidental e que Ørsted não tinha conhecimentos prévios que o pudessem conduzir à descoberta. “Há razão em dizer que [Ørsted] tropeçou em sua descoberta por acaso. Assim como os outros [ele] não teve ideia alguma de que a força poderia ser transversal”.<sup>5</sup> Contrária a essa ideia,

---

5. Hansteen, carta enviada à Faraday, apud Martins, 1986, p.97; Kipnis, 2005, p.3.

Ørsted imaginou que o efeito magnético, assim como luz e calor, podia se irradiar do fio, e poderia ser produzido por uma ação lateral saindo do fio em todas as direções.

## A interpretação da descoberta do eletromagnetismo

Para Magalhães (2005), a descoberta de Ørsted não foi acidental, “como se lê infelizmente em diversos livros-textos, mas sim, o resultado de um cuidadoso e longo plano para explorar a unidade da natureza”. Para Stauffer (1953, p.310), foi a influência da *Naturphilosophie* sobre o pensamento científico de Ørsted que o conduziu à descoberta do eletromagnetismo e não o acaso. Stauffer considera dois tipos de *erros* relacionados a essa descoberta: o primeiro relacionado às datas e o outro à versão acidental difundida sobre o experimento. Jean Hachette, em um artigo denominado “Sobre os experimentos eletromagnéticos de Ørsted e Ampère”, e ao abordar a “pesquisa sobre a identidade das forças químicas e elétricas”, infelizmente forneceu a data de publicação, erroneamente, como sendo 1807 em vez de 1813. Ele também data a descoberta como tendo ocorrido no inverno de 1819, em vez de 1820 (Stauffer, 1953, p.308).

Agassi não aceita a história de Hansteen e aponta três motivos: primeiro, a teoria de Ørsted era muito diferente das outras teorias, e ela o conduziu a introduzir a corrente elétrica em suas investigações; segundo, essa corrente não foi acidental, mas uma previsão teórica feita por Ørsted; e finalmente, em relação à direção da corrente, é improvável que Ørsted tivesse persistentemente colocado a agulha perpendicular ao fio e só então, “por acidente”, a colocado paralelamente a ele (Agassi, 1963, p.69).

Alguns autores questionam: se em 1813 Ørsted já possuía a concepção teórica de que a corrente elétrica poderia interagir com um ímã, por que o eletromagnetismo só foi descoberto em 1820? Se, em abril de 1820, Ørsted percebeu a pequena influência da corrente sobre a agulha imantada, por que ele demorou três meses para

repetir a experiência, que só veio a ocorrer em julho de 1820? Talvez uma explicação provável seja que, adepto e conhecedor da teoria newtoniana, era difícil para Ørsted (e para muitos outros cientistas) conceber o fato de a corrente provocar um torque na agulha da bússola quando esta é colocada paralela ao fio, isto é, “porque o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento circular ao redor do fio condutor”? (Ørsted, 1998b, p.547). Para mais detalhes, ver Martins, 1988.

## Metodologia

O trabalho de pesquisa buscou analisar duas vertentes: a *teórica ou racional*, representada pelo livro didático; e a *experimental ou empírica*, que investiga as explicações dos estudantes diante do experimento de Ørsted, citado anteriormente. Em ambas buscamos evidenciar a presença ou não de obstáculos, a fim de verificar como essas duas instâncias se relacionam.

Para a análise do material didático, foram selecionados cinco livros de ensino universitários e analisados os trechos mais relevantes que abordavam o experimento de Ørsted. Baseado na descrição histórica feita anteriormente, efetuamos uma análise de conteúdo desse material. Em relação ao trabalho desenvolvido em sala de aula, a pesquisa foi realizada com 26 alunos do segundo ano do curso de licenciatura em Física, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru.

Os pesquisadores realizaram o experimento de Ørsted (Figura 1) em sala de aula. A atividade foi dividida em dois momentos. Primeiramente, a agulha da bússola foi colocada paralelamente e abaixo do fio condutor. Nessa situação, a agulha sofre um deslocamento e se estabiliza praticamente perpendicular ao fio. Demonstramos as variações possíveis para essa situação, invertendo a polaridade da pilha e posicionando a bússola acima do elemento condutor. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que respondessem à seguinte questão: *Você tem algum modelo explicativo para*

*o experimento de Ørsted que acabamos de realizar? Por favor, detalhe sua explicação.*

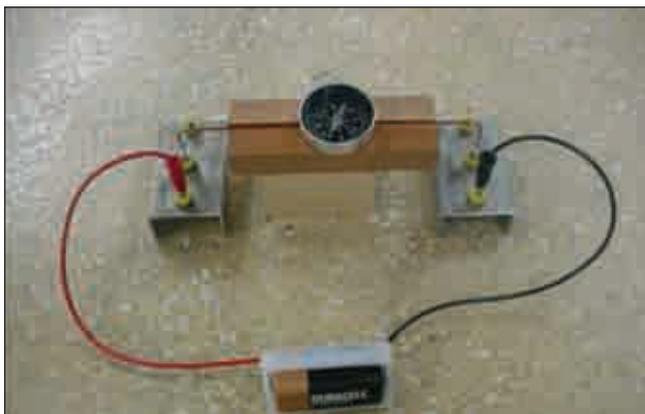


Figura 1 – Experimento utilizado em sala de aula

Posteriormente se posicionou a agulha perpendicular ao fio. Nesse caso, ao se fechar o circuito, a agulha permaneceu estável ou se deslocou  $180^\circ$  em relação à sua posição inicial, dependendo do sentido do campo magnético. Após a observação dos alunos, o professor indagou: *A bússola foi colocada em uma nova posição. Observamos que ela permaneceu parada. Isto entra em conflito com sua explicação anterior? Por favor, detalhe seus argumentos.*

As categorias de análises escolhidas estão relacionadas a alguns obstáculos epistemológicos sugeridos por Bachelard (1996): *a experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo substancialista, o obstáculo verbal e o obstáculo animista.*

## Resultados e análises

### Versões contidas nos livros didáticos de Física de ensino superior

- *Livro Didático 1*

Esse livro apresenta a data da descoberta do eletromagnetismo como sendo 1819. Ørsted fez sua primeira leitura do experimento em abril de 1820.

Em 1819, Oersted descobriu que uma agulha de bússola próxima de um fio condutor [...] exercia um torque sobre a agulha da bússola. (Keller et al., 1999, p.200)

- *Livro Didático 2*

Embora esse manual não apresente incorreções ao dar informações a respeito da descoberta do eletromagnetismo, ele pode induzir o aluno a pensar que a natureza do processo científico é demasiadamente simples, o que implicaria uma visão estereotipada da ciência, já que o excerto a seguir não evidencia a dinâmica do processo de construção do conhecimento.

As ciências da eletricidade e do magnetismo se desenvolveram separadamente durante séculos a partir destas origens modestas – mais precisamente até 1820, quando Hans Christian Oersted encontrou a ligação entre elas: [...]. É interessante saber que Oersted fez esta descoberta ao preparar uma aula prática para seus estudantes. (Halliday et al., 2003, p.2)

- *Livro Didático 3*

Aqui pode ser encontrado outro exemplo no qual a data da descoberta aparece equivocada. Outro ponto que vale ressaltar é que o livro traz a informação de que Ørsted posicionou a agulha perpendicular ao fio. Embora não possamos afirmar com certeza, ele não relata isto em seus escritos.

Em 1819, [...] Oersted, procurando ver se uma corrente elétrica atuaria sobre um ímã, colocou uma bússola (agulha imantada) perpendicular a um fio retilíneo por onde passava corrente, e não observou nenhum efeito. Entretanto, descobriu que, quando ela era colocada “paralelamente” ao fio, a agulha sofria uma deflexão, acabando por se orientar perpendicularmente a ele! (Nussenzweig, 1999, p.139).

- *Livro Didático 4*

Ørsted não tinha a concepção de que havia a presença de um campo magnético devido à passagem da corrente elétrica. Este tipo de citação incorre em anacronismo e pode comprometer a inserção da História da Ciência no ensino.

As primeiras fontes de campo magnético conhecidas foram os ímãs permanentes. Um mês depois de Ørsted anunciar a descoberta de que a posição da agulha de uma bússola é afetada por uma corrente elétrica, [...]. (Tipler, 2000, p.205).

- *Livro Didático 5*

Esse livro apresenta vários dados históricos que contrariam as evidências expostas anteriormente. A primeira verificação se deu em abril de 1820, porém, o efeito não foi “forte” o bastante, e não impressionou o público. Após três meses, em julho de 1820, Ørsted realizou a experiência novamente com uma bateria mais potente, o que fez a agulha defletir e ficar perpendicular ao fio; o excerto a seguir reporta apenas que ela defletiu bastante, o que pode levar o aluno a uma interpretação equivocada do fenômeno e a imaginar uma angulação muito diferente daquela ocorrida na experiência de julho. O livro não apresenta, ainda, que houve duas experiências no mesmo ano, uma em que a agulha defletiu muito pouco e outra, três meses mais tarde, em que ela defletiu e ficou perpendicular ao fio. Também, não há registros de que durante a sua aula ele tenha invertido o sentido da corrente elétrica. A informação de que Ørsted supunha que o magnetismo e a eletricidade galvânica pu-

dessem ser uma forma oculta de eletricidade também nos parece falsa. Sua concepção devida à *Naturphilosophie* era da unidade entre os fenômenos, ou seja, que os fenômenos elétricos e magnéticos tinham uma origem comum.

Outro cientista que concebia o magnetismo a partir da eletricidade foi André-Marie Ampère. Para ele, havia correntes microscópicas no interior do ímã responsáveis pelos fenômenos magnéticos. Ele explicava o fenômeno descoberto por Ørsted como a interação entre correntes elétricas.

No inverno de 1819, [...] Oersted [...] realizou durante sua aula, a experiência de passar uma corrente galvânica através de um fio localizado sobre uma agulha magnética, perpendicularmente à mesma. Não houve efeito algum. Após a aula, algo o impeliu a tentar a experiência com o fio paralelo à agulha. A agulha desviou bastante – e quando foi invertido o sentido da corrente, ela desviou-se para o outro lado! (Purcell, 1973, p.139)

## Interpretação dos livros didáticos

De maneira geral, podemos observar a pequena importância que esses livros atribuem a um fato histórico extremamente relevante. Os trechos que são abordados trazem informações que não condizem com o verdadeiro fato histórico e apresentam, em nosso ponto de vista, caricaturas sobre a História da Ciência. Eles ainda relativizam o trabalho do cientista e o processo de construção do conhecimento.

Percebe-se claramente, pela descrição dos livros didáticos, que a versão de Hansteen, segundo a qual a descoberta do eletromagnetismo foi acidental ou obra do acaso, predomina nos manuais analisados. Também encontramos nos livros 1, 3 e 5 a data da descoberta como sendo 1819, como Hachette afirmou, em vez de 1820, data que aparece nas publicações originais de Ørsted.

A versão de que Ørsted insistentemente posicionava a agulha perpendicular ao fio e que, ao decidir colocá-la paralelamente à corrente, o efeito foi observado, é veiculada pelos livros 3 e 5. Ørsted não relata isso em sua obra. Pelo que foi visto, foram seus princípios filosóficos que o conduziram à descoberta. Havia a hipótese de que o efeito poderia se irradiar do fio como luz e calor e, portanto, poderia existir alguma ação lateral.

Inicialmente, não houve um desvio tão intenso da agulha imanada como o livro 5 pode levar o leitor a imaginar, pois naquela época as baterias elétricas se descarregavam com facilidade. O próprio Ørsted reconheceu que na primeira experiência, em abril, o efeito pouco intenso não impressionou o público.

Não encontramos registros nas obras de Ørsted de que ele realmente tenha invertido o sentido da corrente perante o público, embora soubesse que, se mudasse a polaridade da bateria, os efeitos sobre a agulha magnética seriam invertidos.

## Experimento realizado em sala de aula

Esse simples experimento, além de ter representado na História de Ciência uma enorme contribuição para o desenvolvimento do eletromagnetismo, oculta problemas conceituais profundos. Procuramos categorizá-los dentro dos obstáculos epistemológicos bachelardianos.

- *A experiência primeira*

Para Santos (1998, p.40), “[...] quanto mais vivas e pitorescas são as experiências, maior interesse despertam e mais desviam atenção de aspectos não observáveis”. Sabe-se que uma agulha de latão (que não é magnética) não sofre a influência do campo gerado pela corrente elétrica. Ao fazermos essa demonstração, um aluno, ao ver que a agulha não se movimentava, inferiu que pelo fio não estava passando corrente, relatando que, “*se não ocorre corrente elétrica no fio, então o campo magnético da bússola não tem alterações,*

ou seja, o sentido da bússola não se altera apenas pela existência do fio” (A5). Portanto, para ele, a falta de interação foi devido à causa, e não o efeito.

A segunda questão apresenta duas situações possíveis. A agulha da bússola pode permanecer parada, ou pode se deslocar num ângulo de  $180^\circ$ , dependendo do sentido da corrente elétrica e, conseqüentemente, do campo magnético. Um aluno, ao observar o giro da agulha de  $180^\circ$ , interpretou o experimento da seguinte maneira: “desprezando os movimentos aleatórios da bússola, pois teria sido influenciado por ‘movimentos’ externos do experimento” (A16). Portanto, ele não atribui a causa à corrente elétrica, mas a ações de outra natureza, sem relação com o experimento em si. Na transposição de um conceito científico em sala de aula “é necessário que o professor passe continuamente da mesa de experiência para a lousa” (Bachelard, 1996, p.50).

- *O conhecimento geral*

Alguns alunos (A9), (A11), (A18), (A21) indicam o sentido do campo utilizando a regra da mão direita, mas isso não explica o sentido do campo. Essa regra é apenas um recurso mnemônico, fruto, talvez, de um “adestramento” dos cursinhos pré-vestibulares. Por exemplo: “A meu ver, acho que esses fenômenos têm a ver com a regra da mão direita” (A11). De acordo com os livros-textos, utilizando a mão direita e estendendo o polegar no sentido da corrente elétrica, os outros dedos indicam o sentido do campo por convenção. Suponhamos um fio desenhado na horizontal da folha de um caderno e que o sentido da corrente seja para a direita: apondo o polegar para a direita, os demais dedos vão envolver o fio, de modo que, abaixo do fio, o campo está entrando na folha e, acima do fio, o campo está saindo. O aluno (A24) diz: “o campo magnético ‘entra’ na folha”. De acordo com Martins (1988, p.50), “a regra da mão direita é um recurso mnemônico que, é claro, não explica nada”.

- *Obstáculo substancialista*

Na eletricidade estática, a atração elétrica entre corpos foi atribuída no passado a substâncias tenazes que exalavam dos materiais, por exemplo. Neste trecho, vemos que o aluno atribui propriedades magnéticas ao movimento dos elétrons: “*Quando a corrente passa, ela atrai o ponteiro da bússola*” (A8). Segundo Martins (1986, p.96), existiam duas ideias plausíveis e que não eram absurdas para a época: “ou que o fio, percorrido por uma corrente se tornasse algo semelhante a uma agulha magnetizada”; ou que “o fio se tornasse um polo magnético”. A impressão que temos é que o aluno atribui ao fio, devido à passagem da corrente elétrica, uma propriedade semelhante a uma das mencionadas por Martins (1986).

Para explicar o fato de o ponteiro da bússola não sofrer interferência magnética, o aluno argumenta: “*O que pode ocorrer para ela ficar parada seja o fato das cargas se anularem, ou seja, o número de elétrons igual ao de prótons*”. Nesse caso, segundo o estudante, as cargas elétricas, ao se anularem, não exerceriam efeito sobre o ponteiro da bússola. Ørsted acreditava na existência de dois fluidos, e isso o levava a supor que a corrente galvânica transportaria, em sentidos opostos, no mesmo fio, cargas elétricas positivas e negativas” (Martins, 1986, p.95); no entanto, essas cargas não se anulavam como o aluno relata, mas havia um conflito entre elas.

O estudante (A20) explica: “*a bússola aponta no sentido do giro dos elétrons (do campo, não sei se são exatamente os elétrons que ‘giram’)*”. Para o estudante, é necessário que haja uma substância ou uma partícula girando ao redor do fio. Para ele não fica claro o que realmente gira ao redor do fio condutor.

- *Obstáculo verbal*

As palavras “campo” e “força” contêm ideias abstratas com um caráter autoexplicativo que obstaculiza o espírito. O estudante identificado pela sigla (A1) se refere ao “*campo elétrico agindo sobre a bússola*”. O aluno (A7) explica: “*a bússola quando aproximada do fio sofre uma interferência do campo elétrico do fio*”. O campo elétrico é estabelecido pela diferença de potencial nas extremidades do

fio, responsável pela passagem da corrente elétrica. Portanto, o campo elétrico não é o responsável direto pelo deslocamento da agulha da bússola.

Alguns alunos, por estarem tratando de fenômenos eletromagnéticos, não diferenciam campo elétrico de campo magnético e denominam o conflito de “*campo eletromagnético*”. Os estudantes (A3), (A6), (A12), (A20), (A21) e (A22) atribuem ao campo eletromagnético o deslocamento da agulha magnética.

O estudante (A8) explica que o que interfere no deslocamento da agulha é a “*corrente cíclica*”, expressão que ele utiliza para expressar a ideia de campo magnético; e admite que o segundo experimento entrou em conflito com a sua explicação, pois ele tinha considerado apenas a corrente como variável que interfere no fenômeno, desconsiderando o campo magnético da terra.

“O obstáculo verbal está relacionado com o uso desajustado de imagens, analogias e metáforas, quando, na prática pedagógica, tendem a reforçar e/ou a fazer regredir concepções alternativas radicadas no imaginário” (Santos, 1998, p.141).

- *O obstáculo animista*

É óbvio que alunos não atribuem vida aos fenômenos, mas utilizam palavras impróprias, do vocabulário usual, na tentativa de expressar seu pensamento em relação a sua explicação. Por exemplo: “*Criando um campo magnético que de certa forma ‘confunde’ a agulha da bússola, alterando sua ‘visão’ de polo sul e norte*” (A17), ou, para um outro estudante, “... *no sentido que a corrente ‘caminha’*” (A20). As palavras destacadas, embora não tenham para o aluno um significado denotativo, bloqueiam o pensamento. Para Bachelard (1996, p.101), “o perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras”.

## Considerações finais

Procuramos mostrar neste trabalho que os manuais escolares, em alguns momentos, apresentam a História da Ciência de maneira superficial e errônea. Esses livros apresentam uma ciência pronta e acabada cuja finalidade é simplesmente abordar o conteúdo específico sem maior preocupação com outros fatores, tal como a natureza da ciência, o processo de construção do conhecimento, a imagem do cientista, etc. O trabalho do cientista não se resume à observação ou à execução de experimentos; envolve também a elaboração criativa de hipóteses, teorias e modelos, bem como é influenciada por teorias que porventura sejam de seu conhecimento.

No caso da Física, pudemos mostrar que Ørsted não foi um *sortudo* que colocou a bússola próxima ao fio e “descobriu” o eletromagnetismo. Ele era um renomado professor de uma das mais conceituadas universidades da Europa (Copenhague) e secretário vitalício e membro da Academia de Ciências de Copenhague. Tinha um amplo conhecimento sobre Química, Física e Filosofia Natural. Além disso, se mantinha informado sobre o que acontecia em relação à eletricidade e ao magnetismo e era conhecedor dessas teorias, sendo, portanto, considerado uma pessoa-chave para a unificação dos fenômenos por suas concepções filosóficas.

O estudo dos erros sobre o experimento de Ørsted foi desenvolvido não como crítica vazia ou mera indicação dos deslizes dos autores, mas como um esforço dirigido para a tentativa de melhoria da utilização de fatos históricos no ensino.

De acordo com Santos (1998, p.233), “os erros históricos da ciência (devidamente reencenados) poderão contribuir, [...] para antecipar e compreender concepções alternativas dos alunos”. Assim, o estudo da História da Ciência e a realização de um experimento fundamental ao surgimento e desenvolvimento do eletromagnetismo clássico possibilitaram uma estratégia didática relevante no estudo dos processos cognitivos.

Os dados obtidos com a pesquisa em sala de aula mostraram que os alunos trazem concepções que muitas vezes dificultam a aquisição de um saber mais elaborado. Em relação à análise dos livros, pudemos notar que os erros encontrados para o caso estudado reforçam esses obstáculos de forma a apresentar o desenvolvimento histórico de forma aligeirada e meramente ilustrativa, quando na verdade eles poderiam auxiliar na superação desses obstáculos.

## Referências bibliográficas

- BACHELARD, G. *A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico*. 5.ed. Lisboa: Presença, 1991. 135p.
- \_\_\_\_\_. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 3.reimp. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316p.
- DIAS, P. M. C. A (im)pertinência da história ao aprendizado da Física (um estudo de caso). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.23, n.2, p.226-35, 2001.
- KIPNIS, N. Chance in science: the discovery of electromagnetism by H. C. Ørsted. *Science & Education*, v.14, p.1-28, 2005.
- LANGEVIN, P. O valor educativo da História das Ciências. In: GAMA, R. (Org.). *Ciência e técnica: antologia de textos históricos*. São Paulo: T. A. Queiroz, 1992.
- MAGALHÃES, G. Ciências e Filosofia da Natureza no século XIX: eletromagnetismo, evolução e ideias. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 10. Belo Horizonte, 2005. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 2005. (CD-ROM).
- MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.5, p.49-57, 1988.
- \_\_\_\_\_. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v.10, p.89-114, 1986.
- ØRSTED, H. C. Experiments on the effect of a current of electricity on the magnetic needle. *Annals of Philosophy*, v.16, p.273-77,

1820. Disponível em <<http://www.ampere.cnrs.fr>>. Acesso em 26/3/2008.
- ØRSTED, H. C. Experiência sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética. Trad. Roberto Martins. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, v.10, p.115-22, 1986.
- \_\_\_\_\_. New electro-magnetic experiments. In: *Selected scientific works of Hans Christian Ørsted*, Trad. e edit. Karen Jerved, Andrew D. Jackson, Ole Knudsen. Nova Jersey: Princeton University Press, 1998. p.421-4.
- \_\_\_\_\_. Thermo-electricity. In: JELVED, K., JACKSON, A. D., KNUDSEN, O. *Selected scientific works of Hans Christian Ørsted*. Nova Jersey: Princeton University Press, 1998b. p.543-80.
- SANDRIN, M. F. N., PUORTO, G., NARDI, R. Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.10, n.3, 2005.
- SANTOS, M. E. V. M. *Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado*. 2.ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1998. 238p.
- STAUFFER, R. C. Persistent errors regarding Ørsted's discovery of electromagnetism. *Isis*, v.44, n.4, p.307-10, 1953.

### Referências aos livros didáticos analisados

- KELLER, F. J., GETTYS, W. E., STOKE, M. J. *Física*. São Paulo: Makron, 1999. v.2.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. *Fundamentos da Física: eletromagnetismo*. 6.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos Editora, 2003. v.3.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica: eletromagnetismo*. São Paulo: Afiliada, 1999. v.3.
- PURCELL, E. M. *Curso de Física Berkeley: eletricidade e magnetismo*. Brasília: Instituto Nacional do Livro; São Paulo: Edgard Blücher, 1973. v.2.
- TIPLER, P. A. *Eletricidade e magnetismo, ótica*. 4.ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos Científicos, 2000. v.2.

**DOIS PRINCÍPIOS DE DU FAY  
PARA A ELETRICIDADE: UMA ANÁLISE  
DE COMO A DISCUSSÃO EM SALA DE  
AULA PODE AUXILIAR OS ALUNOS NA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO  
CONCEITO DE CARGA ELÉTRICA<sup>1</sup>**

*Sérgio Luiz Bragatto Boss<sup>2</sup>*

*Moacir Pereira de Souza Filho<sup>3</sup>*

*João José Caluzi<sup>4</sup>*

- 
1. Este trabalho foi apresentado inicialmente no XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física (Boss et al., 2009).
  2. Professor assistente. Centro de Formação de Professores – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Amargosa, Bahia. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. *e-mail*: serginho@fc.unesp.br.
  3. Professor assistente doutor. Departamento de Física, Química e Biologia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Presidente Prudente, São Paulo. *e-mail*: moacir@fct.unesp.br.
  4. Professor assistente doutor. Departamento de Física – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. *e-mail*: caluzi@fc.unesp.br.

## Introdução

Dificuldades sobre a aquisição e compreensão de conceitos científicos, bem como questões referentes ao processo ensino-aprendizagem de tais conceitos têm sido objeto de estudo de diversas pesquisas na área de ensino de Ciências. Essas pesquisas são importantes tendo em vista a forma como o ensino tem sido realizado. Sobre isso, é possível citar os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs):

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos. Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam de seu significado físico efetivo. Insiste na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automatização ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas. (Brasil, 2000, p.22)

Somadas a isso, temos as próprias dificuldades intrínsecas à compreensão dos conteúdos e conceitos da Física, que muitas vezes são ignoradas pelos professores, que tratam aquele conteúdo como algo bastante fácil de entender. A Física é difícil e não é trivial, mas, com o passar do tempo, a utilização de certos conceitos tende a banalizar um conteúdo cuja compreensão é bastante laboriosa. Essa banalização faz com que dificuldades conceituais sejam subestimadas e conceitos sejam tratados como óbvios e evidentes, levando alunos à crença equivocada de que teorias, conceitos e fenômenos físicos são “mágicos” (Dias, 2001, p.226). Segundo Robilotta

(1988, p.9), “ao tratarmos de modo simplificado um corpo de conhecimento que é muito complicado e repleto de sutilezas, podemos acabar por fazer com que ele se torne ininteligível aos estudantes”.

Nesse contexto, há algum tempo tem se discutido a validade e a importância da inserção da História da Ciência (HC) nos currículos escolares, tanto em nível médio como superior. A inserção ou a utilização da HC no ensino de Ciências justifica-se por várias razões e objetivos (Matthews, 1995, p.172-3); dentre eles, a HC pode ser utilizada para auxiliar na compreensão dos conceitos científicos (Matthews, 1994, p.50). Sendo assim, este trabalho apresenta uma breve discussão sobre como o estudo de um caso histórico pode auxiliar alunos a compreender melhor o conceito de carga elétrica. Neste trabalho utilizamos o caso histórico dos dois princípios propostos por Charles François de Cistenay Du Fay (1698-1739) para a eletricidade. Como referencial teórico, utilizamos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Entendemos que a HC e a teoria da aprendizagem significativa podem contribuir para melhorar a compreensão do conteúdo específico e a superar o “mar de sem-sentido” constituído de “fórmulas”, equações e expressões matemáticas que os estudantes expressam sem compreender o seu significado real (Vannucchi, 1996, p.19). O estudo histórico permite a análise conceitual; permite que os conceitos sejam revistos; revela como se deu a formulação de um conceito, apresenta as perguntas que foram respondidas pelo seu surgimento e evidencia as questões e os problemas que o originaram; revela o papel e a função do conceito dentro da teoria; permite reviver os elementos do pensar de um determinado momento histórico e assim revela a lógica da construção conceitual (Dias, 2001, p.226-7; Dias & Santos, 2003, p.1.616). Segundo Villani et al. (1997, p.44), para tornar algumas teorias inteligíveis para os alunos de graduação (e.g., a teoria da relatividade, mecânica quântica, etc.), é necessário complementar e enriquecer os processos atuais de ensino, indo além dos aspectos experimentais e matemáticos. Os autores sugerem que isso pode ser feito por meio

de discussões sobre os princípios científicos, da análise histórica da gênese e do desenvolvimento de teorias e conceitos.

Apresentaremos neste trabalho algumas considerações sobre como um estudo de caso histórico pode auxiliar a compreensão do conceito de carga elétrica, tendo em vista a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Partimos da ideia de que a inserção da HC no ensino de Ciências, quando feita por meio de metodologias específicas, pode auxiliar os alunos na construção de subsunçores que, posteriormente, podem ser utilizados pelos aprendizes como subsídios para a aprendizagem significativa de conceitos científicos. No seu trabalho de mestrado, Boss (2009) discute a aquisição de subsunçores por alunos de ensino superior após discussões de excertos de traduções de fontes primárias. Acreditamos que esse seja um caminho que pode levar a contribuições importantes para o processo de ensino-aprendizagem de conceitos físicos.

## **Referencial teórico – a teoria da aprendizagem significativa**

Cabe ressaltar que, em função dos limites de espaço do presente texto, pontuar-se-ão apenas aspectos essenciais dessa teoria, necessários para analisar a situação investigada. A finalidade da aprendizagem significativa é a aquisição de novos significados. O cerne desse processo de aprendizagem pode ser representado pela ideia de que um novo conhecimento, ao ser aprendido, é relacionado de forma *não arbitrária e não literal* a aspectos relevantes que o aprendiz já possui em sua estrutura cognitiva (e.g., uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, etc.) (Ausubel et al., 1980, p.34; Ausubel, 1968, p.38-9). Esses aspectos relevantes da estrutura cognitiva, que servem de ancoradouro ou esteio para o novo conhecimento, são chamados de *subsunçores*, de forma que, quando o aluno se depara com uma nova ideia, para assimilá-la de forma significativa é necessário utilizar informações obtidas anteriormente e que estejam claras e diferenciadas em sua

estrutura cognitiva. Diz-se então que houve aprendizagem significativa quando o novo conteúdo entra na rede de conhecimentos do aprendiz se relacionando de forma *não arbitrária e não literal* às aquelas informações obtidas anteriormente.

Uma vez que o aluno não possua em sua estrutura cognitiva as informações relevantes para o novo conteúdo se apoiar, não será possível a aprendizagem significativa, podendo ocorrer então a memorização de definições, conceitos ou proposições, sem que haja a compreensão do significado das palavras que os compõem, ou da relação expressa por tais palavras. Por exemplo, um aluno pode aprender a Lei de Ohm, que afirma que a diferença de potencial ( $V$ ) é diretamente proporcional à corrente elétrica ( $i$ ) em um circuito.<sup>5</sup> Entretanto, essa proposição só será aprendida significativamente se o estudante souber previamente o significado dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica e o conceito de direta e inversamente proporcional; além disso, é preciso que o aluno esteja disposto a aprender e busque relacionar tais conceitos tal como estão expressos na Lei de Ohm (Ausubel et al., 1980, p.35).

Além da estrutura cognitiva, a teoria ressalta a importância das *tarefas de ensino* para o processo de aprendizagem e atribui um *potencial significativo* a elas. Há dois fatores que determinam o potencial significativo: 1) a natureza do conteúdo a ser ensinado, que deve ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, para que possa ocorrer uma relação não arbitrária e não aleatória com informações relevantes localizadas no campo da capacidade intelectual humana; e 2) a própria estrutura cognitiva de cada aluno, uma vez que a aquisição de significados ocorre individualmente, portanto, não basta que o conteúdo a ser ensinado seja apenas relacionável às ideias relevantes que a maioria dos seres humanos pode adquirir, é necessário que tais

---

5.  $V = iR$  – É importante ressaltar que essa equação define a resistência  $R$  para qualquer condutor que obedeça ou não à Lei de Ohm, entretanto, ela só pode ser chamada de Lei de Ohm quando  $R$  é constante, isto é, a Lei de Ohm expressa uma proporcionalidade direta (para alguns materiais) entre diferença de potencial ( $V$ ) e a corrente elétrica ( $i$ ) (Young & Freedman, 2004, p.139).

ideias relevantes estejam disponíveis na estrutura cognitiva de cada aluno (Ausubel et al., 1980, p.36-7).

Na aprendizagem significativa não ocorre apenas uma conexão simples entre o novo conteúdo e os conhecimentos que o aluno possui; ocorre uma relação mais “forte”, sendo que tanto a nova informação quanto os subsunçores se modificam no processo de aprendizagem (Ausubel et al., 1980, p.48; Moreira & Masini, 1982, p.13). É provável que o conteúdo aprendido significativamente se torne menos suscetível ao esquecimento e menos vulnerável à interferência de novas associações do que conteúdos memorizados, tornando-se, portanto, mais fácil de ser lembrado (Ausubel et al., 1980, p.54).

A teoria define algumas formas de aprendizagem significativa. 1) Na aprendizagem *subordinativa derivativa*, o novo conteúdo (*a*) é ligado a uma ideia superordenada (*A*) da estrutura cognitiva e representa um exemplo ou extensão de (*A*); nessa relação, os atributos essenciais do conceito (*A*) não sofreram alterações. 2) Na aprendizagem *subordinativa correlativa*, o novo conteúdo (*a*) é ligado à ideia (*A*), mas agora ele é uma extensão, modificação ou qualificação de (*A*); nessa interação, os atributos essenciais do conceito subordinativo (*A*) podem ser ampliados ou modificados. 3) Na *aprendizagem superordenada*, as ideias (*a1*), (*a2*) e (*a3*) da estrutura cognitiva são consideradas exemplos mais específicos do novo conteúdo (*A*) e passam a associar-se a ele; aqui, a ideia superordenada (*A*) passa a ser definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange as ideias subordinativas. 4) Na *aprendizagem combinatória*, o novo conteúdo (*A*) é relacionável às ideias existentes (*B*), (*C*) e (*D*), mas não é nem mais abrangente nem mais específico do que elas; aqui, o novo conteúdo (*A*) tem alguns atributos essenciais em comum com as ideias preexistentes (Ausubel et al., 1980, p.57; Ausubel, 2003, p.111). O resultado da interação entre o novo conteúdo potencialmente significativo e uma ideia presente na estrutura cognitiva é denominado *assimilação*, o que origina uma estrutura mais diferenciada, sendo que boa parte da aprendizagem significativa é fundamentalmente a assimilação dos novos conteúdos (Ausubel et al., 1980, p.57-8).

A teoria em questão propõe uma estratégia para facilitar e auxiliar a aprendizagem significativa, manipulando a estrutura cognitiva do aprendiz. A estratégia envolve o uso de materiais introdutórios apropriados mais gerais e inclusivos, claros e estáveis, que são denominados *organizadores prévios*. Estes são introduzidos antes do conteúdo programático, com a finalidade de gerar condições cognitivas para a aprendizagem significativa, propiciando condições para que o aprendiz adquira subsunçores e aumentando a discriminabilidade entre aquilo que o aluno já sabe e o conteúdo a ser aprendido (Ausubel et al., 1980, p.143; Ausubel, 2003, p.66; Moreira & Masini, 1982, p.11). Assim, sua principal função é servir como ponte entre aquilo que o aluno já sabe e aquilo que ele deve aprender, ou seja, são úteis na medida em que funcionam como *pontes cognitivas* (Moreira & Masini, 1982, p.12). Segundo Ausubel, “quando se tenta influenciar intencionalmente a estrutura cognitiva, de forma a maximizar a aprendizagem e a retenção significativa, está-se no âmbito do processo educativo” (Ausubel, 2003, p.62).

## Metodologia

Neste trabalho, vamos nos restringir a um ponto específico do trabalho de Du Fay, isto é, a proposição dos dois princípios para a eletricidade. Procuraremos evidenciar quais características e elementos dessa proposição podem subsidiar a aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica, bem como apontar de que maneira tais características e elementos podem, segundo a teoria de David Ausubel, auxiliar na aprendizagem daquele conceito físico. Para tanto, apresentamos duas citações diretas, excertos de dois textos de Du Fay, que expressam os seus dois princípios para a eletricidade.

## Princípios de Du Fay para a eletricidade

Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739) foi um importante pesquisador da eletricidade no século XVIII, realizou vários experimentos sobre eletrostática, muitas vezes inspirado por trabalhos de outros pesquisadores da eletricidade, como Otto von Guericke (1602-1686), Francis Hauksbee (1660-1713) e Stephen Gray (1666-1736). Em um de seus artigos, Du Fay (1735) menciona que, ao realizar um experimento de Guericke, descobriu<sup>6</sup> um princípio, que posteriormente será denominado *primeiro princípio*, sobre a eletricidade que poderia explicar os fenômenos elétricos:<sup>7</sup>

[...] realizando o Experimento relatado por Otho de Guericke na sua Coleção de Experimentos de Spatio Vácuo, o qual consiste em eletrizar uma Bola de Enxofre para repelir uma Pena,<sup>8</sup> percebi que o mesmo efeito foi produzido não somente pelo Tubo [de vidro], mas por todos os corpos elétricos.<sup>9</sup> Eu descobri um Princípio muito

- 
6. A palavra “descoberta” possui implicações epistemológicas que não serão discutidas neste trabalho, pois foge ao seu escopo. Utilizamos o referido termo com o seguinte significado: “produção de uma nova síntese de ideias e, especialmente, combinação de novos meios com vista a um fim” (Lalande, 1999, p.597).
  7. Algumas palavras foram grafadas com letras maiúsculas no meio das frases, tal como no texto original. Os colchetes [p. ] indicam a paginação original do texto. As palavras entre colchetes são inserções dos tradutores no texto. Todas as notas de rodapé e figuras dos dois excertos de textos de Du Fay foram inseridas pelos tradutores.
  8. A ilustração do experimento realizado por Guericke pode ser visto na Figura 1. Vale ressaltar que o experimento de Guericke não estava relacionado à eletricidade – essa associação ocorre posteriormente –, buscava-se com ele discutir as semelhanças entre a Terra e o globo de enxofre. Uma discussão sobre o assunto pode ser encontrada em Assis (2010, p.66-73).
  9. Du Fay utilizava os termos “elétrico” e “não elétrico” para designar o que, atualmente, são denominados materiais *isolantes* e *condutores*, respectivamente. Os termos “condutores” e “não condutores” foram introduzidos posteriormente a ele, por Jean Theophilus Desaguliers (1683-1744). É importante destacar que os termos “elétrico” e “não elétrico” foram propostos por William Gilbert (1540-1603), sendo que elétricos eram os materiais que apresentavam a

simples, que explica grande parte das irregularidades, e se eu puder usar o Termo, dos Caprichos que parecem acompanhar a maioria dos Experimentos em Eletricidade. Este princípio é: Corpos Elétricos atraem todos aqueles que não estão desta forma, e os repelem assim que eles tornam-se elétricos, pela Proximidade ou pelo Contato com o Corpo Elétrico. Desta forma, [p.263] a Lâmina de Ouro é primeiramente atraída pelo Tubo [de vidro atritado], adquire Eletricidade por aproximar-se dele e, conseqüentemente, é imediatamente repelida.<sup>10</sup> A lâmina não é atraída novamente enquanto reter a Qualidade elétrica. Mas se, enquanto ela estiver suspensa no Ar, eventualmente tocar em algum outro Corpo, ela imediatamente perde sua Eletricidade e conseqüentemente é atraída novamente pelo Tubo, que, após dar a ela uma nova Eletricidade a repele pela segunda vez. Isto ocorre enquanto o Tubo mantiver sua Eletricidade. Aplicando este Princípio a vários Experimentos sobre Eletricidade fiquei surpreso com o Número de fatos obscuros e confusos que ele clareou. O famoso Experimento do Globo de Vidro do Senhor Hauksbee, no qual Linhas de Seda são usadas, é uma consequência necessária deste [princípio].<sup>11</sup> Quando estas Linhas são estendidas de Forma Radial pela Eletricidade, em direção ao Globo, se o Dedo for colocado próximo ao Lado de Fora do Globo, a linha dentro [do globo] afasta-se do dedo, como é bem conhecido. O que acontece somente devido à aproximação do Dedo, ou algum

---

mesma propriedade do âmbar (do grego *elektron*) de atrair pequenos objetos quando atritados, e não elétricos eram os materiais que não apresentavam tal característica. Quando Gray, em 1729, chega à conclusão de que existem materiais que podem conduzir a virtude elétrica e que há materiais que não a conduzem, esses termos passam a ter, também, outro significado, passando a designar, ainda, os materiais condutores (não elétricos) e os não condutores (elétricos) (Boss, 2009, p.91-2).

10. Neste experimento, uma pequena lâmina de ouro é solta no ar sobre um tubo de vidro eletrizado por atrito. Dessa forma, a lâmina é atraída pelo tubo, toca-o e passa a ser repelida por ele, flutuando no ar sobre o tubo (Assis, 2010, p.111). Experimentos feitos com material de baixo custo que ilustram muito bem essa situação podem ser encontrados em Assis (2010, p.106-10).

11. Ver Figura 2.

outro corpo colocado próximo ao Globo de Vidro, esta aproximação eletriza o corpo, e conseqüentemente repele a Linha de Seda, que são dotadas com semelhante Qualidade [elétrica]. Com um Pouco de reflexão podemos, da mesma maneira, explicar a maioria dos outros Fenômenos, aparentemente inexplicáveis, se atentarmos para este Princípio. (Du Fay, 1735, p.262-3, tradução extraída de Boss & Caluzi, 2007, p.642)

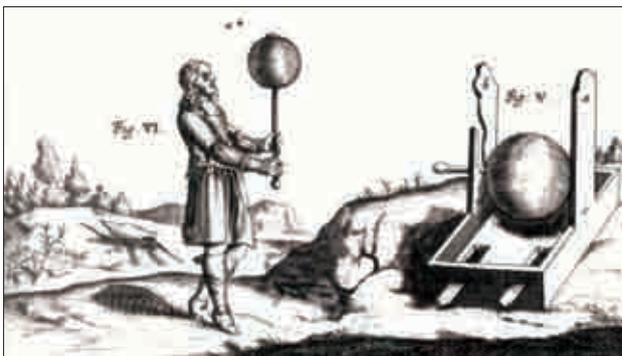


Figura 1 – Neste experimento, Guericke mantém uma penugem flutuando sobre uma esfera de enxofre atritada. Imagem extraída de Guericke, 1672, p.129.

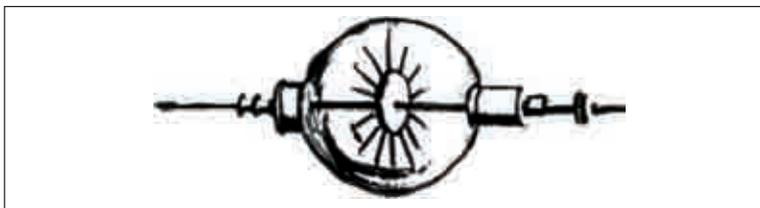


Figura 2 – Esquema obtido do livro *Physical-mechanical experiments*, de Francis Hauksbee.

Após concluir sobre o *primeiro princípio*, Du Fay continuou a realizar experimentos, e então chegou à conclusão de um segundo princípio sobre a eletricidade:

Comecei por sustentar no ar, com o mesmo tubo [de vidro atritado], duas folhas de ouro [eletrizadas pelo contato com o tubo] e elas sempre ficavam distantes uma da outra, seja qual fosse o esforço que eu fizesse para aproximá-las (ver Figura 3). Isto devia acontecer assim porque ambas estavam elétricas. Mas, assim que uma das duas [folhas] tocava a mão ou qualquer outro corpo, elas se uniam uma à outra, uma vez que uma delas foi tocada e perdeu sua eletricidade (ver Figura 4). Então, a outra [folha de ouro, ainda eletrizada,] a atrai e tende a ir a sua direção. Tudo isso está perfeitamente de acordo com minha hipótese [inicial], mas o que me desconcertou prodigiosamente foi a experiência a seguir.

Tendo elevado ao ar uma folha de ouro por meio do tubo [de vidro eletrizado], aproximei dela um pedaço de goma copal atritado e tornado elétrico. A folha se aplicou nele [foi atraída] e ali permaneceu (ver Figura 5). Confesso que esperava um efeito completamente contrário, porque segundo meu raciocínio [inicial], a copal, que estava elétrica, deveria repelir a folha que também estava elétrica. Repeti a experiência um grande número de vezes acreditando que eu não tinha apresentado à folha [que flutuava] a região que havia sido atritado [na copal], e desta forma, [a folha] se comportava como faria em relação ao meu dedo ou a qualquer outro corpo [não eletrizado]. Mas, tendo feito sobre ela todas as minhas medidas, de maneira a não restar nenhuma dúvida, me dei por convencido que a copal atraía a folha de ouro, embora ela [a folha] tenha sido repelida pelo tubo [de vidro eletrizado]. A mesma coisa acontecia ao aproximar a folha de ouro de um pedaço de âmbar ou de cera da Espanha atritada.

Depois de várias outras tentativas que não me satisfizeram em absoluto, aproximei da folha de ouro repelida pelo tubo [eletrizado], uma bola de cristal de rocha atritada e tornada elétrica. Ela [a bola] repeliu essa folha da mesma maneira que o tubo o fizera. Um outro tubo [de vidro eletrizado] que apresentei à mesma folha a repeliu da mesma forma. Enfim, não pude duvidar que o vidro e o cristal de rocha se comportam precisamente de maneira contrária ao comportamento da goma copal, do âmbar e da cera da Espanha.

Assim, a folha [de ouro] que era repelida por alguns [objetos], por causa da eletricidade que ela havia contraído, era atraída por outros. Isso me fez pensar que havia, talvez, dois tipos diferentes de eletricidade – o que foi confirmado pelas experiências seguintes.<sup>12</sup>

[...]

Aqui estão, constantemente, duas eletricidades de naturezas completamente diferentes, a saber, aquela dos corpos transparentes e sólidos, como o vidro, o cristal, etc., e aquela dos corpos betuminosos e resinosos como o âmbar, a goma copal, a cera da Espanha, etc. Uns e outros repelem os corpos que contraíram uma eletricidade de mesma natureza que a deles; e atraem, ao contrário, aqueles cuja eletricidade é de uma natureza diferente da deles. Nós acabamos de ver, até mesmo, que os corpos que não estão eletrizados podem adquirir cada uma dessas eletricidades e que, então, seus efeitos são semelhantes àqueles efeitos dos corpos que os comunicaram [a eletricidade].<sup>13</sup>

[...]

Aqui estão, portanto, duas eletricidades bem demonstradas, e não posso abster-me de dar-lhes nomes diferentes para evitar a confusão dos termos e/ou o incômodo de definir, a cada instante, aquela da qual quero falar. Chamarei, portanto, uma de *eletricidade vítrea* e outra de *eletricidade resinosa*. Não que eu pense que haja apenas corpos da natureza do vidro que sejam dotados de uma, e os materiais resinosos da outra, uma vez que possuo fortes provas do contrário. Mas é porque o vidro e a copal são os dois materiais que me permitiram descobrir as duas diferentes eletricidades. (Du Fay, 1733, tradução nossa).<sup>14; 15</sup>

12. Páginas 464-5 do original.

13. Página 467 do original.

14. Página 469 do original.

15. Uma outra tradução deste trecho pode ser encontrada em Assis, 2010, p.111-3.



Figura 3 – Sobre um tubo de vidro eletrizado por atrito flutuam, devido à repulsão elétrica do tubo, duas folhas de ouro eletrizadas por contato com o tubo atritado, as quais também se repelem mutuamente. As setas na figura indicam a repulsão entre os corpos. A letra “A” na figura do tubo de vidro significa que ele está atritado.

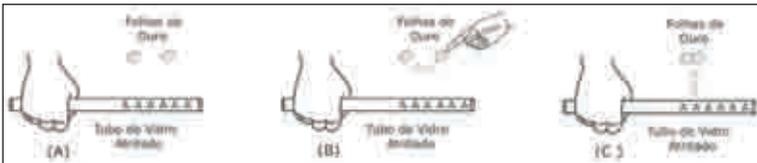


Figura 4 – (A) Sobre um tubo de vidro eletrizado por atrito flutuam duas folhas de ouro eletrizadas por contato com o tubo atritado, se repelindo mutuamente. (B) Uma mão toca uma das folhas de ouro que flutuam e por isso as folhas se atraem. (C) As duas folhas unidas flutuam sobre o tubo de vidro eletrizado.

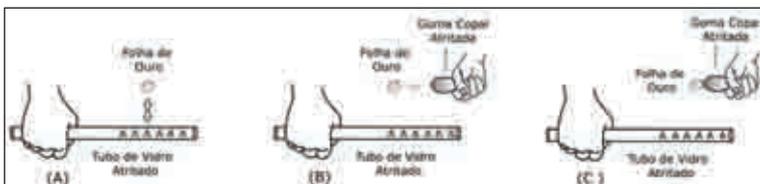


Figura 5 – (A) Folha de ouro eletrizada, por meio de contato com o tubo, flutua sobre o tubo eletrizado. (B) Um pedaço de goma copal atritada é aproximado da folha de ouro eletrizada. (C) A folha de ouro eletrizada é atraída e se fixa no pedaço de goma copal eletrizado.

## Discussões e considerações finais

Os princípios de Du Fay para a eletricidade possuem elementos importantes que podem auxiliar a aprendizagem do conceito de *carga elétrica*. O primeiro princípio afirma que corpos eletrizados se repelem, e um corpo eletrizado atrai um corpo não eletrizado. No segundo princípio, a interação se dá de forma diferente, pois Du Fay propõe a existência de *duas eletricidades distintas* (*vítrea* e *resinosa*), sendo que corpos de mesma eletricidade se repelem e com eletricidades diferentes se atraem. Um aspecto importante em ambos os princípios é a interação atrativa e repulsiva, bem como as características elétricas dos corpos envolvidos – não eletrizados e eletrizados (com eletricidade *vítrea* ou *resinosa*). Vamos ver, então, como o conceito de carga é definido e de que forma esses conhecimentos sobre os princípios de Du Fay podem fornecer subsídios para a aprendizagem significativa.

O texto apresenta *como* Du Fay chegou à conclusão de que deveriam existir duas eletricidades distintas; é importante notar que os princípios são propostos para tentar explicar os fenômenos elétricos observados por ele, e que o segundo princípio vem para *resolver um problema* de que o primeiro princípio não dava conta, a interação atrativa entre dois corpos eletrizados (Boss & Caluzi, 2007, p.639). Os excertos dos textos citados anteriormente evidenciam como se deu a primeira conclusão sobre o fato de que a matéria poderia ser composta por características elétricas distintas, e ressalta os aspectos empíricos e experimentais que são essenciais para que Du Fay pudesse propor a existência das duas eletricidades distintas. Segundo Dias e Santos, conhecer aspectos históricos de *como* um conceito foi proposto e o *porquê* pode auxiliar no entendimento conceitual, sendo, dessa forma, elemento importante para aprendizagem significativa (Dias, 2001, p.226; Dias & Santos, 2003, p.1.616).

Segundo Young & Freedman (2004, p.1-2), não é possível especificar exatamente o que é a carga elétrica, mas é possível descrever

seu comportamento e suas propriedades; os autores afirmam ainda que a carga elétrica é uma das principais propriedades das partículas que constituem a matéria, tal como a massa. Sobre isso, Nussenzveig (2001, p.3) afirma que a carga elétrica é um análogo da massa gravitacional, no entanto, a carga elétrica se manifesta de duas formas distintas, denominadas convencionalmente de *positiva* e *negativa*, e é isto que leva à possibilidade da *atração* e da *repulsão*, ao passo que a interação entre massas é sempre atrativa. Dessa forma, podemos dizer que a carga elétrica é uma propriedade intrínseca de partículas que constituem a matéria. Ela se apresenta na natureza de duas formas diferentes e convencionalmente chamadas de positiva (carga do próton) e negativa (carga do elétron). Uma outra característica importante da carga elétrica é a interação com outra carga – podendo ocorrer atração se forem cargas diferentes ou repulsão se forem cargas iguais. Tendo em vista isso, é possível discutir os princípios de Du Fay destacando o comportamento e as propriedades da *eletricidade* em sua teoria. Tais propriedades e características são próprias da carga elétrica, o que pode auxiliar a aprendizagem do conceito. Além disso, a discussão sobre os princípios de Du Fay apresenta questões importantes sobre como ele chegou à conclusão sobre as duas eletricidades, evidenciando os aspectos experimentais que foram importantes neste trabalho, como já comentamos.

Note que, na teoria de Du Fay, a atração ocorre sempre entre corpos em “estados elétricos”<sup>16</sup> distintos – (1) eletrizado e não eletrizado ou (2) eletrizado com eletricidade *vítrea* e eletrizado com eletricidade *resinosa*. A repulsão, por sua vez, ocorre entre corpos com mesmo “estado elétrico” – eletrizado com eletricidade *vítrea* e eletrizado com eletricidade *vítrea*, sendo que ocorre o mesmo para a eletricidade *resinosa*. Quando o aluno adquire os conhecimentos

---

16. Definimos como “estado elétrico” a condição (ou característica) do corpo: *não eletrizado* (*neutro*) ou *eletrizado*. Sendo que, no “estado elétrico” eletrizado, o corpo pode estar com eletricidade de uma ou outra natureza, portanto, podem existir dois “estados elétricos” associados ao fato de o corpo estar eletrizado.

referentes a essas características da interação repulsiva/atrativa entre dois corpos, ele adquire atributos essenciais do conceito de carga elétrica. No momento em que o conteúdo sobre carga for ministrado, aqueles atributos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem ser reunidos sob uma definição mais geral de carga, como aquela mencionada por Young & Freedman (2004) e Nussenzveig (2001). Dessa forma, conhecimentos mais específicos e relevantes são subordinados ao material de aprendizagem mais geral e inclusivo, podendo ocorrer a *aprendizagem significativa superordenada* (Boss, 2009, p.94).

O trabalho com os textos históricos pode contribuir, ainda, com a *significação potencial* do novo material de aprendizagem, pois esta depende também da estrutura cognitiva do aprendiz. A aquisição de significados acontece em cada indivíduo, portanto, para que ocorra de fato a aprendizagem significativa; não basta que as novas informações sejam apenas relacionáveis a ideias correspondentemente relevantes que a maioria dos seres humanos pode adquirir, é necessário que tais ideias estejam disponíveis na estrutura cognitiva de determinado aluno para satisfazer a função de subsunção e ancoragem. Sendo assim, a *disponibilidade de conteúdo relevante* na estrutura de conhecimento de cada aluno é uma das variáveis mais decisivas na determinação do potencial significativo (Ausubel et al., 1980, p.37; Ausubel, 2003, p.74).

Neste texto apresentamos excertos de textos de Du Fay e discutimos, com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, ideias que a discussão desses textos em sala de aula pode trazer para os alunos. Tais elementos podem servir de ancoradouro para a aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica. Mas não trataremos neste texto, pois foge ao seu escopo, de questões sobre abordagens metodológicas para a aplicação em sala de aula dos textos e da sua discussão. Cabe ao professor, interessado em utilizar uma abordagem histórica para o conceito de carga, propor uma metodologia adequada ao seu alunado (isto é, se ensino básico ou superior). Vale ressaltar que algumas atividades que temos desenvolvido têm mostrado resultados interes-

santes quando aliamos a discussão dos textos com a realização de experimentos.

A discussão histórica sobre os princípios de Du Fay para a eletricidade pode ser uma ferramenta pedagógica importante e um elemento auxiliador da aprendizagem significativa do conceito de carga elétrica. A Física não é trivial em sua essência, como bem destaca Dias (2001). Olhar para a Física como um monte de regras e equações a serem decoradas, tratar detalhes fundamentais como elementos sem importância, só contribui para que o aluno não perceba a essência dessa ciência. Em nossa opinião, sem olhar para os detalhes fundamentais e entendê-los, não é possível entender os conceitos físicos. Por isso, a discussão de como Du Fay concluiu pela existência das duas eletricidades é importante pelos seguintes aspectos: evidenciar como isto se deu; chamar a atenção para propriedades fundamentais da carga elétrica; mostrar aos alunos a importância dos detalhes e mostrar que a beleza da Física não está apenas no elegante formalismo matemático que essa área do conhecimento nos traz. Não podemos ensinar apenas a “regrinha” mnemônica de que *cargas iguais se repelem e cargas diferentes se atraem*, e acreditar que essa questão está resolvida; é preciso ir além, e propiciar aos alunos condições de compreender a essência dos conceitos. Como bem evidencia Villani et al. (1997, p.44), é necessário complementar e enriquecer os processos atuais de ensino, ir além dos aspectos experimentais e matemáticos, propiciando discussões sobre os princípios científicos, fazendo a análise histórica da gênese e do desenvolvimento de teorias e conceitos.

## Referências bibliográficas

- ASSIS, A. K. T. *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade*. Montreal: Apeiron, 2010. Disponível em <[www.ifi.unicamp.br/~assis](http://www.ifi.unicamp.br/~assis)>.
- AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: a cognitive view*. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1968.

- AUSUBEL, D. P. et al. *Psicologia Educacional*. Trad. Eva Nick et al. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- \_\_\_\_\_. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Paralelo, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias)*. Brasília: MEC, 2000.
- BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática: a história da ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores*. Bauru-SP, 2009. 136f. Dissertação (mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- \_\_\_\_\_, CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.4, p.635-44, 2007.
- \_\_\_\_\_, et al. Contribuições da História da Ciência para o ensino do conceito de carga elétrica – os princípios de Du Fay para eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVIII. Vitória, 2009. *Anais...* Vitória: Sociedade Brasileira de Física, 2009.
- DIAS, P. M. C. A (im)pertinência da história ao aprendizado da Física (um estudo de caso). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.23, n.2, p.226-35, 2001.
- \_\_\_\_\_, SANTOS, W. M. S. O passado, o presente e o cotidiano: uma tentativa de ensinar Física. In: NILSON, M. D. (Org.). SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XV. Curitiba, 2003. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2003. p.1615-23. (CD-ROM).
- DU FAY, C. F. C. Quatrième mémoire sur l'électricité: de l'attraction & répulsion des corps électriques. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, p.457-76, 1733.
- \_\_\_\_\_. A letter from Mons. Du Fay, F. R. S. and the Royal Academy of Sciences at Paris, to his Grace Charles Duke of Richmond and Lenox, concerning Electricity. Trad. para o francês T. S. MD. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, v.38, p.258-66, 1735.

- ELECTRICITY. In: *Encyclopaedia; or a dictionary of arts, sciences, and miscellaneous literature*. v.6. Filadélfia: Thomas Dobson, 1798. p.420.
- GUERICKE, O. *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*. [S.l.]: Joannem Janssonium, 1672. Disponível em <[http://books.google.com/books?id=ZJU\\_AAAAcAAJ](http://books.google.com/books?id=ZJU_AAAAcAAJ)>. Acesso em 6/3/2011.
- HAUKSBEE, F. *Physico-mechanical experiments on various subjects: containing an account of several surprizing phenomena touching light and electricity, producible on the attrition of bodies*. Londres: R. Brugis, 1709.
- LALANDE, A. *Vocabulário técnico e crítico da Filosofia*. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- LUDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.
- MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.5, p.49-57, 1988. (Número especial).
- MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of History and Philosophy of Science*. Nova York: Routledge, 1994.
- \_\_\_\_\_. História, Filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.12, n.3, p.164-214, 1995.
- MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- \_\_\_\_\_. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física básica 3: Eletromagnetismo*. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- ROBILOTTA, M. R. O cinza, o branco e o preto: da relevância da História da Ciência no ensino da Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.5, 1988. (Número especial).
- VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. São Paulo, 1996. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação/USP.

VILLANI, A. et al. Filosofia da Ciência, História da Ciência e psicanálise: analogias para o ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.14, n.1, p.37-55, 1997.

YOUNG, H. D., FREEDMAN, R. A. *Sears e Zemansky Física III: Eletromagnetismo*. Trad. e rev. técn. Adir Moysés Luiz. 10.ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

# 12

## CONCEPÇÕES E PERFIS EPISTEMOLÓGICOS DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS REFERENTES AOS CONCEITOS ABSTRATOS DO ELETROMAGNETISMO

*Moacir Pereira de Souza Filho<sup>1</sup>*

*Sérgio Luiz Bragatto Boss<sup>2</sup>*

*João José Caluzi<sup>3</sup>*

### Introdução

A noção de perfil epistemológico proposto por Bachelard (1991) tem sido utilizada por pesquisas na área de ensino de Ciências visando à compreensão da formação de conceitos científicos pelo su-

- 
1. Professor assistente doutor. Departamento de Física, Química e Biologia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Presidente Prudente, São Paulo. *e-mail*: moacir@fct.unesp.br.
  2. Professor assistente. Centro de Formação de Professores – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Amargosa, Bahia. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. *e-mail*: serginho@fc.unesp.br.
  3. Professor assistente doutor. Departamento de Física – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. *e-mail*: caluzi@fc.unesp.br.

jeito cognoscente (Furió & Guisasola, 1998; Mortimer, 2000; Martins, 2004). Em trabalhos anteriores (Souza Filho, 2009; Souza Filho et al. 2010), pudemos detalhar um pouco essa noção e, portanto, faremos apenas uma síntese das principais ideias a fim de contextualizar este trabalho, pois uma abordagem minuciosa ultrapassaria os limites de que dispomos e fugiria aos objetivos deste artigo.

Bachelard (1991) “estrutura o progresso epistemológico da ciência, defendendo que existem certas ‘fases’ que se sucedem ao longo da evolução filosófica de um conhecimento particular” e elas caminham *hierarquizadas* para uma maior coerência racional (Martins, 2004, p.26). Assim, para estudarmos os diferentes níveis conceituais que um conceito apresentou durante sua história e para investigarmos as diferentes formas de pensar com que as pessoas, no *contexto* escolar, veem e representam a realidade a sua volta, nós utilizamos aquilo que Bachelard (1991) denominou de “perfil epistemológico”. O perfil epistemológico é um esboço que representa as diversas filosofias na obra do pensamento e, por isso, devemos adotar um *pluralismo filosófico* (Mortimer, 2000, p.68).

A noção de perfil serve também para representar os *diversos pensamentos* na psicologia do espírito, sendo válido para examinar o estágio particular da cultura do sujeito. Dessa forma, Mortimer (2000) propôs a ideia de *perfil conceitual* e enfatizou a possibilidade de se usarem diferentes formas de pensamento em diferentes domínios e situações. Dessa forma, uma pessoa que possua uma formação científica, ao se referir a uma blusa de lã, pode perfeitamente dizer que a blusa de lã é “quente”, utilizando a palavra que expressa o *calor* no sentido de *senso comum*, pois, seria “pedante” alguém dizer que vestiu uma blusa de lã porque ela é um *bom isolante térmico* que impede a troca de energia térmica entre o seu corpo e o ambiente externo (Mortimer, 2000, p.60).

Furió & Guisasola (1998) exemplificam bem a ideia de perfil epistemológico ao estudarem dois estágios de desenvolvimento sobre a interação entre os corpos na História da Ciência. O primeiro modelo é a *ação a distância*, cujos representantes são Isaac Newton

(1643-1727) e Charles Augustin Coulomb (1736-1806). Nessa concepção, a interação obedece à *lei do inverso do quadrado da distância*, que Newton utiliza para a gravitação e Coulomb adota para a descrição matemática das interações eletrostática e magnetostática. O segundo modelo trata da construção do *modelo de campo* que surge com a demonstração experimental que representa a gênese do eletromagnetismo, realizada por Hans Christian Ørsted (1777-1851) e a partir do qual Michael Faraday (1791-1867) “visualizou” linhas de forças magnéticas no entorno dos corpos interagentes, sendo que posteriormente, no fim do século XIX, James Clark Maxwell (1831-1879) matematizou as concepções anteriores, concebendo o campo como sendo a região do espaço onde ocorrem os processos físicos do eletromagnetismo. A característica do *primeiro modelo* é considerar que a ação é *instantânea* e a força age ao longo da reta que une as partículas materiais, sem a interveniência de um meio propagador da ação. O *segundo modelo* sugere a presença de um *meio (campo ou éter)* nas vizinhanças dos corpos atuantes e no qual essa ação deve se propagar. Portanto, essa ação não ocorre instantaneamente, mas *passo a passo*, portanto, leva um tempo a se propagar. Furió & Guisasola (1998) denominaram esses estágios de *perfis coulombiano* e *maxwelliano*, respectivamente. Os autores mostraram que os estudantes não estabelecem diferenças claras entre esses conceitos, sugerindo que as concepções de *ação a distância* e as *noções de campo* coexistem na mente do sujeito aprendiz. Dessa forma, o aprendizado e o desenvolvimento humano podem ser entendidos basicamente como processos de construção, no qual a percepção individual exerce um papel fundamental na formação de conceitos científicos.

## Um breve retorno à história do eletromagnetismo

No século XIII, os povos atribuíam diversas propriedades místicas à magnetita ou ímã natural, na tentativa de explicar suas causas e efeitos. Os trabalhos de Petrus Peregrinus (c. 1220-?) e

William Gilbert (1540-1603) foram os primeiros estudos verdadeiramente científicos a tentar desvendar algumas características *atrativas/repulsivas* e *diretivas* desse minério. Da mesma forma, além dos trabalhos do próprio Gilbert e de outros cientistas renomados como Benjamin Franklin (1706-1790), puderam-se explicar alguns fenômenos eletrostáticos e algumas propriedades elétricas.

Em 1785, Coulomb descreveu a *lei da atração elétrica* enunciando a lei fundamental da eletricidade: “a força repulsiva entre duas pequenas esferas eletrizadas com o mesmo tipo de eletricidade é na razão inversa do quadrado da distância entre os centros das esferas” (Coulomb, 1785, p.572). Assim como para interação magnética, essa lei vai ao encontro da concepção de *ação a distância* newtoniana. Essa similaridade entre a eletricidade e o magnetismo levava os cientistas a pesquisar como essas ciências poderiam estar relacionadas.

Um passo fundamental para evidenciar essa relação foi a descoberta da pilha voltaica ou bateria elétrica por Alessandro Volta (1745-1827) em 1800. Em 1820, Ørsted realizou um experimento que representou a síntese entre essas duas ciências: uma eletricidade em movimento era capaz de exercer uma força sobre a agulha magnética da bússola. Para ele, o “conflito elétrico” não estava apenas confinado no interior do fio, mas disperso em suas vizinhanças, e ele realizava círculos que, combinados ao movimento progressivo ao longo do fio, formava uma linha helicoidal imaginária ao seu redor.

André-Marie Ampère (1775-1836) discorda totalmente da ideia sugerida por Ørsted e interpreta essa ação como *interação entre correntes elétricas*: as correntes elétricas do *fio* e da *agulha imantada* da bússola. Ele imaginou que um ímã poderia ser constituído por correntes elétricas circulando no seu interior no plano perpendicular ao seu eixo e dirigidas ao longo de curvas fechadas e concêntricas.

O experimento de Ørsted trouxe uma questão fundamental ao desenvolvimento do eletromagnetismo: será que a transmissão de força entre os corpos ocorre por meio da *ação a distância* ou essa

ação é mediada por algum *agente* externo? Como já salientamos, uma das contribuições de Faraday foi imaginar a *existência de linhas físicas de força* no entorno dos corpos interagentes. Para ele, essas linhas de força magnética formariam círculos fechados existentes no interior e no exterior dos ímãs, que, segundo ele, seriam “aquelas representadas *ao olhar*, pelo uso de filas de limalhas de ferro pulverizadas nas proximidades de um ímã”. Na medida em que o condutor faz curvas, essas linhas o acompanham. Elas se *comprimem e expandem* à medida que a intensidade da corrente varia (Faraday, 1935, p.507-9).

Uma das mais famosas descobertas de Faraday está relacionada ao fenômeno da *indução eletromagnética*. Inicialmente, ele mostrou experimentalmente “o poder que correntes elétricas possuem em produzir algum estado particular sobre a matéria em sua vizinhança imediata” (Faraday, 1981). Ele mostrou que, ao fazer circular uma corrente elétrica por um fio enrolado na forma de uma espira (*primário*), é possível verificar uma deflexão momentânea do ponteiro de um galvanômetro conectado a outro enrolamento (*secundário*). Essa corrente induzida ocorre *somente no instante* em que se liga ou desliga o circuito primário da bateria voltaica.

Se Ørsted defendia que o conflito elétrico se manifesta tanto no interior quanto no entorno do fio condutor, devido à corrente elétrica (que nada mais é do que a carga elétrica em *movimento*), então, Faraday imaginou que um ímã (em *movimento*) podia produzir linhas físicas de força magnética. Faraday descobriu que, se um ímã permanecer próximo a um enrolamento de fio condutor, nada acontece. Porém, se o ímã se *mover*, ele é capaz de gerar uma corrente nesse enrolamento, enquanto houver o *movimento*. De acordo com Motz & Weaver (1992, p.144), a contribuição fundamental de Faraday foi estabelecer que o *movimento* é um elemento crucial na *relação entre eletricidade e magnetismo*.

Faraday rejeitava alguns fatores que estavam associados ao modelo da *ação a distância*, como a instantaneidade e a ação ao longo da linha reta que une os corpos. Para ele, a transmissão da força ocorria com velocidade finita e seus experimentos sugeriam que o

espaço ao redor do ímã era preenchido por linhas curvas, as quais atravessavam o próprio ímã (Silva & Krapas, 2007, p.472). Podemos ver que as descobertas de Ørsted e Faraday são dois aspectos complementares de um mesmo fenômeno, e que foi expresso matematicamente por Maxwell: o eletromagnetismo.

## Metodologia

A pesquisa foi realizada em um curso extracurricular para alunos do curso de Licenciatura em Física, da Faculdade de Ciências da UNESP/Bauru denominado Fundamentos Históricos do Eletromagnetismo.<sup>4</sup> Esse curso foi composto de encontros quinzenais que ocorreram ao longo do ano letivo de 2006.

Apresentaremos trechos de duas entrevistas diretas e semiestruturadas concedidas pelos alunos e que tiveram duração média de aproximadamente trinta minutos. A técnica da entrevista nos possibilitou estabelecer um diálogo conceitual com os participantes e verificar “de perto” suas concepções referentes ao eletromagnetismo. No fim das entrevistas foi solicitado aos entrevistados que esboçassem seus próprios perfis (ver “Apêndice”).

A entrevista é a coleta das informações sobre um determinado assunto, dirigidas aos sujeitos pesquisados. Trata-se de um diálogo entre o entrevistador e o entrevistado, portanto, deve existir uma relação de empatia entre ambos. Tozoni-Reis (2007, p.40) considera entrevista “todo tipo de comunicação ou diálogo entre o pesquisador que tem como objetivo coletar informações dos depoentes para serem posteriormente analisadas”. Depois dos trechos transcritos, é possível utilizar a *análise de conteúdo*, que consiste em um conjunto de técnicas de análise de comunicação capaz de decompor o texto documental em partes constituintes, em que o pesquisador procederá a um estudo aprofundado dessas partes, buscando “in-

---

4. Em Souza Filho et al. (2009) podem ser obtidos mais detalhes sobre o curso realizado.

formações do contexto e do texto, como forma de compreender o expresso e o oculto” (Tozoni-Reis, 2007, p.46).

Bogdan & Biklen (1994, p.134) alertam que, para uma boa entrevista, o pesquisador deve deixar o sujeito à vontade para falar livremente e expressar seu ponto de vista. O entrevistador pode, às vezes, intervir e pedir um esclarecimento do respondente quando este mencionar algo “estranho” ou “interessante”. A entrevista deve ser feita “na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam aspectos do mundo” (Bogdan & Biklen, 1994, p.134).

## Apresentação e análise das entrevistas

Esta seção se destina à apresentação dos trechos mais interessantes<sup>5</sup> das entrevistas realizadas com os alunos. Convidamos dois integrantes do curso para uma “conversa informal”, a fim de “acompanhar de perto” o processo de “construção” do conhecimento. As questões tiveram como foco principal de interesse resgatar os *conceitos* que foram abordados durante o curso. Pretendemos verificar se essa *estratégia de ajustamento* entre o “agir” e o “pensar” propicia ao entrevistador conhecer melhor o perfil epistemológico do entrevistado, mas se, também, ela pode subsidiar a conscientização do aprendiz em relação ao seu próprio *perfil epistemológico*. Dessa forma, no final da entrevista, solicitamos aos estudantes que esboçassem seus próprios perfis (ver “Apêndice”).

---

5. As entrevistas na íntegra podem ser consultadas em Souza Filho (2009).

**Entrevista: aluno NEL**

1. *Entrevistador*: [...] você comentou que, ao manusear pequenos ímãs quando você era criança, você notava que a atração entre dois ímãs era mais intensa que a repulsão entre eles [...].<sup>6</sup>
2. *Entrevistador*: Você ainda concorda com isto, ou não?
3. *NEL*: Eu acho que é uma “impressão” que a gente tem, pois em termos de força, a *atração* e a *repulsão* teriam que ser iguais. Eu acho que é uma “falsa impressão” [...]. Eu não teria como responder se isso realmente é verdade! Acho que teriam que ser iguais, né?
4. *Entrevistador*: Teoricamente você acha que [...].
5. *NEL*: São forças iguais, mas a impressão que dá é que a atração é mais intensa.
6. *Entrevistador*: A experiência não te daria uma “resposta correta”?
7. *NEL*: Só se for com muita experimentação, talvez com uma repetição maior do número de experimentos, se conseguisse “chegar à resposta”.
8. *Entrevistador*: Você acha que a experiência é a fonte da verdade?
9. *NEL*: Eu acho que sim!
10. *NEL*: Se eu conseguisse mensurar estas forças, eu acho que eu chegaria à “resposta”.
11. *Entrevistador*: Você confia nas respostas que o experimento te fornece?
12. *NEL*: Eu confio! Eu estou “vendo” o que está acontecendo! Pra mim, é bem forte este “argumento”!
13. *Entrevistador*: Você poderia comentar a diferença entre o experimento de Ørsted e de Faraday?

---

6. Fizemos um experimento para verificar se um dos lados do ímã possui maior poder de atração que o outro. Para isso, utilizamos um objeto ferromagnético preso a um dos polos de um ímã homogêneo apenas pela força de atração. Por meio de um dinamômetro (aparelho que mede a intensidade da força) puxamos o objeto até que ele se desprendesse do ímã e anotamos a intensidade da força, isso foi feito várias vezes para verificar se haveria regularidade nos resultados.

14. *NEL*: Do Ørsted, eu acredito que a agulha da bússola se alinha e se mantém enquanto houver a presença de um “campo magnético” [...]
15. *Entrevistador*: Ela se movimenta quando [...]?
16. *NEL*: Quando se energiza o fio.
17. *Entrevistador*: E o que a “empurraria”?
18. *NEL*: Seria a “atração magnética” gerada pelo campo eletromagnético. Seria o mesmo “princípio” de atração de duas pedras de ímã. Ela tende a “se alinhar” com a polaridade, *norte* ou *sul*, dependendo do “campo” existente ali. Eu entendo assim [...]. No caso do experimento do Faraday, você tem duas bobinas [...]?
19. *Entrevistador*: Sim!
20. *NEL*: Na hora em que você “aciona” [...], fecha o circuito, no “primário”. Você tem uma “resposta” no “secundário”, mas ela não mantém, porque você precisa ter uma “oscilação” da corrente e do “campo” [...]. Precisa ter uma “alternância” [...].
21. *Entrevistador*: As cargas precisariam estar [...]
22. *NEL*: Acelerando ou desacelerando [...].

O entrevistado havia dito durante os encontros que, quando era criança, ao manusear dois ímãs, ele notava que a força de atração “parecia” ser maior que a de repulsão.<sup>7</sup> Ao ser interrogado a respeito disso, ele afirma que talvez seja uma “falsa impressão”, mas que realmente é isto que acontece quando se *observa* a interação entre dois ímãs (passagem 3). *Teoricamente*, ele acredita que ambas as forças deveriam ser “iguais” (passagem 5). Para o estudante, o experimento é a fonte da verdade (passagem 9) e um forte argumento (passagem 12) capaz de lhe fornecer uma resposta definitiva ao problema colocado.

---

7. Quando manuseamos dois ímãs tentando colocar os polos idênticos em contato, a sensação que temos é esta: há uma força de repulsão e um dos ímãs tende a girar para que os polos diferentes se unam.

Ao explicar o experimento de Ørsted, o aluno, embora reconheça a presença de um campo ao redor do fio, explica que a interação entre a corrente e a bússola é semelhante à interação entre dois ímãs, sendo que o campo teria uma polaridade: *norte* ou *sul* (passagem 18). Ora, o campo magnético é fechado e tem um sentido definido de rotação! O estudante explica perfeitamente o experimento de Faraday, dizendo que só haverá presença de uma corrente no secundário quando as cargas elétricas no primário estiverem *acelerando* ou *desacelerando* (passagem 22).

### Entrevista: aluno SER

1. *Entrevistador*: Quando abordamos as semelhanças e diferenças entre a eletricidade estática e a dinâmica, você disse que elas teriam “comportamentos *cinéticos* distintos”. O que isto significa para você?
2. *SER*: Por exemplo, a corrente elétrica é um movimento de cargas elétricas. Na eletricidade estática, estas cargas estariam paradas ou em repouso em relação ao corpo.
3. *Entrevistador*: E o que seriam estas cargas?
4. *SER*: Eu entendo como uma propriedade da matéria, que se apresenta na “natureza” de duas formas diferentes: a *positiva* e a *negativa*. Alguns “entes” são dotados de *cargas elétricas*, por exemplo, os *elétrons*, os *prótons*. Eles se apresentam na natureza de duas formas diferentes e suas propriedades também são diferentes.
5. *Entrevistador*: No caso do magnetismo, você disse aqui que as propriedades magnéticas estão relacionadas ao “*alinhamento dos momentos de dipolos magnéticos*” dos materiais. Você pode detalhar [...]?
6. *SER*: Se estes momentos estiverem alinhados “aleatoriamente” como esta bancada, você não tem um efeito magnético global. Cada momento de dipolo está organizado aleatoriamente e, eles se anulam. No ímã, os “momentos de dipolo magnético”

que o compõem estão “alinhados”. E é este conjunto que dá as características magnéticas para a barra.

7. *Entrevistador*: O que você entende por “momento de dipolo”? Mais especificadamente, pela palavra “momento”?
8. *SER*: Esta é uma boa pergunta! Eu não tenho uma resposta clara [...].
9. *Entrevistador*: Você tem um ímã e um objeto [...]. A certa distância, este ímã não consegue atrair este objeto [...]. Se você colocar uma barra de ferro entre eles, esta atração é possível. O que estaria acontecendo na “estrutura” do ferro?
10. *SER*: Este objeto, enquanto ele estiver em uma região onde o *campo magnético* for “suficientemente forte”, ele será atraído. A partir do momento em que ele passar da região em que o campo magnético não é mais suficiente para atraí-lo, não haverá interação entre eles. No instante em que a gente colocar uma barra de ferro encostada a este ímã e bem próximo do material, o campo do ímã vai gerar um “alinhamento no momento de dipolo” da barra e esta barra vai passar a se comportar “temporariamente” como um ímã.
11. *Entrevistador*: E quando o ferro não estiver em contato com o ímã [...].?
12. *SER*: Os momentos de dipolos estarão dispostos “aleatoriamente” [...].
13. *SER*: Quando se coloca o objeto próximo ao ferro, pode ser “em contato”, mas também pode ser “próximo” dele, o campo magnético da barra será o responsável pela atração do objeto.
14. *Entrevistador*: Você disse que não precisa estar em contato?
15. *SER*: Exatamente! Se estiver em contato, a “intensidade do campo magnético” é mais intensa e diminui à medida que se afasta da barra.
16. *Entrevistador*: Estas linhas de campo magnético, mesmo se não houver o contato entre o ímã e a barra, elas conseguem “alinhar os momentos de dipolo” através do “espaço”?
17. *SER*: Sim! Porém, quanto mais distante, menor será o efeito [...].

18. *Entrevistador*: Você disse que a *eletricidade* e o *magnetismo* possuem “causas” diferentes, mas que um é capaz de “gerar” o outro. Você poderia detalhar [...]?
19. *SER*: Eu entendo assim: a *carga elétrica* é uma “propriedade intrínseca da matéria”. No magnetismo, você tem a presença de um campo magnético. No caso de uma espira de corrente, você tem cargas *se movimentando* e você gera um campo magnético, e se o fluxo do campo “variar no tempo” vai existir um campo elétrico a partir do “movimento”. Vai haver um campo elétrico!
20. *Entrevistador*: O que estas coisas têm em comum?
21. *SER*: Uma carga elétrica “em movimento” você tem um campo magnético e a “variação” do campo magnético você tem um campo elétrico.
22. *Entrevistador*: Isto não te sugere alguma coisa [...]? O “movimento” é fundamental!
23. *SER*: Ah, tá! O “movimento” [...]!
24. *Entrevistador*: Você acha que tem a ver com o “movimento”?
25. *SER*: Sim! Todos têm o movimento em comum.
26. *Entrevistador*: Se você tiver um fio conduzindo uma “corrente constante”, você tem a “variação do fluxo” magnético.
27. *SER*: Não!
28. *Entrevistador*: Mas, você tem um *campo magnético*?
29. *SER*: Tem!
30. *SER*: Você só vai ter a “variação do fluxo” se você “movimentar o fio”.
31. *Entrevistador*: Como você “imagina” este *campo*?
32. *SER*: A intensidade das “linhas de campo magnético”. Você pega na saída do ímã, você tem “um monte” de linhas de campo numa pequena região do espaço, quando você vai afastando, estas vão “se expandindo”. Para mesma porção do espaço, você tem uma menor quantidade de linhas de campo.
33. *Entrevistador*: Como você “imaginaria” esta variação das linhas? Seria como uma “expansão” ou “contração”?

34. *SER*: Eu não imagino como uma “expansão ou contração”, mas como um “aumento” ou “diminuição” das linhas de campo. É como se “surgissem” mais linhas.
35. *Entrevistador*: Existe *eletricidade* independente do *magnetismo* e existe *magnetismo* independente da *eletricidade*?
36. *SER*: Eu vejo que existe eletricidade independente do magnetismo: a “*carga elétrica*”. Eu não conheço que exista magnetismo sem que seja pelo movimento de uma carga elétrica [...]. Então, o magnetismo não é independente de um fenômeno elétrico [...].
37. *Entrevistador*: Você disse que o *magnetismo* é gerado por uma carga elétrica em movimento no interior do ímã?
38. *SER*: Sim!
39. *Entrevistador*: De onde viria esta “energia”?
40. *SER*: Esta é uma boa pergunta que eu não tenho resposta [...]. É provocativo [...], é provocativo [...].

Ao ser questionado pelo entrevistador sobre o que significa dizer que na eletricidade estática e na dinâmica as cargas têm comportamentos cinéticos distintos, o estudante *SER* responde que cargas elétricas podem estar em repouso ou em movimento em relação ao corpo considerado. Segundo o aluno, as *cargas elétricas* se apresentam na natureza de duas formas distintas e apresentam propriedades que podem ser *atrativas* ou *repulsivas* (passagens 2 e 4).

Em relação à estrutura interna do ímã, o estudante explica que a “essência” do fenômeno magnético está relacionada ao “movimento” de uma *carga*, que, por sua vez, está relacionado ao “alinhamento do momento de dipolo magnético do material”. O *conjunto de cargas* se movendo de “maneira ordenada” produz um efeito global que *alinha* esses momentos de dipolos magnéticos e, conseqüentemente, confere ao ímã suas propriedades (passagem 6).

Para atrair um objeto distante de um ímã, pode-se interpor uma barra de ferro. Para o entrevistado, o *campo magnético* gerado pelo ímã alinha os momentos de dipolo magnético da barra e esta, por sua vez, atrairá o objeto. Segundo ele, a barra não precisa necessa-

riamente estar em contato com o ímã, pois as linhas de campo magnético do ímã são capazes de alinhar os momentos de dipolo da barra (passagem 10).

Ao ser questionado sobre as “causas” da *eletricidade* e do *magnetismo*, o aluno *SER* disse, na passagem 21, que *uma carga elétrica em movimento gera um campo magnético*, e que *a variação de um campo magnético no tempo produz um campo elétrico*. Ao ser interrogado o que essas coisas teriam em comum, inicialmente o aluno não soube responder, mas, depois, reconheceu que o “movimento é fundamental” nas duas situações (passagem 23).

O estudante explicou que, para ele, o movimento de uma *carga elétrica* ou de um *ímã* não provoca a “expansão” ou a “contração” das linhas de campo, mas um “aumento” ou “diminuição” dessas linhas que envolvem a *carga elétrica* ou o *ímã* (passagem 34).

Finalmente, ao ser indagado se haveria *eletricidade sem o magnetismo*, o estudante concorda que sim, pois “a carga é uma propriedade intrínseca da matéria”. No caso *do magnetismo independente da eletricidade*, ele reconhece que, se “o magnetismo é gerado pelo movimento de uma carga elétrica”, certamente não existe independência entre esses fenômenos. O entrevistador perguntou-lhe de onde viria essa “energia” e ele respondeu que essa questão era provocativa! Ou seja, foi plantada uma semente, é uma questão aberta à reflexão.

## Considerações finais

Um primeiro aspecto a ser destacado diz respeito à cultura em que o aluno se insere. Na infância, a “magia” provocada pelo contato com “ímãs” e por brinquedos movidos “à pilha” despertava o interesse dos alunos (estudante *NEL*). O estudante revelou que, quando era criança, tinha a “impressão” de que o ímã “puxava” e “empurrava” de maneira distinta. Essa vivência cotidiana, sem nenhuma explicação plausível, pode influenciar e acentuar a zona correspondente ao *senso comum (realismo ingênuo)*. No processo

histórico, Gilbert sugeriu que o polo norte (*macho*) era *mais poderoso* que o polo sul (*fêmea*), o que revela as características do pensamento *pré-científico*.

Para nós, o importante não é impor o conhecimento científico, mas promover um *diálogo* entre as concepções que os alunos trazem para a sala de aula e a formação dos conceitos durante a evolução das diferentes formas de se pensar ao longo do processo histórico. Um exemplo disso pode ser pensado em relação ao conceito de *carga elétrica*. Furió & Guisasola (1998, p.512) relataram que a passagem da eletricidade *coulombiana* para a eletricidade *maxwelliana*, ou seja, da concepção da “ação a distância” para a “teoria de campo” que representam duas regiões do perfil, se deu principalmente devido às novas formas de conceber as cargas elétricas e a interação entre elas.

Durante as entrevistas, procuramos explorar conceitualmente as concepções dos estudantes entrevistados. Em relação à *carga elétrica*, o estudante *SER* a concebe como sendo uma propriedade intrínseca da matéria, que se apresenta na natureza sobretudo de duas formas distintas (basicamente *positiva* e *negativa*) e que confere aos corpos as propriedades *atrativas* e *repulsivas*. Segundo *SER* (em nível clássico), esse conjunto de cargas ordenadas (*elétrons orbitando ao redor do núcleo*) confere ao ímã o *alinhamento do momento de dipolo magnético* que é responsável por suas propriedades. Para a maioria dos estudantes, existe eletricidade sem a presença de magnetismo, que é o caso de uma carga elétrica. Porém, visto que o magnetismo é gerado “a partir da eletricidade”, nesse caso, eles são considerados fenômenos dependentes.

No final das entrevistas, explicamos aos entrevistados a noção de perfil epistemológico e pedimos que esboçassem seu próprio perfil. Os estudantes não desconsideraram a região do perfil correspondente ao *realismo ingênuo* e alegaram possuir resquícios dessa forma de pensar. O estudante *NEL* considera que suas zonas relativas ao *empirismo* e *racionalismo* se equivalem. Já o estudante *SER* considera o oposto, ou seja, o *racionalismo* possui um *status* mais elevado em suas formas de pensar.

Os entrevistados demonstraram que “transitavam” com certa facilidade pelas zonas do perfil e, principalmente, apresentaram um alto nível de abstração e desenvoltura das ideias ao aplicarem os conceitos relacionados à região do *racionalismo* (que por vezes chegava a transcender ao próprio racionalismo), descrevendo coerentemente a *estrutura da matéria* e pensando as interações em termos de *campo*. Os perfis esboçados pelos alunos revelaram claramente as diferenças individuais narradas durante as entrevistas: *NEL* possui um perfil que mescla o *empirismo* e o *racionalismo*, enquanto em *SER* prevalecem concepções mais *racionais*.

Finalmente, acreditamos que o trabalho pedagógico realizado por meio de uma metodologia de ensino, fundamentada na História da Ciência, possa ter contribuído para que as ideias se tornassem mais plausíveis e inteligíveis dentro da cultura dos sujeitos aprendizes.

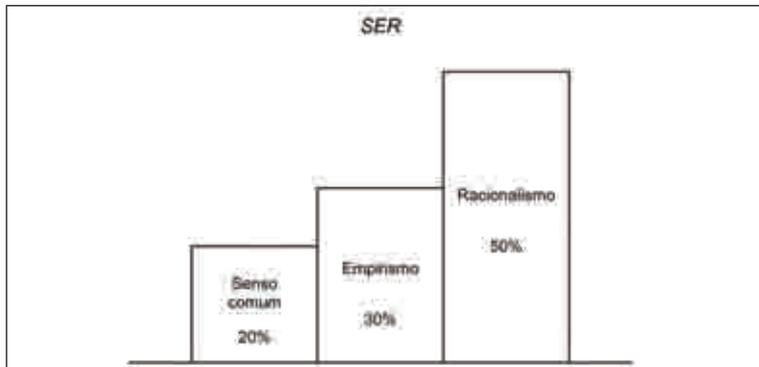
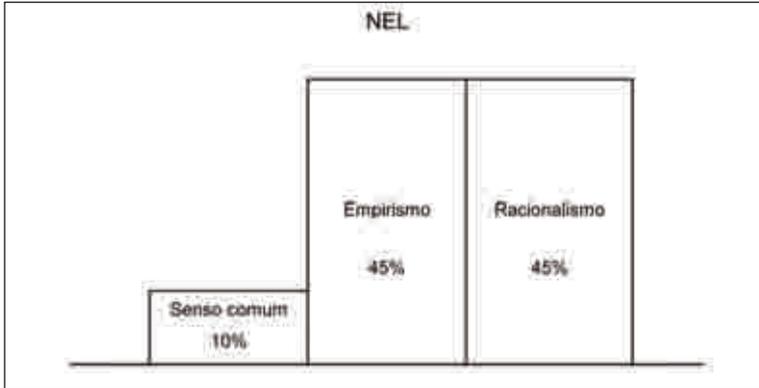
## Referências bibliográficas

- BACHELARD, G. *A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico*. 5.ed. Lisboa: Presença, 1991. 135p.
- BOGDAN, R., BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Trad. M. J. Alvarez, S. B. Santos, T. M. Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- COULOMB, C. A. Construction et usage d’une balance électrique, fondée sur la propriété qu’ont les fils de metal d’avoir une force de torsion proportionnelle à l’angle de torsion. *Mémoires de l’Académie Royale des Sciences*, p.569-77, 1785.
- FARADAY, M. Physical lines of magnetic force. In: MAGIE, W. F. *A source book in Physics*. Nova York: McGraw-Hill Book Company, 1935. p.506-11.
- FARADAY, M. Experimental researches in electricity (Memoirs by Michael Faraday). In: *Electro-magnetism (New York: Arno Press)*, v.2, p.1-35, 1981.
- FURIÓ, C., GUIASOLA, J. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, v.82, n.4, p.511-26, 1998.

- MARTINS, A. F. P. *Concepções dos estudantes acerca da noção de tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. São Paulo, 2004. 218f. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo.
- MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: UFMG, 2000.
- MOTZ, L., WEAVER, J. H. *The story of Physics*. Nova York: First Avon Books, 1992.
- SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula: subsídios para o ensino do eletromagnetismo*. Bauru, 2009. 229f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista.
- \_\_\_\_\_ et al. Formação de novas zonas do perfil epistemológico bacharelariano: alguns resultados baseados nas etapas da conscientização e familiarização. In: BASTOS, Fernando (Org.). *Ensino de Ciências e Matemática III: contribuições das pesquisas acadêmicas sob múltiplas perspectivas*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. p.169-91.
- SILVA, M. C., KRAPAS, S. Controvérsia ação à distância/ação mediada: abordagens didáticas para o ensino da interações físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.29, n.3, p.471-9, 2007.
- TOZONI-REIS, M. P. C. *Metodologia de pesquisa científica*. Curitiba: Iesde Brasil, 2007. 136p.

## Apêndice

### Perfil epistemológico esboçado pelos próprios alunos



## SELEÇÃO DE FONTES HISTÓRICAS PARA O TRABALHO EM SALA DE AULA: UMA ANÁLISE DO “POEMA PARA GALILEU” EM DUAS PERSPECTIVAS DIFERENTES<sup>1</sup>

*Maria Fernanda Bianco Gução<sup>2</sup>*

*Marcelo Carbone Carneiro<sup>3</sup>*

*Sergio Luiz Bragatto Boss<sup>4</sup>*

*Moacir Pereira de Souza Filho<sup>5</sup>*

*João José Caluzi<sup>6</sup>*

- 
1. Uma primeira versão deste trabalho foi apresentada inicialmente no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (Gução et al., 2009).
  2. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. *e-mail*: mf@fc.unesp.br.
  3. Professor assistente doutor. Departamento de Ciências Humanas – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. *e-mail*: carbone@faac.unesp.br.
  4. Professor assistente. Centro de Formação de Professores – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/UFRB, Amargosa, Bahia. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. *e-mail*: serginho@fc.unesp.br.
  5. Professor assistente doutor. Departamento de Física, Química e Biologia – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Presidente Prudente, São Paulo. *e-mail*: moacir@fct.unesp.br.
  6. Professor assistente doutor. Departamento de Física – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, São Paulo. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. *e-mail*: caluzi@fc.unesp.br.

## Introdução

Discussões sobre a inserção da História da Ciência no ensino de Ciências têm sido feitas há algum tempo, sob vários objetivos e justificativas. Sobre esse assunto podemos citar Matthews (1995):

A tradição contextualista assevera que a história da ciência contribui para o seu ensino porque: (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência – a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem à ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente. (Matthews, 1995, p.172-3)

Em meio a essas discussões, algumas questões merecem bastante atenção por parte dos pesquisadores, pois podem colocar em xeque a utilização da História da Ciência e o alcance dos objetivos a que essa inserção se propõe. Uma dessas questões é o tipo de fontes históricas que pesquisadores e professores têm disponível para o trabalho com a História da Ciência em sala de aula. Há uma carência de material histórico em português de bom nível que possa subsidiar a inserção da História no ensino de Ciências (Martins, 2006, p.24). Além disso, existe uma falta de conteúdo adequado de História da Ciência em livros-textos. Isso tem sido apontado por trabalhos que mostram a má qualidade de parte do material histórico disponível para o ensino e os muitos equívocos no conteúdo histórico presente em livros-textos do ensino básico e superior, bem como discutem a importância do material histórico para o ensino (Martins, 2001; Medeiros & Monteiro, 2002; Ostermann &

Ricci, 2004; Martins, 2006; Caluzi et al., 2007; Gução et al., 2008; Hottecke & Silva, 2011, p.295; Hottecke, Henke & Riess, 2010), apenas para citar alguns.

Muitos materiais são feitos por escritores improvisados, pessoas sem treino na área, que fundamentam seu trabalho em obras não especializadas, como jornais, enciclopédias, textos da *web* feitos sem nenhum rigor acadêmico, livros escritos sem os devidos cuidados, misturam tudo e publicam. Muitas dessas obras veiculam informações históricas equivocadas que deturpam a própria natureza da ciência (Martins, 2006, p.XXIV). Segundo Hottecke & Silva (2011, p.304), “o efeito da inclusão da História da Ciência no ensino de Ciências depende principalmente de qual História da Ciência é usada e como ela é usada”.

Nesse contexto, uma das dificuldades em trabalhar com a História da Ciência no ensino vem das deficiências na historiografia. As histórias da Ciência são escritas por diferentes historiadores, isso implica diferentes perspectivas e finalidades. Fica difícil fazer um julgamento quanto à qualidade dos produtos historiográficos. Há um inevitável enredamento entre os fatos e as interpretações. Provas documentais são distorcidas, ignoradas ou investidas de uma importância desproporcionada, adaptando-se às funções sociais. Isso torna a História escrita ideológica.<sup>7</sup> Surge, dessa forma, a criação de mitos e doutrinas socialmente úteis relacionadas indiretamente com fatos históricos, culminando na mitificação da História da Ciência (Kragh, 2001, p.119-20).

Ao procurar referências para trabalhar a História da Ciência em sala de aula, o professor se depara com diversas histórias, baseadas em divergentes visões de historiógrafos, sendo que muitas vezes ele não tem preparo para lidar com essa situação. Convencidos da importância que as fontes históricas têm para que a História da Ciência possa contribuir de fato com o ensino de Ciências, neste trabalho procura-se problematizar a questão da seleção de fontes

---

7. Ideologia é como uma doutrina que legitima as opiniões e interesses de um determinado grupo social (Kragh, 2001, p.119).

para o trabalho em sala de aula e possíveis dificuldades que professores possam enfrentar diante da tarefa de selecionar as fontes para seu trabalho docente. Enfatiza-se a relevância das referências bibliográficas adotadas para a exploração de fatos históricos, bem como a dificuldade na imparcialidade de opinião pessoal com relação aos fatores políticos, religiosos, científicos e morais envolvidos. Isso será feito a partir da apresentação e discussão de uma obra literária a respeito de Galileu de dois pontos de vista distintos: o de um filósofo da Ciência e de um físico sacerdote da Igreja Católica. Faremos a análise com base em duas referências que exprimem interpretações distintas sobre o caso Galileu. Pretende-se, dessa forma, fornecer aos docentes elementos de reflexão da sua postura e prática de ensino diante das fontes da História da Ciência, por meio da discussão de interpretações de diferentes pesquisadores sobre um fato histórico.

## Os motivos do julgamento

Em 1616, Galileu recebeu a ordem dada pelo Santo Ofício de abandonar sua opinião sobre o movimento da Terra, e nunca mais sustentar, ensinar nem defender tal opinião, verbalmente ou por escrito. Para investigar o assunto foi designada uma comissão especial. Os trabalhos da comissão indicavam que Galileu havia transgredido ordens, desviando-se do tratamento hipotético da teoria de Copérnico e sustentando de forma absoluta o movimento da Terra, atribuíra erroneamente os fenômenos das marés a esse movimento, e havia calado enganosamente a ordem dada pelo Santo Ofício (Koestler, 1989, p.338-9).

O relato da comissão sugeriu a correção de oito pontos presentes no livro *Diálogo*, possibilitando seu aproveitamento caso ele tivesse algum valor. Ao remeter o relato à Inquisição, não recomendou nenhuma medida específica contra Galileu. A intimação de Galileu foi publicada e, no ano seguinte, ele foi interrogado pela primeira vez. O argumento de Galileu para a acusação de ter defendido

os pensamentos de Copérnico foi a fala do cardeal Bellarmino: “a opinião de Copérnico, se adotada absolutamente, contrariava a Sagrada Escritura e não devia ser sustentada nem defendida, podendo, entretanto, ser tomada e usada hipoteticamente”. Galileu não negou diretamente a injunção, mas afirmou desconhecer o impedimento em ensinar, bem como a maneira de manifestar seus pensamentos, referindo-se ao certificado de Bellarmino. O inquisidor contestou o fato de Galileu ter imprimido o *Diálogo* sem informar ao padre a ordem que lhe fora dada. Galileu afirmou achar desnecessário por não manter nem defender no livro a opinião de a Terra se mover e o Sol permanecer estacionário – demonstrando antes o oposto do parecer copernicano, e mostrando serem fracos e não conclusivos os argumentos de Copérnico (Koestler, 1989, p.338-9). Essa ideia pode estar ligada ao fato de Galileu colocar como objetivo principal do *Diálogo* expor as duas visões de mundo, sem assumir o partido de nenhuma delas. De fato, as discussões trazidas no *Diálogo* partem sempre de pressupostos e leis da teoria aristotélica, que são utilizadas para enfraquecê-las – o método da maiêutica socrática. Porém, uma análise do livro revela que o argumento de Galileu é falso, já que ele não só contesta as ideias do aristotelismo como também contesta a visão de mundo finito de Copérnico.<sup>8</sup>

Três peritos da Inquisição foram incumbidos de analisar o conteúdo do livro. Eles apresentaram em seus relatos uma longa lista de citações provando que Galileu não somente discutira a opinião copernicana como hipótese, como também ensinara, defendera e sustentara tal opinião, agredindo ainda os que não a aceitavam chamando-os de “pigmeus mentais, idiotas e pouco merecedores do nome de seres humanos” (Koestler, 1989, p.338-9).

---

8. Embora a teoria copernicana traga uma nova visão de mundo, pressupondo o movimento terrestre, ainda traz concepções aristotélicas como de universo finito e composto por esferas (Évora, 1987).

## O poema

Nesta seção, aborda-se, a partir da análise de um poema que fala sobre Galileu, como a História da Ciência divulgada pode influenciar no desenvolvimento do ensino. Antônio Gedeão, em apologia ao caso Galileu, cria um poema: “Poema para Galileu”. Neste, ele fala das inquietações causadas pelo desenrolar dos fatos e narra, de maneira satírica, o julgamento dos processos a que Galileu foi indiciado. Escreve Gedeão:

Estou olhando o teu retrato, meu velho pisano,  
aquele teu retrato que toda a gente conhece,  
em que a tua bela cabeça desabrocha e floresce  
sobre um modesto cabeção de pano.  
Aquele retrato da galeria dos ofícios da tua velha Florença.  
(Não, não, Galileo! Eu não disse Santo Ofício.  
Disse Galeria dos Ofícios).  
Aquele retrato da Galeria dos Ofícios da requintada Florença.  
Lembras-te? A Ponte Vecchio, a Loggia, a Piazza della Signoria...  
Eu sei... Eu sei...  
As margens doces do Arno às horas pardas da melancolia!  
Ai que saudade, Galileo Galilei!  
Olha. Sabes? Lá na Florença  
está guardado um dedo da tua mão num relicário.  
Palavra de honra que está!  
As voltas que o mundo dá!  
Se calhar até há gente que pensa  
que entraste no calendário.

Eu queria agradecer-te, Galileo,  
a inteligência das coisas que me deste.  
Eu,  
e quantos milhões de homens como eu  
a quem tu esclareceste,

ia jurar – que disparete, Galileo!  
 – e jurava a pés juntos e apostava a cabeça –  
 sem a menor hesitação  
 que os corpos caem tanto mais depressa  
 quanto mais pesados são.  
 Pois não é evidente, Galileo?  
 Quem acredita que um penedo caia  
 com a mesma rapidez que um botão de camisa ou que um seixo da  
 praia?

Esta era a inteligência que Deus nos deu.

Estava agora a lembrar-me, Galileo,  
 daquela cena em que tu estavas sentado num escabelo  
 e tinhas à tua frente  
 um friso de homens doutos, hirtos, de toga e capelo  
 a olharem-te severamente.  
 Estavam todos a ralar contigo,  
 que parecia impossível que um homem da tua idade  
 e da tua condição,  
 se estivesse tornando um perigo  
 para a Humanidade  
 e para a Civilização.  
 Tu, embaraçado e comprometido, em silêncio mordiscava os lá-  
 bios,  
 e percorrias, cheio de piedade,  
 os rostos impenetráveis daquela fila de sábios.  
 Teus olhos habituados à observação dos satélites e das estrelas,  
 desceram lá das alturas  
 e poisaram, como aves aturdidas – parece-me que estou a vê-las –,  
 nas faces grávidas daquelas reverendíssimas criaturas.  
 E tu foste dizendo a tudo que sim, que sim senhor, que era tudo tal  
 qual  
 conforme suas eminências desejavam,  
 e dirias que o Sol era quadrado e a Lua pentagonal

e que os astros bailavam e entoavam  
à meia-noite louvores à harmonia universal.  
E juraste que nunca mais repetirias  
nem a ti mesmo, na própria intimidade do teu pensamento, livre e  
calma,  
aquelas abomináveis heresias  
que ensinavas e escrevias  
para eterna perdição da tua alma  
Ai, Galileo!  
Mal sabiam os teus doutos juízes, grandes senhores deste pequeno  
mundo,  
que assim mesmo, empertigados nos seus cadeirões de braços,  
andavam a correr e a rolar pelos espaços  
à razão de trinta quilômetros por segundo.

Tu é que sabias, Galileo Galilei.

Por isso eram teus olhos misericordiosos,  
por isso era teu coração cheio de piedade,  
piedade pelos homens que não precisam de sofrer, homens ditosos  
a quem Deus dispensou de buscar a verdade.

Por isso, estoicamente, mansamente,  
resististe a todas as torturas,  
a todas as angústias, a todos os contratempos,  
enquanto eles, do alto inacessível das suas alturas,  
foram caindo,  
caindo,  
caindo,  
caindo sempre,  
e sempre,  
ininterruptamente,  
na razão direta dos quadrados dos tempos.

## Discussões e contrapontos

O texto aqui é utilizado como instrumento na explanação das divergências e contradições pelas quais a ciência passa em seu processo de construção, baseado nas dificuldades de se propor novos modelos à sociedade, tratando de um caso tão popular quanto polêmico, o processo da Inquisição contra Galileu. Existem muitas controvérsias quanto ao que se conta sobre os acontecimentos envolvidos, mas o que impera no conhecimento comum gira em torno do romance criado a fim de torná-los mais interessantes ou até mesmo indiciar a Igreja como *anticiência*, sobre isso comenta Artigas (2000):

[...] O caso Galileu é comumente utilizado para afirmar que a Igreja Católica é inimiga do progresso científico. Por tanto, chama-me a atenção que diversos católicos, inclusive sacerdotes, religiosos e outras pessoas têm conhecimento teológico, conheçam esse caso de um modo bastante superficial e, por vezes, equivocado. (Artigas, 2000)

Antônio Gedeão pode ser interpretado por pessoas de diferentes níveis de conhecimento científico. O texto traz o romantismo dramático para os “leigos” e é estruturado por sátiras para quem conhece as controvérsias dos fatos. Ao realizar uma busca por fontes encontram-se opiniões diferentes e frequentes ataques, tanto à comunidade católica quanto à científica. A exploração do poema é feita neste trabalho de duas visões distintas, de dois autores que escreveram sobre o *Caso Galileu*: I – Pablo R. Mariconda<sup>9</sup> em *O Diálogo e a condenação*; e II – Mariano Artigas<sup>10</sup> em *O caso*

9. Professor titular de Teoria do Conhecimento e Filosofia da Ciência da Universidade de São Paulo. Possui graduação em Filosofia pela Universidade de São Paulo (1971), mestrado em Filosofia da Ciência pela Universidade de São Paulo (1979) e doutorado em Filosofia da Ciência pela Universidade de São Paulo (1986).

10. Foi um físico, filósofo, professor universitário e sacerdote da Igreja Católica, membro da Sociedade Sacerdotal da Santa Cruz e Opus Dei. Primeiro decano da Faculdade Eclesiástica de Filosofia da Universidade de Navarra. Era doutor

*Galileu: 350 anos depois*. Destacando-se as possíveis discussões que podem ser propostas a partir da leitura crítica do texto.

Logo no início, quando se refere ao Santo Ofício, passa-se, através da sátira, um sentimento de pavor. Em I, afirma-se serem misteriosas as ações do Santo Ofício no decorrer dos processos sofridos por Galileu, no sentido de não haver participação do cardeal Bellarmino, encarregado do Santo Ofício pelo processo: “Este documento (intimação do Santo Ofício) não traz a assinatura do cardeal Bellarmino e, sem dúvida alguma, foi produzido sem seu conhecimento e pensado posteriormente ao processo”. Em II, encontra-se tal informação, seguida de justificativa que teólogos do Santo Ofício:

[...] em uma famosa carta, pedia tanto a Foscarini como a Galileu que utilizassem o heliocentrismo somente como uma hipótese astronômica, sem pretender que fosse verdadeira nem entrar em argumentos teológicos, em cujo caso não haveria nenhum problema. Mas Galileu para defender-se de acusações pessoais e para tentar que a Igreja não intervisse no assunto, se lançou a uma defesa forte do copernicanismo, mudando-se para Roma e tentando influenciar nas personalidades eclesiásticas; isto teve talvez um efeito contrário, provocando que a autoridade da Igreja intervisse para frear a propaganda de Galileu que, ao menos em suas críticas, era bastante convincente.

Continuando, como forma de desabafo: “As voltas que o mundo dá!”. Gedeão aponta para a grande obra de Galileu, *Diálogo sobre os dois maiores sistemas do mundo*, polêmica geradora de toda a repercussão da intervenção católica. Sobre isso, o texto II argumenta, na tentativa de justificar as atitudes da Igreja:

---

em Ciências Física pela Universidade de Barcelona e em Filosofia pela Universidade Lateranense (Roma) e pela Universidade de Barcelona.

Os teólogos que valorizaram em 1616 o repouso do Sol e o movimento da Terra disseram, em primeiro lugar, que ambos eram absurdos de filosofia e, além disso, pareciam contrários à Bíblia. Bellarmino, e outros eclesiásticos, notaram que caso se chegasse a demonstrar o movimento da Terra, uma série de passagens bíblicas deveriam ser interpretadas de modo não literal; sabiam que isso poderia ser feito, mas pensavam que o movimento da Terra nunca seria demonstrado e que era absurdo. Isto não justifica toda sua atuação, mas permite situá-la em seu contexto histórico real e torná-la compreensível.

Assim, o texto I aponta para as implicações tendo em vista o modelo proposto por Galileu:

[...] assiste-se a uma modificação tática na posição dos jesuítas que, com a proibição de Copérnico em 1616, abandonam o sistema ptolomaico, alinhando-se ao sistema astronômico de Tycho Brahe, segundo o qual todos os planetas giram em torno do Sol, o qual, por sua vez, gira em torno da Terra fixa e imóvel no centro do mundo. Com isso, os jesuítas conseguiam absorver a evidência observacional astronômica contrária à ordenação ptolomaica, tal como revelada pelas observações telescópicas das fases de Vênus e das diferenças de tamanho de Marte, e manter ao mesmo tempo a tese cosmológica fundamental da centralidade e imobilidade da Terra.

Nos versos que narram o julgamento percebe-se um sentimento de indignação com as exposições da figura de Galileu. Nota-se em II a necessidade de “aliviar” as ações da Igreja durante os processos e o julgamento:

O único processo em que foi condenado ocorreu em 1633, e ali foi condenado à prisão que em vista de suas boas disposições, foi comutada imediatamente por prisão domiciliar, de modo que nunca chegou a ingressar em um cárcere. Durante o processo deveria ter estado na prisão da Inquisição, segundo as normas comuns, mas

de fato nunca esteve lá: antes de começar o processo se alojou na embaixada de Toscana em Roma, situada no Palazzo Firenze, onde vivia o embaixador; durante o processo foi exigido em alguns momentos que se alojasse no edifício da Inquisição, mas então lhe habilitaram umas estâncias que estavam reservadas para os eclesiásticos que trabalhavam ali, permitindo que lhe levassem comida da embaixada toscana; e ao acabar o processo foi permitido que estivesse alojado na Vila Médici, uma das melhores vilas de Roma, com esplêndidos jardins, propriedade do Grande Duque de Toscana.

Ainda nessa mesma linha de raciocínio, o texto II continua a argumentação. Tudo isto se explica porque Galileu era oficialmente o primeiro matemático e filósofo do grande duque de Toscana, território importante (inclui Florença, Pisa, Livorno, Siena, etc.) e tradicionalmente bem relacionado com a Santa Sé, e as autoridades de Toscana exerceram bons ofícios para que em Roma Galileu fosse tratado o melhor possível, como de fato sucedeu. O embaixador de Toscana, Francesco Niccolini, apreciava muitíssimo Galileu, e colocou todos os meios para que sofresse o menos possível com o processo, e para que não fosse preso. Niccolini conseguiu que, ao fim do processo, a pena de prisão que se impôs fosse comutada por confinamento na Vila Médici. Depois de poucos dias foi permitido que se trasladasse a Siena, onde se alojou no palácio do arcebispo, monsenhor Ascanio Piccolomini. Este era um grande admirador e amigo de Galileu, e o tratou esplendidamente durante os vários meses em que esteve em sua casa, de modo que ali se recuperou do trauma que, sem dúvida, supôs o processo (em 1633 – quando ocorreu o processo – Galileu tinha 69 anos). Depois, foi permitido que se trasladasse à casa que tinha fora de Florença, e ali permaneceu até a morte. Já velho, morrera de morte natural (Artigas, 2000).

O texto I, ao contrário, expõe essa fase sob outro ponto de vista – bastante divergente do segundo:

Feita a intimação, de nada adiantaram as súplicas, a intercedência de amigos influentes, o estado precário de saúde e a idade avançada. Em 15 de janeiro de 1633, Galileu é praticamente obrigado a comparecer perante o tribunal, sob a ameaça de ser conduzido a ferros; no dia 20 desse mesmo mês, parte para aquela que seria sua última viagem a Roma. Viagem penosa e humilhante. No dia 23, é obrigado a parar em Ponte Centino nos limites do Estado pontifício, respeitando uma quarentena de 18 dias imposta por uma epidemia de peste e, em 13 de fevereiro, chega finalmente a Roma, hospedando-se na embaixada da Toscana.

Os relatos apresentados nos textos I e II sobre as condições de sobrevivência a que foi exposto Galileu são notoriamente bastante divergentes. Se olharmos para o ensino de Ciências, a intervenção de um professor subsidiado pela referência II causaria um choque, tendo em vista o que hoje é ouvido comumente sobre o caso Galileu. Isso poderia trazer para o aluno uma falsa impressão de que a ciência, com o intuito de se promover, criou um romance em torno do que aconteceu com Galileu. Essa impressão acarretaria uma desvalorização e perda de credibilidade da ciência e intensificaria a ideia de que haja a necessidade de partidarismo para estudar e fazer ciência. Também que ela (a ciência) não pode se desenvolver sem se relacionar a fatores políticos e religiosos de maneira desastrosa, sem conflitos. Isso poderia, inclusive, ser transmitido ao aluno pelo próprio professor.

O poema traz o desfecho do julgamento dos processos satirizando a figura dos juízes do Santo Ofício. Escreve I:

Finalmente, em 21 de junho, é submetido a um último exame de intenção sob ameaça, primeiro de *remedia juris et facti oportuna* (remédio jurídico apropriado aos fatos), e depois de tortura. Apesar das insistentes recusas de Galileu, que alegava não ter mantido a opinião incriminada após ter sido intimado a abandoná-la, sua prática e sua obra não deixavam margens para a dúvida. No dia seguinte, 22 de junho de 1633, é pronunciada a sentença de proibição

do *Diálogo* e Galileu é obrigado, com vestes de penitente, a recitar publicamente e assinar a abjuração no mosteiro de Santa Maria sobre Minerva.

Em II são perceptíveis controvérsias, por vezes ocorrem contradições na escrita do autor:

Galileu nunca foi submetido à tortura ou a maus tratos físicos. Sem dúvida, fazê-lo ir a Roma vindo de Florença para ser julgado, tendo 69 anos, supõe mau trato, e o mesmo se pode dizer da tensão psicológica que teve de suportar durante o processo e na condenação final, seguida de uma abjuração forçada. É certo. Desde o ponto de vista psicológico, com a repercussão que isto pode ter na saúde, Galileu teve que sofrer por estes motivos e, de fato, quando chegou a Siena depois do processo, se encontrava em más condições. Mas é igualmente certo que não foi nenhum objeto dos maus tratos físicos típicos da época.

Continua II:

Algum autor afirmou que, durante o processo, ao final, em uma ocasião, foi submetido à tortura; entretanto, autores de todas as tendências estão de acordo, com praticamente unanimidade, que isto realmente não aconteceu. Na fase conclusiva do processo, em uma ocasião, encontra-se uma ameaça de tortura por parte do tribunal, mas todos os dados disponíveis estão a favor de que se tratou de pura formalidade que, devido aos regulamentos da Inquisição, o tribunal devia mencionar, mas sem intenção de levá-la à prática e sem que, de fato, fosse realizada (consta, além disso, que em Roma não se praticava a tortura com pessoas da idade de Galileu). Depois da condenação, em Siena, Galileu se recuperou. Logo sofreu diversas doenças, mas eram as mesmas que já sofria habitualmente desde muitos anos antes e que foram se agravando com a idade. Chegou a ficar completamente cego, mas nada teve a ver com o processo.

Baseando-se em I ou em II, o que seria mais proveitoso como alvo de discussão é o fato de o *Diálogo* ficar proibido, embora se saiba que hoje seu modelo é aceito. A proibição não impediu a aceitação das “hipóteses” desenvolvidas por Galileu.

## Considerações finais

O poema traz informações que possibilitam e viabilizam um aproveitamento maior na sua leitura. Fala dos lugares por onde viveu ou passou Galileu, refere-se aos principais estudos realizados: a astronomia (com o heliocentrismo) e a mecânica (com a queda dos corpos). Além da exploração histórica do texto, cabe ainda uma análise dos modelos astronômicos e mecânicos propostos na época, proporcionando uma possibilidade de se discutir as relações deles com o que é aceito hoje, relacionando ainda as concepções prévias provedoras do processo de construção da ciência. Isto permite não apenas uma discussão sobre a natureza da ciência, mas também dos conceitos físicos envolvidos.

Com relação ao texto de Artigas (2000), foi adotada, propositalmente, a tradução encontrada num site de doutrina católica para contrapor as ideias da Filosofia da Ciência defendida por Mariconda (2000).

A análise realizada pôde mostrar a influência da fonte de informação utilizada para se trabalhar a História da Ciência; esta pode advir de vários historiadores que defendem diferentes pontos de vista, bem como atendem a diferentes funções sociais. Isso pode culminar na mitificação da ciência. São muitos os mitos e estes podem interferir desastrosamente no significado de ciência que o aluno leva para a vida, que pode ser o desejado nos objetivos da inserção da História da Ciência no ensino, mas também pode ser infectado por pre-conceitos tanto em relação à ciência quanto em relação a quem a faz. Isto nos chama a atenção para a formação de professores, pois, sem a formação necessária, não terão condições de optar de forma crítica

pelas fontes a serem utilizadas em suas aulas. A começar pelos livros didáticos, que muitas vezes oferecem, a professores e alunos, verdadeiros descabros quando abordam a História da Ciência.

Se o professor não tiver uma formação sólida em História da Ciência talvez caia em uma reprodução daquilo que é veiculado pelo material escolhido, o que pode ser desastroso para o ensino, tal como evidenciam nossas discussões aqui.

Indiscutivelmente, a inserção da História da Ciência no ensino pode viabilizar um amadurecimento do pensamento científico do aluno, desde que essa aprendizagem seja realmente significativa, baseada em estudos sobre uma História calcada em acontecimentos não distorcidos. Sabemos que toda historiografia é subjetiva, pois é feita por pessoas que, mesmo sem intenção, acabam colocando no texto, por meio de suas interpretações e escolhas, parte da sua bagagem cultural e teórica. No entanto, há inúmeras fontes em que a subjetividade ganha destaque e acaba por alterar os fatos, culminando na veiculação de uma História falsa, mitificada, linear, de gênios, etc. Cabe ao professor, no momento da escolha da fonte, optar por aquela que mais seja adequada aos seus objetivos naquele momento, bem como avaliar e escolher aquelas que menos distorcem os fatos. Além disso, é preciso que se tenha uma posição crítica sobre as fontes, diante daquilo que está veiculado. Dessa forma, é possível impedir que o trabalho com a História da Ciência dê ao aluno uma visão distorcida sobre a ciência, sobre seu processo de desenvolvimento e sobre seus autores.

## Referências bibliográficas

- BASTOS, F. *História da Ciência e ensino de Biologia: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903)*. São Paulo, 1998. Tese (doutorado) – Faculdade de Educação/USP.
- BIANCONI, M. L., CARUSO, F. Educação não-formal. *Ciência e Cultura*, v.57, n.4, 2005.

- CALUZI, J. J. SOUZA-FILHO, M. P., BOSS, S. L. B. A história hipotética na Física: distorções da História da Ciência nos livros didáticos sobre o experimento de Ørsted. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VI. Florianópolis, 2007. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007. Disponível em <[www.fae.ufmg.br/abrapec/vienpec](http://www.fae.ufmg.br/abrapec/vienpec)>. Acesso em 3/9/2008.
- ÉVORA, F. R. R. *A Revolução copernicana-galileana*: origem, significado e inserção na história do pensamento científico-filosófico antigo e medieval. Campinas, SP, 1987. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Filosofia/Unicamp.
- GUÇÃO, M. F. B. et al. Uma análise do conteúdo histórico nos livros didáticos do ensino médio: eletrostática. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, XI. Curitiba, 2008. *Anais...* Curitiba: Sociedade Brasileira de Física, 2008.
- \_\_\_\_\_. Dificuldades na inserção da História da Ciência no ensino de ciência: “Poema para Galileu” sob duas versões. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII. Florianópolis, 2009. *Anais eletrônicos...* Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009. Disponível em <[www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/](http://www.foco.fae.ufmg.br/viiienpec/)>. Acesso em 11/7/2010.
- HOTTECKE, D., HENKE, A., RIESS, F. Implementing History and Philosophy in Science teaching: strategies, methods, results and experiences from the European HIPST Project. *Science & Education*, p.1-29, 2010. Publicado *on-line*: 10/12/2010 – DOI 10.1007/s11191-010-9330-3.
- HOTTECKE, D., SILVA, C. C. Why implementing History and Philosophy in school Science Education is a challenge: an analysis of obstacles. *Science & Education*, v.20, n.3-4, p.293-316, 2011.
- KRAGH, H. *Introdução à historiografia da ciência*. Porto: Porto Editora, 2001. p.119-65.
- KOESTLER, A. *O homem e o Universo*. São Paulo: Ibrasa, 1989.
- MARTINS, R. A. Como não escrever sobre história da Física: um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.23, n.1, p.113-29, 2001.

- MARTINS, R. A. Introdução: a História das Ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- MEDEIROS, A. J. G., MONTEIRO, M. A. As invisibilidades dos pressupostos e das limitações da teoria de Copérnico nos livros didáticos de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.19, n.1, p.29-52, 2002.
- NEVES, M. C. D. História da Ciência no ensino de Física. *Ciência & Educação*, v.5, n.1, p.73-81, 1998.
- OSTERMANN, F., RICCI, T. Relatividade restrita no ensino médio: os conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.21, n.1, p.83-102, 2004.
- RIBEIRO, R. M. L., MARTINS, I. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de Ciências: uma análise em livros didáticos de Física. *Ciência & Educação*, v.13, n.3, p.293-309, 2007.
- SILVA DIAS, V., MARTINS, R. A. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. *Ciência & Educação*, v.10, n.13, p.517-30, 2004.
- VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula*. São Paulo, 1996. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação/USP.

### Referências bibliográficas do material de análise

- ARTIGAS, M. *O caso Galileu: 350 anos depois*. Extraído de <<http://www.doutrinacatolica.com/modules/news/article.php?storyid=852&page=0>>. Acesso em 5/12/2008. Tradução em <<http://www.acidigital.com/controversia/galileu.htm>>.
- GEDEÃO, A. Poema para Galileu. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.1, n.1, p.61.
- MARICONDA, P. R. O diálogo de Galileu e a condenação. *Cadernos de História e Filosofia das Ciências*, v.10, n.1, p.77-163, 2000.

**PARTE C**

**ENSINO DE QUÍMICA**



# 14

## ONTOLOGIA X EPISTEMOLOGIA: IDEÁRIO DE LICENCIANDOS ACERCA DA NATUREZA DO CONHECIMENTO

*José Bento Suart Júnior*<sup>1</sup>

*Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani*<sup>2</sup>

*Marcelo Carbone Carneiro*<sup>3</sup>

### Introdução

Usar a Química e a Física como formas de interpretação do mundo admite que se conceba um mundo definido pelos modelos e teorias adotadas por essas ciências e, conseqüentemente, admitir os modelos de interação das estruturas constituintes da matéria e sua transformação.

Nesse sentido, a compreensão do mundo exige os mais complexos modelos e aparatos lógico-matemáticos, além de esquemas experimentais e justificativas de caráter filosófico que sustentem uma interpretação, uma visão físico-química do mundo.

Assumir a perspectiva histórico-filosófica mostra-se um viés interessante e rico dentro desse panorama, já que identifica problemas epistêmicos e orienta a busca pelos obstáculos na com-

---

1. Universidade Federal do Pampa/Unipampa – Campus Caçapava do Sul.

2. Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus Bauru.

3. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Universidade Estadual Paulista/UNESP – Campus Bauru.

preensão dos conceitos. Com relação à teoria quântica, tais obstáculos se apresentam no caminho histórico realizado dentro da história do método científico e da estrutura epistemológica da ciência. O que se encontra é uma dicotomia entre duas posições antagonicas que conviveram no interior da história do conhecimento científico desde as sociedades clássicas, a ontologia e a epistemologia, o realismo e o racionalismo. Ao que tudo indica, a metafísica deixa de se tornar um eixo orientador com o positivismo e retoma essa importância com o desenvolvimento da mecânica quântica.

À luz da teoria bachelardiana, é possível reconhecer a dialética presente na Filosofia da Ciência e verificar ainda a existência de tal discussão em um dos cerne da teoria quântica, o Princípio de Incerteza, o qual admite uma tripla interpretação proposta pelo próprio Heisenberg.

O objetivo deste trabalho é verificar as categorias filosóficas admitidas na interpretação do Princípio de Incerteza e a presença destas nas descrições de licenciandos em Física e Química em suas concepções sobre o conhecimento científico.

## **A dialética do conhecimento científico**

Em ciência, ontologia (o estudo das essências) e epistemologia (o que se sabe sobre) encontram seus respectivos em duas correntes distintas e conflitantes: o empirismo ou realismo e o racionalismo ou antirrealismo.

Para Chalmers (1993), no realismo, as teorias têm como objetivo descrever como o mundo realmente é, ao passo que, no racionalismo, o componente teórico das ciências não descreve a realidade; as teorias são compreendidas como instrumentos projetados para relacionar estados de coisas observáveis com outros.

Para o realismo, o mundo existe independentemente dos “conhecedores”, e é, da forma que é, independente do conhecimento teórico. Para o instrumentalismo, as descrições do mundo obser-

vável serão verdadeiras se descritas corretamente. O conhecimento científico se apresenta historicamente como uma dialética entre o processo indutivo e o processo dedutivo, entre a admissão de uma realidade objetiva e as limitações do conhecimento produzido a partir do que se sabe sobre a natureza.

Os estudos relativos à estrutura da matéria levantaram aspectos contrários à descrição física da realidade, tal como a dualidade partícula-onda, além da presença de elaborados aparatos matemáticos antecedidos por postulados que vão ao encontro de uma sólida interpretação da realidade.

A mecânica quântica revela então as limitações de uma observação crítica, ou ainda da compreensão intuitiva de uma descrição física completa da realidade:

Aqui não se tem, de começo, nenhum critério simples para se correlacionar os símbolos matemáticos aos conceitos da linguagem cotidiana; e a única coisa que sabemos, como ponto de partida, é que os conceitos comuns não são aplicáveis ao estudo das estruturas atômicas. (Heisenberg, 1987, p.134)

Cabe ressaltar que, dentro dessas limitações, o Princípio de Incerteza corroboraria as limitações de uma descrição absoluta e exata da realidade através da Matemática, ao impor limitações na determinação de valores às variáveis físicas. Para Jammer (1966, p.325):

O formalismo da mecânica quântica, ele fundamentado, que opera em espaços abstratos multidimensionais e emprega quantidades não comutativas, não admite descrições usuais de espaço-tempo ou conexões causais de fenômenos físicos.

Assim ela detém o cerne do colapso do realismo dogmático, ou ainda da visão determinista laplaciana, da mecânica newtoniana e dos postulados positivistas, ao limitar muito mais que o conhecimento de valores discretos de variáveis, mas colocar em xeque o conhecimento sobre a natureza e a natureza do conhecimento, eixo

orientador dos debates travados entre a Escola de Copenhague e os seguidores de Einstein.

A visão de uma dialética se coloca a partir do momento em que, para Bachelard, o que teria sido o problema histórico fundamental da construção da ciência, o embate entre realismo e racionalismo, seria na verdade a dialética que encontra no *Novo Espírito Científico* seu apogeu, a partir do momento em que este considera o conhecimento advindo de novas formas de pensamento introduzidos pelo triplo movimento conceitual das teorias não euclidianas da Matemática, da relatividade na Física e da mecânica quântica na Física e na Química.

Em muitos trechos de sua obra, Bachelard cita Heisenberg, apontando para as “relações de Incerteza” que para o filósofo trariam um exemplo consistente da dialética ontologia/epistemologia admitida por ele como princípio estruturante, como pressupostos metafísicos do conhecimento científico. Uma análise dos trabalhos de Heisenberg parece apontar para um caminho dialético tal como admitido pelo filósofo francês.

## Uma possível tripla interpretação

O Princípio de Incerteza, ou Indeterminação, tem suas origens na teoria de Dirac-Jordan. Dirac já havia enunciado que na teoria quântica só era possível dar valores numéricos a uma de duas variáveis conjugadas. Heisenberg investigou a relação quantitativa entre os valores teoricamente permitidos, ou seja, a relação estatística entre os valores dessas grandezas.

Heisenberg questiona se a incerteza seria uma consequência matemática ou se seria possível uma interpretação intuitiva. Chibeni (2005) ressalta a coexistência de três interpretações possíveis para as relações, sendo uma puramente matemática (ponto de partida para o questionamento intuitivo, como observado anteriormente) e duas interpretações de origens “intuitivas” distintas com consequências diferentes. Historicamente, elas se apresentam em

momentos distintos, mas estão presentes em *The physical principles of quantum theory*. Para Bachelard, que por muitas vezes cita Heisenberg em seus trabalhos, justificando a necessidade de um “novo espírito”, essa crítica ambígua revela a dialética do *Novo Espírito*:

Com muita justiça, Heisenberg dá a suas críticas um aspecto pedagógico que expõe a necessidade da dupla experiência. Em seus *Principes physiques de la theorie des quanta*, após uma curta introdução desenvolve dois capítulos curiosamente antagonistas. [...] Na verdade, esta crítica dialética é uma excelente lição de filosofia fenomenista. (2000, p.79-80)

O caráter dual do elétron é uma das grandes questões da mecânica quântica. Nele estaria o cerne do “quantum de ação”, e, partindo-se daqui, inicia-se uma gigantesca ruptura com os conceitos clássicos, os quais estão fortemente sedimentados.

Numa primeira abordagem então, a incerteza é colocada como uma característica essencial advinda das consequências da adoção de uma formulação ondulatória para a descrição do elétron. Nessa formulação, podemos descrever o comportamento de um elétron através de uma onda, conseqüentemente, um pacote de onda também é solução para esse problema. Segundo Heisenberg (1949, p.14):

A velocidade do elétron corresponde à do pacote de onda, mas esta não pode ser exatamente definida, devido à difusão ocorrida no espaço. Esta indeterminação deve ser considerada como uma característica essencial do elétron, e não uma evidência da inaplicabilidade da visão ondulatória.

Um pacote de onda pode ser obtido através da superposição de ondas planas sinusoidais de comprimento de onda distribuídos em uma determinada faixa (Cohen-Tannoudji et al., 1977).

Vamos tomar três ondas planas (um caso mais simples do que a soma de infinitas ondas). Seus vetores de onda serão  $k_0$ ,  $k_0 - (\Delta k/2)$

e  $k_0 + (\Delta k/2)$  e suas amplitudes serão proporcionais, sendo respectivamente, 1,  $1/2$  e  $1/2$ .

Dessa forma:

$$\Psi(x) = \frac{g(k_0)}{\sqrt{2\pi}} \left[ e^{ik_0x} + \frac{1}{2} e^{i(k_0 - \frac{\Delta k}{2})x} + \frac{1}{2} e^{i(k_0 + \frac{\Delta k}{2})x} \right] \quad (1)$$

Nesse caso, a função tem seu máximo na origem, quando as ondas estão em fase e há interferência construtiva. Ao mover-se no eixo  $x$ , a função decresce, pois as ondas estão cada vez mais em oposição de fase, conforme a Figura 1.

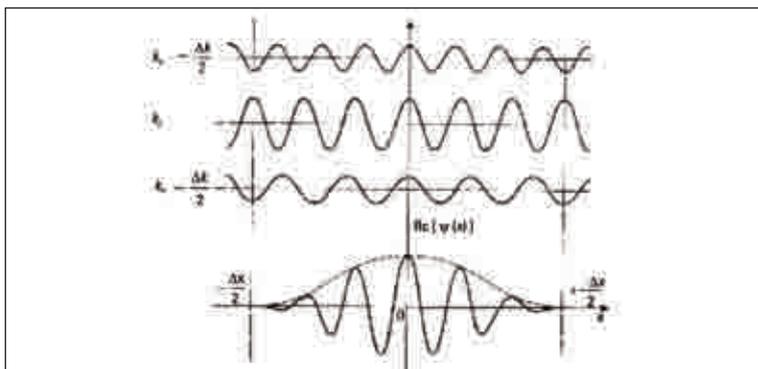


Figura 1 – Superposição de ondas planas

Fonte: Cohen-Tannoudji, Diu & Laloe (1977, p.24).

A soma de mais ondas com vetores de onda distribuídos num dado intervalo gera um pico, o que pode ser interpretado como uma singularidade, ou seja, um pacote de onda cuja posição se torna conhecida, a onda está localizada e não mais espalhada pelo espaço. Todavia, o aumento da precisão na posição acaba por afetar o conhecimento do momento.

Ou seja, o tratamento matemático clássico demonstra de forma clara a ocorrência do Princípio de Incerteza também quando se trata de ondas planas. Porém, o ponto de partida desse desenvolvimento é a associação a uma partícula desse pacote de ondas, de onde decorre a interpretação quântica do fenômeno:

Esta relação de incerteza especifica os limites com os quais a visão corpuscular pode ser aplicada. Qualquer uso das palavras “posição” e “velocidade” com precisão maior que a dada pela equação (1) é tão inútil como o uso de palavras cujo sentido não é definido. (Heisenberg, 1949, p.15)

Chibeni (2005) define essa versão como ontológica, pois “ela diria respeito a uma indeterminação intrínseca aos entes físicos” (p.183). Ou seja, aqui a natureza é indeterminada, o que, conseqüentemente, gera incerteza nos dados obtidos através da experimentação. Mas Chibeni enfatiza que os fenômenos, ainda que verifiquem o aspecto ondulatório da matéria, o que justifica a abordagem, coexistem com outros que sugerem a natureza corpuscular dos entes quânticos (fato, estar contido em uma crítica à visão corpuscular da matéria).

Cabe aqui afirmar que a ontologia no pensamento filosófico positivista é experimentalmente inquestionável, o que a inclui no domínio da metafísica. Desse modo, o Princípio de Incerteza seria de domínio metafísico. Admitir que seja fisicamente impossível conhecer um sistema em sua totalidade com exatidão acaba por contrapor a ciência à sua principal busca *a priori*, fruto do pensamento realista dogmático, uma teoria geral determinística, capaz de prever a natureza, como proposto por Laplace, até mesmo para o comportamento humano.

Num segundo momento, na seção intitulada “Ilustração das relações de incerteza”, encontra-se a evolução das relações de incerteza partindo de outro pressuposto, cujas conseqüências recairão sobre preceitos epistemológicos, como veremos.

A discussão parte supondo-se um elétron livre cuja velocidade seja conhecida, mas cuja posição seja completamente desconhecida. Como consequência da mensuração da posição, obter-se-ia uma alteração do momento tal que o conhecimento sobre movimento do elétron estaria restrito às relações de incerteza. Segundo Heisenberg (1949, p.20), “isto pode ser expresso em termos concisos e gerais dizendo-se que todo experimento destrói algum conhecimento do sistema do qual este foi obtido por um experimento anterior”.

Diversos exemplos de experimentos que destruiriam informações sobre o sistema estão contidos no corpo do texto, contudo nos ateremos ao primeiro exemplo, o qual, historicamente, é anterior ao ontológico. O experimento apresentado é o da medição da posição de um elétron através de um microscópio de raios gama.

Neste experimento, a posição do elétron deve ser determinada. Para tanto, é necessário iluminá-lo. Porém, a precisão da medida depende do comprimento de onda (Figura 2).

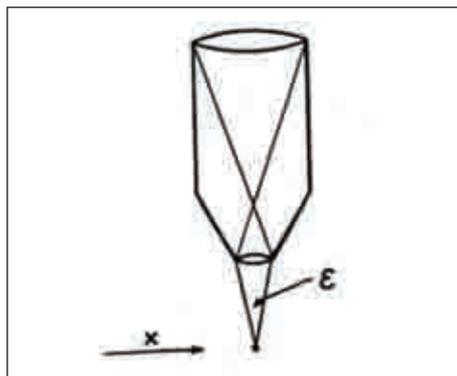


Figura 2 – Experimento do microscópio de raios gama

Fonte: Heisenberg (1949, p.21).

De acordo com as leis ópticas, o espalhamento do raio gama em questão é dotado de imprecisão dada por:

$$\partial x = \frac{\lambda}{\text{sen}\epsilon} \quad (2)$$

na qual,  $\partial x$  é a imprecisão da medida,  $\lambda$  o comprimento de onda e  $\epsilon$  é o ângulo de possível espalhamento dentro da captura do microscópio, sofrido pelo feixe.

Ao ser espalhado, o fóton confere um momento da ordem de  $h/v$ . A direção do fóton fica indeterminada dentro do ângulo de espalhamento, o que provoca incerteza no momento:

$$\partial p_x = \frac{h}{\lambda} \text{sen}\epsilon \quad (3)$$

Demonstrando Heisenberg que, após o experimento:

$$\partial x \partial p_x \approx h \quad (4)$$

Nessa versão, as relações de Heisenberg não expressariam uma característica física dos objetos, “[...] mas uma característica de nosso conhecimento acerca dos objetos, já que outros fatos ligados às situações experimentais contribuiriam para esta incerteza” (Chibeni, 2005, p.184).

Segundo Chibeni (2005):

[...] o que Heisenberg faz é evocar os alegados limites do nosso conhecimento possível dos valores precisos simultâneos de pares de grandezas conjugadas para justificar a falta desses valores no formalismo quântico [...] bem como, em um nível mais físico e intuitivo, a coexistência dos aspectos corpuscular e ondulatório dos objetos quânticos. (p.185)

Nesse caso, encontramos uma natureza determinada; no entanto, o conhecimento sobre os dados é incerto, devido à influência do experimento na medida.

Uma versão estritamente estatística também é encontrada nas produções de Heisenberg, a qual suscita críticas por uma via metafísica de análise. Observa-se que essa visão é pertinente e, muitas vezes, admitida pelo corpo de cientistas, já que recorre à mecânica quântica como mero formalismo matemático, anulando uma possível discussão acerca da natureza da ciência, posição clara no formalismo de Dirac. Ressalta-se ainda que essa versão das relações de incerteza não possui a completude filosófica admitida por Bachelard com relação à física matemática.

Ainda dentro do corpo do texto mencionado, Heisenberg aponta para uma versão das relações de incerteza que pode ser deduzida sem o uso explícito de uma visão ondulatória, obtida do esquema matemático da teoria quântica e de sua interpretação.

A presente visão é historicamente posterior às duas antevistas. Em seus artigos, Heisenberg faz uso do termo “desvio padrão”, que é uma noção estatística. Desvio padrão é uma quantidade estabelecida quando se trata um conjunto de dados (Chibeni, 2005).

Isso leva à interpretação estatística da função de onda, proposta por Max Born, em que a probabilidade de se encontrar uma partícula quântica é dada pelo módulo quadrado da função de onda. Para Chibeni (2005), “a interpretação remete naturalmente a uma situação em que se considera não um objeto individual, mas um conjunto, ou *ensemble*, de objetos preparados num mesmo estado quântico” (p.185).

Dessa forma, a incerteza é “um limite mínimo para a dispersão estatística nos resultados de medida de grandezas conjugadas”, a qual se deve “a uma dispersão mínima ineliminável, radicada na teoria quântica” (Chibeni, 2005, p.186).

É interessante perceber que Schroedinger demonstra que a incerteza, tomada nessa concepção, é parte integrante das equações para dois operadores autoadjuntos:

$$\begin{aligned}
 (\Delta A)^2 (\Delta B)^2 \geq & \left| \left\langle \frac{1}{2} (AB - BA) \right\rangle \right|^2 + \\
 & + \left( \frac{1}{2} \langle AB + BA \rangle - \langle A \rangle \langle B \rangle \right)^2 \quad (5)
 \end{aligned}$$

Nesse caso, o comutador “AB-BA” é  $ih/2\pi$  enquanto, para estados como o estudado por Heisenberg, o último termo quadrático é zero, gerando a versão estatística da relação do Princípio de Incerteza:

$$\Delta A \Delta B \geq \frac{h}{4\pi} \quad (6)$$

Chibeni (2005) aponta que “a relação estatística e sua demonstração independem completamente não apenas de qualquer hipótese acerca da natureza do objeto quântico, como também acerca de eventuais limitações de nosso conhecimento a seu respeito” (p.187).

Ainda que defendida, justificada pela validade empírica dos meios estatísticos, a presente interpretação não finaliza os debates quanto à natureza da teoria.

Para qualquer uma das três possíveis interpretações, é importante perceber que a limitação do conhecimento científico acerca da natureza existe, e que remete ainda a um problema recorrente na Filosofia da Ciência, o trinoma, ontologia-epistemologia-formalismo matemático. Reconhecer essa limitação é parte integrante da noção de ciência que se espera fora de uma visão positivista, ou seja, de uma ciência normativa, dura e acabada, fruto exclusivamente da produção empírica do conhecimento. As relações de incerteza ainda exprimem os problemas oriundos das relações entre o mundo real, observável e o mundo científico, já que aqui se revelam as limitações das concepções acerca de “onda” e “corpúsculo”, advindas do mundo real, quando utilizadas na interpretação da natureza nos limites da estrutura da matéria.

## Metodologia

O presente trabalho é um recorte, com foco nos resultados, da dissertação de mestrado *A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna* desenvolvida a partir de pesquisa realizada concernente a tópicos de história e filosofia da mecânica quântica nas visões da Física e da Química dentro da formação de licenciandos (Suart Júnior, 2010).

O método de pesquisa qualitativa, especificamente a fenomenologia, foi o empregado.

## A fenomenologia

Os caminhos da pesquisa qualitativa caracterizam-se mais por dúvidas, incertezas, indefinições do que por certezas absolutas e rotinas de trabalho. A fenomenologia tem ganhado paulatinamente reconhecimento como metodologia de pesquisa qualitativa. Toda vez que se queira dar destaque à experiência de vida, o método fenomenológico pode ser adequado.

As dificuldades do método fenomenológico na pesquisa enceram-se no fato de ser uma perspectiva oriunda da cultura filosófica. A fenomenologia nasce no início do século XX com a obra de Husserl *Investigações filosóficas*. Para ele, a fenomenologia ficaria postada no fenômeno tal como é dado à consciência, deixando de lado as origens causais e sua natureza fora do próprio ato desta. Por fenômeno entende-se aqui tudo que se manifesta ou se revela por si mesmo.

Para Merleau-Ponty, a fenomenologia é o estudo das essências que recoloca a essência na existência das coisas. Na fenomenologia há a procura pela facticidade. O mundo é considerado anterior a qualquer reflexão, abstendo-se da descrição direta da experiência (Carneiro & Gentil, 2009).

A obtenção desse mundo fenomenológico só é possível a partir de dois atos, reduções, que irão garantir a intuição completa dentro dos princípios fenomenológicos.

A redução fenomenológica ou *epoché* significa a suspensão do julgamento, o ato de abdicação de pressupostos, tornando-se o método básico da investigação fenomenológica.

Segundo Moreira (2002, p.88),

Na atitude natural, a consciência está postada diante do mundo enquanto realidade que existe sempre ou está aí. Ao separarmos-nos da tese natural, dá-se suspensão ou colocação entre parênteses, não só das doutrinas acerca da realidade e da ação sobre a realidade, mas também da própria realidade.

A redução eidética inicia-se ao compreender que aprender a consciência não é suficiente. Esta é a forma pela qual o pesquisador se move dos objetos para suas essências transempíricas. Portanto, a redução eidética busca a coisa sem a qual é impossível pensar um objeto, a essência.

A descrição, na pesquisa fenomenológica, tem por objetivo não uma descrição passiva, mas uma interpretação capaz de evidenciar o que os fenômenos têm de mais fundamental e menos aparente (Zuliani, 2006).

Giorgi (apud Moreira, 2002, p.123) estabelece quatro momentos no método fenomenológico:

- 1) Leitura das descrições sem buscar interpretações para se obter um sentido do todo.
- 2) Discriminação de “unidades de significado” espontaneamente percebidas nas descrições dos sujeitos.
- 3) Transformação das expressões cotidianas em linguagem psicológica, ou seja, discriminação de categorias a partir das expressões concretas.
- 4) Síntese das “unidades de significado” transformadas em proposições ou “estrutura da experiência”.

Dois enfoques são utilizados nas análises dos dados: a análise ideográfica e a análise nomotética.

A análise ideográfica refere-se à representação das ideias dos sujeitos, à descrição individual do ideário, ao isolamento das unidades de significado. Ao se passar da análise individual para uma análise geral, encontra-se então a análise nomotética. Aqui se busca compreender as convergências e divergências das descrições individuais.

As convergências, divergências, comparações têm a função de elucidação do fenômeno e não um caráter de generalização. E admite-se uma dependência entre as análises: sem o estabelecimento das unidades de significado torna-se praticamente impossível a passagem para o geral. Ao perguntar o ponto de vista dos sujeitos de pesquisa, é de se admitir então que, em vista do contexto e dessa visão interacionista, o que se tem na verdade é um construto da própria investigação.

Como sujeitos de pesquisa foram escolhidos então alunos do último ano dos cursos de licenciatura em Física e licenciatura em Química de uma universidade estadual situada na cidade de Bauru/SP.

A coleta de dados se deu de três formas (gravações em vídeo das aulas e transcrição das falas, questionário, e relatórios pós-atividade), em aulas especialmente concebidas para abordar o aspecto filosófico da mecânica quântica, assim como a relação “teoria  $\times$  prática”.

As aulas foram ministradas nas disciplinas Filosofia da Ciência no curso de licenciatura em Física e Estágio Supervisionado em Ensino de Química II na licenciatura em Química.

## **A questão de pesquisa**

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se às análises do questionário aplicado. Em especial, a análise de duas questões que refletem em contextos clássico e quântico a dialética do conhecimento científico apresentada acima:

- A temperatura 0K (Kelvin) é conhecida como zero absoluto, na qual todo movimento molecular cessaria. O que dizer, nessa situação, das quantidades posição e velocidade, e a determinação dessas variáveis para as partículas nos limites da estrutura da matéria?
- O Princípio de Incerteza estipula que posição e momento (velocidade) não podem ser medidos ao mesmo tempo com precisão máxima para o elétron. Na sua opinião, o que limita essa medida? Esse problema há de ser superado? Como?

As transcrições das respostas foram mantidas no formato original. Assim, os alunos da licenciatura em Física são identificados através da sigla AF e os alunos da licenciatura em Química pela sigla AQ.

## Resultados

Ao observar as respostas encontradas para o problema epistêmico do estado termodinâmico conhecido como zero absoluto, as descrições dos licenciandos dos dois cursos inviabilizam tal temperatura, e denotam que o estado descrito colapsaria a matéria. Enquanto para os licenciandos em Física uma energia residual limitaria a ausência de movimento molecular, para os alunos da Licenciatura em Química tal estado, 0K sem energia, não permite medidas, ou ainda uma medida promoveria entrada de energia do sistema, o que desestruturaria tal estado:

AQ9: Na minha opinião, ainda que se conseguisse chegar no zero Kelvin, ainda assim não seria possível de se determinar posição e velocidade do elétron, por exemplo, pois para isso ocorreria emissão de energia gerando uma excitação e consequentemente isto faria com que a matéria saísse do seu estado estacionado.

Nos dois cursos são encontradas respostas nas quais a determinação efetiva de todas as variáveis questionadas no estado em que a temperatura é 0K é possível:

AF7: No zero absoluto o movimento molecular deixaria de existir, sendo assim a posição e a velocidade de um elétron, por exemplo, não mudaria, seria constante e no caso da velocidade é igual a zero.

AQ19: No estado absoluto todo o movimento molecular cessaria, e com isso a velocidade seria nula, não tendo energia cinética nem termodinâmica.

Tal posicionamento desconsidera problemas de qualquer ordem, quer seja epistêmico quer seja ontológico, já que tal temperatura ainda não fora alcançada experimentalmente por limitações das técnicas envolvidas (versão epistemológica) ao mesmo tempo em que se justifica que a matéria colapsaria com a retirada de tal gama de energia de sua estrutura (versão ontológica). Desse ponto de vista, parece que os problemas em questão não existem para os alunos citados e que toda informação sobre a natureza poderia ser obtida em tal estado.

Ao mesmo tempo, alunos da Licenciatura em Química admitem em algumas falas que, mesmo que tal temperatura fosse atingida, as duas variáveis não poderiam ser determinadas. Tal posição é defendida por alguns licenciandos em Física, e encontra-se explicitamente uma justificativa de tal limitação a partir do Princípio de Incerteza de Heisenberg.

AF1: Ao zero absoluto, todo movimento molecular cessa, ou seja, velocidade nula (ou próximo disso). Pelo Princípio da Incerteza, se tivermos a velocidade bem definida, a posição fica totalmente indefinida.

AF4: Que viola o Princípio de Incerteza de Heisenberg, pois não se pode determinar as duas variáveis ao mesmo tempo.

Duas grandes categorias são concomitantes nos licenciandos em Física e Química quando se analisam as concepções acerca das limitações impostas pelo Princípio de Incerteza. Algumas respostas sugerem uma limitação imposta pelo processo de medida, enquanto a “natureza dual”, ou o “aspecto ondulatório” causa indeterminação nas propriedades questionadas.

Na licenciatura em Química ainda se encontram respostas nas quais há uma limitação imposta pelo caráter cinético do elétron, assim como processos de retroalimentação, em que o aluno afirma a própria equação como resposta para o questionamento proposto. Ou seja, um processo cíclico em que a pergunta se torna a própria resposta explícita o desconhecimento das causas do problema, que nesse caso tem uma estrutura filosoficamente complexa, cerne de questões maiores e de impasses na comunidade científica.

Esse caráter cinético do elétron, recorrente nas respostas para mais de uma pergunta, se apresenta como um obstáculo epistemológico (Bachelard, 1996) ao entendimento da estrutura atômica, quando esta, na microfísica, advém da dualidade e suas consequências, concordando com a postura de Fischler e Lichtfeldt apresentada por Terrazzan (1994), que consideram os conceitos clássicos como entraves para o desenvolvimento dos conceitos quânticos.

Um aspecto de importância é a coordenação entre as respostas para as questões referentes à temperatura zero Kelvin e ao Princípio de Incerteza de Heisenberg.

Se um dualismo filosófico é admitido para o Princípio de Incerteza, como encontrado nos trabalhos de Heisenberg e Bachelard, então é possível observar o mesmo dualismo presente nas análises referentes ao estado termodinâmico citado, em que este revelaria uma limitação ontológica da matéria, ou uma limitação epistemológica.

Nas palavras de Bachelard (2000, p.12-3):

Qualquer que seja o ponto de partida da atividade científica, esta atividade não pode convencer plenamente senão deixando o do-

mínio base: *se ela experimenta*, é preciso *raciocinar*; *se ela raciocina* é preciso *experimentar*. Toda aplicação é transcendência. Na mais simples das diligências científicas, mostraremos que se pode colher uma dualidade, uma espécie de polarização epistemológica que tende a classificar a fenomenologia sob a dupla rubrica do pitoresco e compreensível, noutras palavras, sob a dupla etiqueta do realismo e racionalismo. Se soubéssemos, a propósito da psicologia do espírito científico, colocar-nos precisamente na fronteira do conhecimento científico, veríamos que é de uma verdadeira síntese das contradições metafísicas que se ocupa a ciência contemporânea.

Tal caracterização das respostas dos licenciandos é possível. No entanto, posturas dicotômicas são encontradas, ou seja, dado aluno é ontológico em uma questão e epistemológico na outra. Coerência filosófica também é encontrada nas respostas. Os exemplos no Quadro 1 sugerem tal análise.

Partindo Bachelard de pressupostos metafísicos dentro de seu Novo Espírito Científico, tal que a ontologia e a epistemologia encontram-se dialetizadas, é possível reconhecer os pressupostos nas respostas dos alunos de ambos os cursos. Contudo, uma dialetização efetiva não aparece nas respostas dadas para os problemas propostos especificamente para os conceitos. Aqui, subentende-se um problema: segundo Bachelard, as visões ontológica e epistêmica encontraram-se antagônicas até os desenvolvimentos da ciência moderna. O caminho histórico sugerido para as concepções filosóficas do método, percorrido neste trabalho em seção anterior, demonstram tal caráter. Em Bachelard, encontra-se então uma dialética entre essas formas que agora são complementares. Parece, no entanto, que o fluxo filosófico encontrado nas respostas dos alunos não contém tal dialetização, parece ingênuo, e filosoficamente analisado tem-se um contexto em que necessariamente não se pode ser ingênuo: ou epistemologia e ontologia estão dialetizadas de forma coesa tal como Bachelard pressupõe ou então são noções opostas.

Quadro 1

Aluno	Pergunta 8		Pergunta 4	
	Ontológico	Epistêmico	Ontológico	Epistêmico
AQ1	A limitação se dá na capacidade de o elétron ser dual, e a matéria.			Impossível se determinar qualquer valor para estas variáveis, pois não se chegou a esta temperatura e, portanto realizar algum tipo de cálculo.
AQ13	É limitado pela dualidade do elétron (que se comporta em momentos como partícula e outros como onda).			Os experimentos relacionados ao zero absoluto ocorrem através de uma extrapolação, pois é muito difícil atingir essa condição experimental, por isso acredito que o que foi falado na questão é uma teoria.
AQ20	Essa medida é limitada pelo comportamento dual do elétron, ora como partícula, ora como onda.		Zero absoluto ou estado absoluto se teoricamente o movimento molecular cessaria não teríamos nem energia nem termodinâmica, e muito menos ligações químicas, o que desestabilizaria os átomos promovendo sua “desestruturação”.	

(cont.)

*(continuação)*

Aluno	Pergunta 8		Pergunta 4	
	Ontológico	Epistêmico	Ontológico	Epistêmico
AF2	O que limita esta medida é o fato do elétron ser uma entidade quântica e quando há uma medição sobre uma entidade quântica a mesma sofre uma perturbação, quebrando o que chamamos de coerência quântica. Esse mesmo problema também segue no par energia e tempo, esse fato não deve ser superado devido à natureza quântica das partículas.		Há uma velocidade muito pequena a nível atômico, portanto o movimento molecular não cessaria totalmente. Mesmo assim, considerando que o movimento molecular cessaria, haveria o colapso do átomo e consequentemente um colapso da matéria. Mesmo com uma velocidade nula, há uma energia de repouso representada por $E = mc^2$ .	

*(cont.)*

(continuação)

Aluno	Pergunta 8		Pergunta 4	
	Ontológico	Epistêmico	Ontológico	Epistêmico
AF8		Os métodos de medida limitam a precisão de encontramos a posição e a velocidade da partícula. Se melhorarmos os métodos de medida poderíamos, talvez superar esse problema.	Nessa situação, a velocidade seria $= 0$ e o elétron seria atraído pelo núcleo, portanto, impossível, pois não haveria matéria.	
AF15		O Princípio da Incerteza é um problema da própria medida, ele significa a interferência que a medição causa ao sistema, por exemplo, para enxergarmos um elétron, precisamos atingi-lo com um fóton, segundo a teoria atual, provavelmente não será resolvido.		Essa situação não é bem teoricamente. A temperatura 0K nunca foi atingida nem observada.

## Conclusões

Se Bachelard admite, para o seu Novo Espírito Científico, pressupostos metafísicos que antes eram contraditórios e agora são dialéticos, complementares, ontologia e epistemologia, então esse dualismo é também parte integrante do Princípio de Incerteza de Heisenberg, elemento eixo dentro da visão não determinista admitida na microfísica.

Esta pesquisa constata também que tais categorias encontram-se presentes no discurso de licenciandos, quando questionados em relação a tal princípio, todavia, a dialética admitida por Bachelard não é encontrada no ideário desses sujeitos. Diante de problemas epistêmicos que necessitam de uma análise semelhante, verifica-se ainda a contradição filosófica, em que a ontologia ora é admitida, ora é negada, ocorrendo o mesmo com a epistemologia.

Se a fenomenologia revela a história de vida desses sujeitos então admite-se que tais concepções expressam a vivência dos alunos dessas questões. As descrições referentes aos modelos didáticos de experimentação revelam um processo vivido dentro do contexto de formação.

Ao observarmos a apresentação do Princípio de Incerteza nos primeiros livros didáticos de Química do curso superior, verificamos diferentes abordagens existentes. Selecionados dois excertos extraídos de dois livros usados tradicionalmente nos cursos iniciais de licenciatura e bacharelado em Química verifica-se:

O ponto crucial do princípio da incerteza é que, para se saber algo sobre a posição e o momento de uma partícula, temos de interagir de qualquer maneira com esta partícula.

[...] Nenhum instrumento pode “sentir” ou “ver” um *elétron* sem *influenciar intensamente* o seu movimento. Se, por exemplo, construíssemos um “supermicroscópio” imaginário para localizar um elétron, teríamos de usar uma radiação com um comprimento de onda muito menor do que o da luz. [...] O supermicroscópio

imaginário deveria, por isso, usar raios  $x$  ou  $\gamma$ . Mas a energia destas radiações é tão grande que modificaria a velocidade e consequentemente, o momento do elétron, numa quantidade grande e incerta. (Russel, 1994, p.244)

A dualidade onda-partícula não somente mudou nosso entendimento sobre radiação eletromagnética, como também devastou os fundamentos da física clássica. Na mecânica clássica, uma partícula tem uma *trajetória* definida, ou o caminho onde a localização e o momento linear são especificados a cada instante. Por outro lado, não podemos especificar a localização precisa de uma partícula se ela se comporta como onda [...] Uma partícula com um momento linear preciso tem comprimento de onda preciso: mas como não tem sentido falar da localização de uma onda, não podemos especificar a localização da partícula que tem um momento linear preciso. (Atkins & Jones, 2006, p.142)

Assim, o discurso contraditório, ou dualismo filosófico, que é característico da ciência encontra-se nos textos referidos em que se tem um sendo ontológico e o outro epistêmico. Importante ressaltar ainda que essas posturas filosóficas não estão claras dentro do contexto do texto.

Concorda-se aqui com Bachelard, no sentido de que a discussão da ciência admite pressupostos metafísicos e que estes são característicos das discussões inerentes aos conceitos de mecânica quântica. No entanto, nada parece claro, dentro do ideário daqueles que enfrentarão em breve as salas de aula, liderando o contexto de construção do conhecimento admitido pelos documentos oficiais.

## Referências bibliográficas

ATKINS, P., JONES, L. *Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- BACHELARD, G. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- \_\_\_\_\_. *O novo espírito científico*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.
- CARNEIRO, M. C., GENTIL, H. S. (Org.). *Filosofia francesa contemporânea*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- CHALMERS, A. F. *O que é ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHIBENI, S. S. Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.27, n.2, p.181-92, 2005.
- COHEN-TANNOUDJI C., DIU, B., LALOE, F. *Quantum mechanics*. Nova York: John Wiley, 1977. v.1.
- HEISENBERG, W. *Física e filosofia*. 2.ed. Brasília: Editora da UnB, 1987.
- \_\_\_\_\_. *The physical principles of the quantum theory*. Nova York: Dover, 1949.
- JAMMER, M. *The conceptual development of quantum mechanics*. Nova York: McGraw-Hill, 1966.
- MOREIRA, D. A. *O método fenomenológico na pesquisa*. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.
- RUSSEL, J. B. *Química geral*. São Paulo: Pearson Education, 1994.
- SUART JÚNIOR. *A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna*. Bauru, 2010. 228p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista.
- TERRAZZAN, E. A. *Perspectivas para a inserção de Física moderna na escola média*. São Paulo, 1994. 241f. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo.
- ZULIANI, S. R. Q. A. *Prática de ensino de Química e metodologia investigativa; uma leitura fenomenológica a partir da semiótica social*. São Carlos, 2006. 288p. Tese (doutorado) – Centro de Ciências Humanas, Ufscar.

# 15

## A VISÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE NÚMEROS QUÂNTICOS EM LIVROS DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO

*Marcelo Maia Cirino<sup>1</sup>  
Aguinaldo Robinson de Souza<sup>2</sup>*

Este trabalho<sup>3</sup> investigou a evolução histórica do conceito de números quânticos, dentro da abordagem didática de livros de Química utilizados no ensino médio. O objetivo é mostrar de que maneira esses livros apresentam a história e o desenvolvimento do conceito relacionando-a com a utilização da História e Filosofia da Ciência no ensino de Química. Pensamos no livro didático como foco de pesquisa porque, ao longo das últimas décadas, ele tem sido considerado o recurso instrucional mais utilizado no processo de ensino-aprendizagem. Para o professor, ele vem sendo a ferramenta através da qual se pode selecionar, organizar e desenvolver o conteúdo de um curso, tópico, unidade ou aula (Schnetzler,

- 
1. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP/Campus de Bauru. Docente do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá/UEM. *e-mail*: mmcirino@uem.br.
  2. Livre-docente do Departamento de Química da UNESP/Campus de Bauru. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. *e-mail*: arobinso@fc.unesp.br.
  3. Este capítulo é uma versão estendida e revisada do trabalho apresentado durante o V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, V ENPEC.

1980). Para o aluno, a utilização do livro didático tem propiciado a apresentação e revisão da matéria, além de ser a fonte, por excelência, de contato com conteúdos, exercícios, problemas e atividades comumente considerados nas salas de aulas. Outra razão para a ampla utilização do livro-texto diz respeito à busca e formação de novos leitores. Segundo Schnetzler (1980), a cada ano, novos livros são publicados, maiores investimentos são direcionados pelo poder público para a compra e distribuição destes às escolas, e mesmo na rede particular de ensino, nos níveis fundamental e médio, sua ascensão é determinante, a ponto de produzir uma dependência passiva e até certo ponto acrítica do professor.

Segundo Megid Neto & Fracalanza (2003), programas de melhoria da qualidade do livro didático brasileiro e de distribuição ampla para os estudantes de escolas públicas têm sido uma das principais ações do governo federal e de seu Ministério da Educação desde a década de 1930. De acordo com esses autores, muitos pesquisadores acadêmicos vêm se dedicando há pelo menos duas décadas a investigar a qualidade das coleções didáticas, denunciando suas deficiências e apontando soluções para a melhoria de sua qualidade. Podemos citar, por exemplo, na área da Química, os trabalhos de Schnetzler (1980, 1981), Mortimer (1988) e Lopes (1990). De acordo com Tiedemann (1998) e particularmente no ensino da Química, fala-se muito na “abordagem do cotidiano”, em que se tenta mostrar ao estudante fenômenos químicos que lhes são familiares procurando despertar a sua curiosidade científica. Na prática, ainda segundo esse mesmo autor, os conteúdos dos livros de Química apresentam um volume enorme de informações, nem sempre adequadas à idade do aluno e nem sempre respeitando uma sequência que favoreça a aprendizagem. Essa aprendizagem, contudo, pode ser dificultada pelo uso de metáforas e analogias, com o intuito de efetuar a transposição didática do conhecimento científico, muitas vezes deturpando este último (Lopes, citada por Tiedemann, 1998). Na visão de outros pesquisadores, como Santos & Schnetzler (2003), o estado atual do ensino de Química no Brasil não serve nem para o cidadão, nem para quem vai fazer vestibular,

ou seja, tem sido de pouca utilidade, além de não alcançar seus objetivos. Assim, uma abordagem didática que incorporasse temas de História e Filosofia da Ciência nos diversos conteúdos ensinados em Química poderia ampliar a dimensão histórico-social do processo de produção do conhecimento científico e aproximar a imagem do cientista do ser humano comum, desmistificando seu papel na evolução histórica da ciência.

## **A História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências**

É bastante comum, nos dias de hoje, a ideia de que o ensino escolar de Ciências, Física, Química e Biologia integre temas de História e Filosofia da Ciência. Enfoques desse tipo têm como objetivo contribuir para que o aluno construa concepções mais elaboradas e realistas acerca da ciência e dos cientistas, concepções essas que possam subsidiar o exercício de uma cidadania consciente e atuante (Bastos, 1998, p.56). Conforme Gagliardi & Giordan (1986, p.254), citados por Bastos (1998):

A História da Ciência pode mostrar em detalhes alguns momentos de transformação profunda da ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e que setores trataram de impedir a mudança.

No entanto, segundo a visão de Martins (1990), em geral, a História da Ciência já é efetivamente utilizada no ensino científico, mas na forma de cronologias e apresentação de nomes. Essa cronologia ainda é, segundo o autor, pouco informativa e pouco útil. Serve apenas para que o estudante fique conhecendo os nomes de alguns cientistas famosos e tenha uma ideia sobre as épocas (e sobre as sequências) de determinadas descobertas, mas não facilita o ensino da própria ciência. Uma outra abordagem da História da

Ciência no ensino é como ferramenta de persuasão e intimidação. Nesse caso, invoca-se a autoridade de um grande nome para reprimir dúvidas e impor doutrinas, invertendo assim a própria natureza do pensamento científico, que se apoia em fatos e argumentos e não em nomes famosos: “a lei da gravitação universal é verdadeira porque Newton a provou” (Martins, 1990, p.2).

De acordo com Bizzo (1992), existem três restrições à utilização da História da Ciência no auxílio ao ensino de Ciências:

- 1) A primeira, é que as ideias do passado devam auxiliar o entendimento das ideias de agora, o que demandaria um contexto no qual as teorias de hoje sejam “aparentadas” com as do passado;
- 2) a segunda questão é a relação de hierarquia progressiva entre as ideias antigas, simples e de pouca abrangência, e as novas teorias, complexas e eficientes, o que na verdade, na maioria das vezes, não ocorre;
- 3) a terceira restrição refere-se às concepções prévias dos estudantes, muito parecidas com as explicações utilizadas pelos cientistas do passado para interpretar certos fenômenos.

Ao tomar feições pedagógicas, uma elaboração teórica baseada na História da Ciência pode levar a propostas “historicistas” ou “recapitulacionistas” (Bizzo, 1991, citando a si próprio, 1992, p.29). Existem ainda, segundo Bastos (1998, p.56), outras dificuldades práticas ao uso desse tipo de abordagem na sala de aula:

- 1) Os textos disponíveis para subsidiar o trabalho dos alunos em sala de aula não atendem, normalmente, às necessidades específicas do ensino fundamental e médio;
- 2) existem poucas “propostas” concretas a respeito de como explorar conteúdos de História e Filosofia da Ciência de forma a atingir objetivos educacionais do tipo “compreender melhor” o que é ciência;

- 3) os currículos escolares não dispõem de espaço, e tempo, suficiente para inserção de História da Ciência;
- 4) os contextos específicos nos quais os cientistas do passado trabalhavam são de difícil compreensão para os estudantes de hoje;
- 5) o uso de relatos ou textos históricos é fator de confusão e não de esclarecimento, pois expõem o aluno a ideias, conceitos, teorias e métodos que já foram descartados ou substituídos por outros;
- 6) a utilização de relatos históricos é fator de desmotivação e não de estímulo, pois o aluno está interessado em conhecimentos atualizados e não em conhecimentos que já caíram em desuso.

Embora vários pesquisadores já tenham expressado suas opiniões, favoráveis em sua grande maioria, a respeito da utilização da História e Filosofia da Ciência como ferramenta eficiente no ensino de Ciências, nossa opinião é a de que existem casos em que é possível e bastante interessante seu uso, por exemplo, no ensino da evolução dos modelos atômicos. No entanto, para determinados conteúdos, essa abordagem é de difícil adaptação. Tanto no que diz respeito aos aspectos institucionais (disponibilidade de tempo na grade curricular, por exemplo) como aos aspectos operacionais (preparo das aulas, abordagem didática a ser escolhida e material instrucional a ser utilizado).

## Uma breve história dos números quânticos

Até o fim do século XIX não havia uma concepção definitiva acerca da estrutura do átomo. A produção de elétrons, nos tubos de raios catódicos, por William Crookes em 1850, mostrou que aquelas partículas eram constituintes essenciais da matéria. Joseph John Thomson propôs, em abril de 1897, um modelo no qual os elétrons se encontravam na massa global do átomo e acomodados dentro de

uma esfera uniforme de eletricidade positiva, resultando em um conjunto eletricamente neutro (Aquino, 2001). O físico neozelandês Ernest Rutherford, em março de 1912, trabalhando na Universidade de Manchester, Inglaterra, foi o primeiro a elaborar um modelo atômico coerente, partindo de observações experimentais sobre a deflexão de partículas  $\alpha$  em anteparos metálicos. A pequena quantidade de partículas  $\alpha$  refletidas em grandes ângulos fez Rutherford concluir que a carga positiva, e a maior parte da massa do átomo, estariam concentradas em um volume muito pequeno, que ele chamou de núcleo.

O átomo seria constituído desse núcleo central positivo circundado por elétrons, em número necessário e suficiente para neutralizar sua carga. Os elétrons girariam com velocidade suficiente para que a força centrífuga compensasse a atração eletrostática exercida pelo núcleo de cargas positivas (Aquino, 2001). Esse modelo, no entanto, era inconsistente, pois, segundo a teoria eletromagnética de James Clerk Maxwell, qualquer alteração de velocidade ou direção de movimento de uma partícula eletricamente carregada é acompanhada da emissão de energia radiante. Em 1860, Maxwell desenvolveu uma teoria propondo que todas as formas de radiação se propagam no espaço vazio, vácuo, vibrando num campo elétrico e em outro magnético, perpendiculares entre si. Com a irradiação contínua de energia, os elétrons teriam suas órbitas diminuídas progressivamente, tendo que girar mais rápido para compensar a atração eletrostática do núcleo continuamente aumentada com a diminuição da distância entre as cargas. Através das equações de Maxwell, demonstrava-se que o modelo de átomo de Rutherford teria uma duração de apenas  $10^{-11}$  segundos (Aquino, 2001) e entraria em colapso. O modelo capaz de explicar muitas das propriedades da matéria estava em desacordo com as leis da eletrodinâmica.

Niels Bohr, em fevereiro de 1913, propôs um modelo que interpretaria melhor esses resultados experimentais. Aplicando a teoria de Planck da quantização da energia e acrescentando três postulados ao modelo atômico de Rutherford, Bohr foi o primeiro cientista a estabelecer que um elétron, enquanto permanece em

movimento em uma órbita fechada e circular, não absorve nem emite radiação (primeiro postulado). Bohr admitiu que para cada elétron existe mais de uma órbita estável, correspondente a um nível energético diferente. O segundo postulado estabelece que somente são permissíveis as órbitas eletrônicas para as quais o momento angular do elétron é quantizado :

$$\text{momento angular} = \mathbf{h}/2\mathbf{p} \quad (1)$$

onde  $\mathbf{h}$  é a constante de Planck e  $\mathbf{p}$  o momento do elétron . O momento angular de uma partícula movendo-se em órbita circular é dado por  $\mathbf{mvr}$ , onde  $\mathbf{m}$  é a massa da partícula,  $\mathbf{v}$  a velocidade e  $\mathbf{r}$  o raio do círculo por ela descrito. O segundo postulado requer que as órbitas estacionárias satisfaçam a condição  $\mathbf{mvr} = \mathbf{nh}/2\mathbf{p}$ . O último postulado estabelece que o elétron pode mudar de uma órbita para outra, desde que a transição seja acompanhada da emissão ou absorção de um quantum de energia radiante, cuja frequência é determinada pela relação:

$$\Delta\mathbf{E} = \mathbf{h}\mathbf{v} \quad (2)$$

onde  $\Delta\mathbf{E} = \mathbf{E}_i - \mathbf{E}_f$  representam os valores da energia do átomo no estado inicial e final, respectivamente (Russel, 1994), e  $\mathbf{v}$  a frequência da radiação. A possibilidade de o elétron ocupar diferentes órbitas, ou camadas, resultou no estabelecimento do primeiro dos quatro números quânticos necessários para descrever um elétron em um átomo.

O número quântico principal,  $\mathbf{n}$ , pode apresentar valores inteiros de 1 até infinito. Uma das vantagens do modelo atômico de Bohr foi a possibilidade de explicar por que somente certas frequências de luz eram irradiadas por átomos e, em alguns casos, prever esses valores. A emissão de luz, ou espectro do átomo, era obtida com uma descarga elétrica através de uma amostra gasosa. O gás excitado emitia radiação sob a forma de luz visível, ultravioleta e infravermelha. A luz atravessava uma fenda ou prisma, que a

separava em suas diferentes frequências. Esses dispositivos, chamados espectrógrafos, eram conhecidos desde 1859 e foram usados para investigar as raias do espectro do átomo de hidrogênio.

Para definir a localização do elétron no átomo foram introduzidos mais dois números quânticos. O número quântico de momento angular  $\ell$ , também chamado de azimutal, é decorrente do trabalho de Arnold Sommerfeld, em 1916, que considerou as órbitas circulares como um caso particular de órbitas elípticas, em que os semieixos maior e menor são iguais (Russel, 1994, p.286-8). Os elétrons de uma dada camada são agrupados em subcamadas, caracterizadas por diferentes valores do número quântico  $\ell$  e por uma forma geométrica característica. Cada valor de  $\ell$  corresponde a uma diferente forma geométrica do orbital, ou tipo de orbital. Os valores de  $\ell$  são codificados por letras de acordo com o esquema que se segue:

Valor do número quântico  $\ell$ , correspondente às subcamadas:

Subcamada s..... $\ell = 0$

Subcamada p..... $\ell = 1$

Subcamada d..... $\ell = 2$

Subcamada f..... $\ell = 3$

Os primeiros estudos dos espectros de emissão de outros elementos químicos além do hidrogênio apresentavam mais linhas do que a teoria de Bohr podia explicar. Cientistas, analisando o espectro dos átomos de sódio, encontraram quatro diferentes tipos de linha que chamaram de “*sharp, principal, diffuse e fundamental*”. A letra inicial de cada uma dessas palavras foi usada para designar as subcamadas apresentadas acima (s, p, d, f).

O número quântico magnético,  $m$ , especifica em qual orbital, definido como uma região tridimensional a partir do núcleo, calculada probabilisticamente, dentro da subcamada o elétron se encontra (Russel, 1994). Os orbitais em uma dada subcamada diferem unicamente na sua orientação espacial e não na sua forma. O quarto número quântico, chamado de spin, diz respeito à rotação do elétron em torno do seu próprio eixo. Um elétron em um átomo possui propriedades magnéticas decorrentes de sua rotação (movi-

mento da partícula carregada). Experimentos mostraram que quando um átomo, que possui um elétron desemparelhado, é colocado em um campo magnético, somente duas orientações são possíveis para a sua rotação. A rotação do elétron é quantizada e uma orientação é associada com o valor  $+ \frac{1}{2}$  e outra com o valor  $- \frac{1}{2}$  (sentidos de rotação horário e anti-horário). Cada elétron fica então definido pela combinação dos seus quatro números quânticos, que são diferentes para todos os outros elétrons no átomo. Essa é a regra geral criada em 1925 por Wolfgang Pauli, que ficou conhecida como Princípio da Exclusão de Pauli, cuja importante consequência é a de que nenhum orbital atômico pode abrigar mais do que dois elétrons (Aquino, 2001).

## Percursos metodológicos

Passamos, então, à descrição da metodologia empregada na pesquisa. Nossa escolha dos livros investigados<sup>4</sup> se deu em função de sua utilização tanto na rede pública como na rede privada de ensino, por figurarem em várias pesquisas na área de Educação em Química (ver, por exemplo, Monteiro & Justi, 2000; Mortimer, 1988; Loguercio et al., 2001; Tiedemann, 1998; Sá, 2006; Silva & Cunha, 2009), e por sua grande tiragem e distribuição no Brasil. Para investigar esses livros recorremos à análise textual discursiva (Moraes & Galiuzzi, 2007). Para esses autores (2007, p.16),

[...] A análise textual discursiva é descrita como um processo de unitarização em que o texto é separado em unidades de significado. Estas unidades por si mesmas podem gerar outro conjunto de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador [...]

---

4. A relação completa dos livros investigados neste trabalho se encontra após as referências bibliográficas.

Depois dessa unitarização, que precisa ser feita com intensidade e profundidade, passa-se a fazer a articulação dos significados semelhantes num processo denominado categorização. Na categorização são reunidas as unidades de significado semelhantes, gerando assim categorias mais amplas de análise. Uma análise textual envolve identificar e isolar enunciados dos materiais submetidos à análise, categorizar esses enunciados e produzir textos, integrando, nestes, descrição e interpretação, e utilizando como base de sua elaboração o sistema de categorias construído (Moraes & Galiuzzi, 2006). Dessa forma, como seu próprio nome indica, a análise textual trabalha com textos ou amostras de discursos, e esses materiais submetidos à análise podem ter muitas e diferentes origens: entrevistas, registros de observações, depoimentos feitos por escrito por participantes, gravações de aulas, de discussões de grupos, de diálogos de diferentes interlocutores, etc. (idem, 2006). Na definição do nível de recorte (unitarização), o pesquisador pode basear-se em diferentes critérios, mas o de maior importância será sempre a pertinência e adequação ao fenômeno sob investigação. A categorização pode também se concretizar em uma diversidade de métodos e técnicas. Dois de seus extremos, segundo Lincoln & Guba (1985), constituem os polos explicativo-verificatório e compreensivo-construtivo. O primeiro tem bases na dedução, enquanto o segundo é de natureza indutiva. Optamos pelo segundo, ancorado na indução analítica e que corresponde a processos construtivos e emergentes de categorização (as categorias não foram construídas *a priori*).

## **Análise e categorização**

Vale ressaltar que três dos livros analisados não trazem nem fazem referência ao conceito de números quânticos (livros A, E, F). Na visão dos autores, por se tratar de conteúdo desnecessário para que o estudante avance no sentido da compreensão dos demais conceitos que dependem da utilização de um modelo atômico cien-

tificamente reconhecido. A partir da seleção dos trechos dos capítulos dos demais livros (sete) que abordam o conceito, o recorte analítico para unitarização foi demarcado em função dos enunciados de cada um deles. Elaboramos, então, três tipos de categorias que, em nosso entendimento, cristalizam a intenção dos autores em utilizar ou não e como utilizar a História e Filosofia da Ciência como recurso ao desenvolvimento e apresentação do conteúdo:

- a) a dos livros que destacam apenas aspectos históricos relacionados a datas e fatos, sem desenvolver a evolução dos conceitos;
- b) a dos livros que introduzem e relacionam a evolução dos conceitos apenas às aplicações tecnológicas;
- c) a dos que conduzem a abordagem utilizando de forma efetiva a História e Filosofia da Ciência na descrição das teorias, mostrando a dimensão internalista e sócio-histórica da construção do conceito.

Consideramos, entretanto, a possibilidade de inclusão da abordagem numa das categorias mesmo de maneira parcial quando a análise sugere evidências que apontem nessa direção (ver Tabela 1)

Apresentamos, a seguir, alguns dos trechos (nossas unidades analíticas) dos capítulos extraídos dos livros didáticos e as interpretações que puderam ser elaboradas à luz dos nossos objetivos. Na primeira categoria, incluímos os livros D, G, I e J. Nos livros D e G, a introdução do assunto é apoiada em descrições históricas da elaboração e dos desdobramentos da teoria de De Broglie, sempre enfatizando as datas e os fatos associados:

Foi o cientista francês Louis de Broglie que sugeriu, em 1923, que o elétron teria ambas as características, ou seja, seria uma partícula-onda [...] esse é um interessante exemplo da elaboração de uma teoria antes dos fatos. (Livro D, p.113)

De fato, já em 1924, o físico francês Louis de Broglie havia lançado a hipótese de que se a luz apresenta natureza dual, uma partícula também teria propriedades ondulatórias. (Livro G, p.94)

Também encontramos no livro J referências históricas à proposição de De Broglie, com datas e fatos relacionados. Já o livro I, para introduzir o assunto, fala do Princípio da Incerteza:

Em 1926, Werner Heisenberg (1901-1976) demonstrou, usando os conceitos quânticos (mecânica quântica), que é impossível determinar, simultaneamente, com absoluta precisão, a velocidade e a posição de um elétron em um átomo. (Livro I, p.71)

Na sequência do conteúdo, o livro G retoma a contribuição de outros cientistas:

Devido à dificuldade de se prever a posição exata de um elétron na eletrosfera, o cientista Erwin Schrödinger (1926) foi levado a calcular a região onde haveria maior probabilidade de se encontrar o elétron. (Livro G, p.95)

Por fim, o livro J destaca as ideias de Pauli & Hund para fechar a determinação dos números quânticos (p.53), apresentando apenas a descrição literal de suas “regras”.

Na segunda categoria incluímos os livros D e I, notadamente pelas referências históricas às aplicações tecnológicas, relacionadas à evolução da teoria quântica:

[...] nos luminosos de neon, [...] o funcionamento é semelhante ao de uma lâmpada fluorescente, ou seja, os elétrons são excitados e, na sua volta à órbita original, emitem luz. (Livro I, p.65)

O microscópio de tunelamento é uma das aplicações do comportamento partícula-onda do elétron [...] (Livro D, p.114)

O livro D traz ainda, na sequência, ilustrações que tentam associar ao elétron suas características de partícula (figuras representando um tubo de raios catódicos) e de onda (uma fotografia de um aparelho de microscopia eletrônica). Existe a perspectiva de que o aluno consiga compreendê-las sem relacionar os contextos históricos da investigação dos raios catódicos por Thomson em 1897 (que resultou na proposição do elétron como partícula) e da experiência de seu filho, G. P. Thomson, em 1927, que culminou com a comprovação da hipótese de De Broglie sobre o comportamento ondulatório do elétron.

Na terceira categoria incluímos o livro C, que é o que mais se aproxima de uma abordagem comprometida em inserir, discutir e valorizar os aspectos históricos e a evolução filosófica e sociocultural do conceito de números quânticos. Da descrição de espectroscópios, passando pela contribuição dos físicos sobre carga elétrica e magnetismo até a introdução do conceito de números quânticos, nota-se a preocupação em dar finalidade e amarração às citações e comentários sobre as várias descobertas e teorias:

[...] Realmente não é fácil imaginar o elétron se comportando como uma onda no átomo. Estamos habituados a criar imagens e não há nada que possa ser utilizado como referência para estabelecermos uma imagem de uma partícula que se comporta como onda. (Livro C, p.317)

[...] Assim, para que as funções de onda expressem uma realidade, devem ser construídas para cada elétron do átomo com pelo menos um dos quatro números quânticos diferentes (o que fortalece a hipótese contida no Princípio da Exclusão de Pauli). (Livro C, p.325)

Tabela 1 – Categorização de livros didáticos de Química para o ensino médio com relação à abordagem histórica do conceito de números quânticos

Autor(es)	Ano da edição	Destaca aspectos “históricos” relacionados a datas e acontecimentos	Introduz e relaciona a evolução dos conceitos apenas às aplicações tecnológicas	Conduz a abordagem com utilização efetiva da HFC
(A) Tito & Canto	2006	Não traz o conceito	Não traz o conceito	Não traz o conceito
(B) Covre	2000	Não	Não	Não
(C) Fonseca	2001	Não	Não	Parcialmente
(D) Lembo	1999	Sim	Sim	Não
(E) Santos et al.	2005	Não traz o conceito	Não traz o conceito	Não traz o conceito
(F) Bianchi et al.	2005	Não traz o conceito	Não traz o conceito	Não traz o conceito
(G) Feltre	2004	Parcialmente	Não	Não
(H) Sardella & Falcone	2004	Não	Não	Não
(I) Usberco & Salvador	2002	Parcialmente	Sim	Não
(J) Utimura & Linguanoto	1998	Parcialmente	Não	Não

## Considerações finais

Silva & Cunha (2009) também analisaram livros didáticos de Química brasileiros para o ensino médio com o objetivo de investigar a abordagem empregada na discussão dos modelos atômicos, particularmente interessados na presença (ou não) de noções da teoria quântica. Segundo os autores, os resultados mostraram que a maioria das obras analisadas não apresenta os cinco temas relativos à caracterização de um sistema quântico: *quantum* de uma grandeza, comportamento dual (onda/partícula), indeterminação da trajetória, caráter probabilístico e representação do estado. Sobre o tema, afirmam que:

[...] Em nosso entender, os livros analisados não tratam o assunto com suficiente clareza conceitual. Defendemos que a inclusão de tais tópicos no ensino médio de química exige uma interação mais forte com o ensino de física: é preciso definir o que ensinar acerca do modelo atômico quântico, como ensinar, de que modo tratar a distinção clássico/quântico, que existe na física, mas inexiste na química e demais ciências. Por outro lado, não podem ser evitadas questões de ordem epistemológica como o limite do nosso conhecimento acerca dos entes microscópicos, da conceituação de modelo científico, da representação pictórica do átomo [...]. (Silva & Cunha, 2009, p.8)

Outros pesquisadores já cerraram em seus trabalhos posições marcantes sobre a relevância de se ensinar ou não, e utilizando quais abordagens, os chamados tópicos de Física (ou Química) moderna (ver, por exemplo, Ostermann & Moreira, 2000; Ostermann & Cavalcanti, 1999; Pereira et al., 2009; Pessoa Jr., 2007; Pinto & Zanetic, 1999; Monteiro et al., 2009). Por isso, ao percorrer o caminho analítico sobre os livros escolhidos, tínhamos a exata noção da limitação deste trabalho, que se resumiu ao recorte puramente histórico da evolução conceitual de um determinado aspecto

da teoria quântica. Nosso interesse se restringiu à utilização (ou não) de recursos da História e Filosofia da Ciência na introdução, desenvolvimento e generalização do conceito de números quânticos, que são apresentados, na maioria dos livros didáticos, quando do estudo da estrutura da matéria e da apresentação dos modelos atômicos. Como já foi dito aqui, para muito pesquisadores, a utilização da História da Ciência no ensino deveria apresentar o estágio atual da ciência como o resultado de um longo processo em que as relações entre teoria e prática são constantes e onde são utilizadas ferramentas lógicas, metodológicas, epistemológicas e as tradições predominantes em seu meio e sua época. Os livros investigados neste trabalho perdem, em nossa opinião, uma excelente oportunidade de envolverem seus leitores numa abordagem desse tipo, o que poderia contribuir para uma melhor compreensão dos fatos e das ideias que culminaram com elaboração da teoria quântica nas primeiras décadas do século XX. A inclusão de conteúdos como números quânticos requer, portanto, cuidadosa escolha em relação ao material didático de apoio por parte dos professores interessados no ensino desse tema.

## Referências bibliográficas

- AQUINO, A. R. A descoberta da estrutura atômica. *Com Ciência, Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*, n.20, 2001. Disponível em <<http://www.comciencia.br/reportagens/framereport.htm>>. Acesso em 20/6/2005.
- ARRIASSECQ, I., GRECA, I. M. Algunas consideraciones históricas, epistemológicas y didácticas para el abordage de la teoria de la relatividad especial em el nivel medio y polimodal. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.8, n.1, p.55-69, 2002.
- BASTOS, F. O ensino de conteúdos de História e Filosofia da Ciência. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.5, n.1, p.55-72, 1998.
- BIZZO, N. M. V. História da Ciência e ensino: onde terminam os paralelos? *Em Aberto (Brasília)*, n.55, ano 11, p.29-35, 1992.

- BRASIL, Ministério da Educação. *PCN+ do ensino médio, orientações educacionais complementares aos PCN*. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias, p.87-111, 2002. Disponível em <<http://www.mec.gov.br>>. Acesso em 21/6/2005.
- COUTINHO, M. Os desafios historiográficos e educacionais da Ecologia contemporânea. *Em Aberto (Brasília)*, n.55, ano 11, p.42-8, 1992.
- LINCOLN, Y. S., GUBA, E. G. *Naturalistic inquiry*. Londres: Sage, 1985.
- LOGUERCIO, R. Q. et al. A dinâmica de analisar livros didáticos com os professores de Química. *Química Nova (São Paulo)*, v.25, n.4, p.557-62, 2001.
- LOPES, A. R. C. *Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da Química*. Rio de Janeiro, 1990. Dissertação (mestrado em Educação) – IESAE.
- MARTINS, R. A. Sobre o papel da História da Ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, v.9, p.3-5, 1990. Disponível em <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghct>>. Acesso em 20/6/2005.
- MEGID NETO, J., FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.9, n.2, p.147-57, 2003.
- MONTEIRO, I. G., JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências (Porto Alegre)*, v.5, n.2, p.48-79, 2000.
- MONTEIRO, M. A. et al. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da Física moderna e contemporânea no ensino médio. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.15, n.3, p.557-80, 2009.
- MORAES, R., GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.12, n.1, p.117-28, 2006.
- \_\_\_\_\_. *Análise textual discursiva*. Ijuí: Ed. da Unijuí, 2007.
- MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de Química destinados ao ensino secundário. *Em aberto (Brasília)*, n.40, ano 7, 1988.

- OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física (Florianópolis)*, v.16, n.3, p.267-86, 1999.
- \_\_\_\_\_, MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Investigações em Ensino de Ciências (Porto Alegre)*, v.5, n.1, 2000.
- PESSOA JR., O. A representação pictórica de entidades quânticas da Química. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola (São Paulo)*, n.7, p.25-33, 2007.
- PEREIRA, A. P. et al. Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação de professores de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (Barcelona)*, v.8, n.1, p.72-92, 2009.
- PINTO, A. C., ZANETIC, J. É possível levar a Física quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física (Florianópolis)*, v.16, n.1, p.7-34, 1999.
- RUSSEL, J. B. *Química geral*. São Paulo: Makron Books, 1994. v.1.
- SÁ, M. B. Z. *O enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade nos textos sobre radiatividade e energia nuclear nos livros didáticos de Química*. Maringá, 2006. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Maringá/UEM.
- SANTOS, W. L. P., SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de Química para formar o cidadão? *Química Nova na Escola (São Paulo)*, v.4, p.28-34, 1996.
- \_\_\_\_\_. Ensino de Química para a cidadania: um novo paradigma educacional. In: *Educação em Química*. Ijuí: Unijuí, 2003. p.119-44.
- SCHNETZLER, R. P. *O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de Química de 1870 a 1976: análise do capítulo de Reações Químicas*. Campinas, 1980. Dissertação (mestrado em Educação) – Faculdade de Educação/Unicamp.
- \_\_\_\_\_. Um estudo sobre o tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros dirigidos ao ensino secundário de Química de 1875 a 1978. *Química Nova (São Paulo)*, v.4, n.1, p.6-15, 1981.

- SILVA, J. L. P. B., CUNHA, M. B. M. O modelo atômico quântico em livros didáticos de Química para o ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 7. Florianópolis, 2009. *Anais. Florianópolis, 2009. (CD ROM)*.
- SILVA, C. C., MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da História da Ciência em sala de aula. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.9, n.1, p.53-65, 2003.
- TIEDEMANN, P. W. Conteúdos de Química em livros didáticos de Ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, v.5, n.2, p.15-22, 1998.

### **Livros didáticos de Química para o ensino médio investigados na pesquisa**

- A) CANTO, E. L., PERUZZO, F. M. *Química na abordagem do cotidiano*. São Paulo: Moderna, 2006. v.1.
- B) COVRE, G. J. *Química, o homem e a natureza*. São Paulo: FTD, 2000. v.1.
- C) FONSECA, M. R. M. *Completamente Química*. São Paulo: FTD, 2001. v.1.
- D) LEMBO, A. *Química, realidade e contexto*. São Paulo: Ática, 1999. v.1.
- E) SANTOS, W. L. P., MOL, G. S. *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração, 2005. v.único.
- F) BIANCHI, J. C. A. et al. *Universo da Química*. São Paulo: FTD, 2005. v.único.
- G) FELTRE, R. *Química*. São Paulo: Moderna, 2004. v.1.
- H) SARDELLA, A., FALCONE, M. *Química – Série Brasil*. São Paulo: Ática, 2004. v.único.
- I) USBERCO, J., SALVADOR, E. *Química*. São Paulo: Saraiva, 2002. v.único.
- J) UTIMURA, T. Y., LINGUANOTO, M. *Química fundamental*. São Paulo: FTD, 1998. v.único.



**PARTE D**

**ENSINO DE MATEMÁTICA**



# 16

## A FILOSOFIA<sup>1</sup> KANTIANA: IMPORTÂNCIA, LIMITAÇÕES E POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O SABER MATEMÁTICO E SEU ENSINO-APRENDIZAGEM

*Renata Cristina Geromel Meneghetti*<sup>2</sup>

*[...] entre as descobertas humanas há  
duas difíceis e são: a arte de governar  
os homens e a arte de educar.*

Kant, 1784, apud Santos Gomes,  
2009, p.14<sup>3</sup>

*O entendimento humano é capaz de  
conhecimento, de ciência, mas limitado  
ao domínio da sensibilidade, da  
experiência possível.*

Kant, 1997, Prefácio, p.xv

- 
1. O termo filosofia aqui está sendo considerado, na maioria das vezes, num sentido mais restrito, referindo-se à epistemologia (ramo da Filosofia que se ocupa com o estudo do conhecimento).
  2. Docente do Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação/USP. Professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência/UNESP.
  3. I. Kant, *Sobre a pedagogia* (1784). Trad. Francisco Cock Fontenella (São Paulo: Unimep, 1999).

## Introdução

Meneghetti & Bicudo (2003) e Meneghetti (2001, 2010) apontam que, de Platão (427-347a.C.) ao século XIX, com exceção de Kant, o conhecimento, em particular o conhecimento matemático, foi considerado, na maioria das vezes, ou (1) como objeto puro da razão, ou (2) como objeto da experiência e ou intuição. Por exemplo, nos trabalhos de Newton (1643-1727), Locke (1621-1704), Berkeley (1685-1753) e Hume (1711-1776) enfatiza-se o aspecto empírico do conhecimento em detrimento do lógico. Em contrapartida, nos trabalhos de Platão, Descartes (1596-1650) e Leibniz (1646-1716), percebe-se uma ênfase no aspecto lógico em detrimento do empírico.

Kant encontrava-se situado no cruzamento das duas correntes filosóficas que permeavam o século XVII: o racionalismo e o empirismo. Sua filosofia surge como uma crítica a essas correntes.

O racionalismo clássico é uma corrente filosófica que acentua o caráter da razão na aquisição do conhecimento. Essa corrente se opõe ao empirismo, que ressalta, na aquisição do conhecimento, o caráter da experiência vinculada à percepção sensorial através dos cinco sentidos (visão, olfato, paladar, audição e tato).

Assim, o racionalismo sustenta que o conhecimento é válido somente se adquirido exclusivamente pela razão. Afirma a existência de ideias inatas e transforma a causa do conhecimento em necessidade analítica. O ideal racionalista é que todo conhecimento chegue a estruturar-se do mesmo modo como está estruturada a Matemática.

No racionalismo, o procedimento de conhecer é dedutivo, ou seja, a partir de alguns princípios inatos deduzem-se outras verdades. Essa corrente defende que a ciência é constituída de juízos analíticos, que são aqueles nos quais o predicado não exprime nada além do que é pensado no sujeito, mas torna explícito aquilo que nele está contido (Sciacca, 1968).

Por outro lado, o empirismo admite as sensações como fonte do conhecimento certo; e, por esse motivo, nega a existência de conceitos universais. Nesse sentido, os conteúdos mentais não são

inatos, são adquiridos e a causa é fundamentada no hábito: único princípio que torna útil nossa experiência, nos faz esperar, no futuro, uma série de eventos semelhantes àqueles que apareceram no passado e nos leva a inferir de uma causa presente um efeito ausente (Hume, 1981). O juízo sintético é o procedimento típico do empirismo, por meio do qual, a partir de um conhecimento já possuído, se acrescenta um conhecimento novo (Sciaccia, 1968).

Kant posicionou-se entre o empirismo e o racionalismo. Ele reconheceu que a experiência não é suficiente para fundamentar o conhecimento: “A sensibilidade não nos ensinará as coisas de forma confusa e obscura, na verdade, ela não nos ensinará nada a respeito das coisas [...]” (Kant, 1997, p.60). Mas percebeu que “[...] estas condições subjetivas são, no entanto, substanciais na determinação da forma do objeto enquanto fenómeno” (ibidem). Dessa forma, nossos conceitos do entendimento deverão estar fundamentados numa intuição sensível correspondente.

Considerando que a ciência se compõe de juízos (meios de expressão do conhecimento científico), Kant classifica-os em dois grupos: os analíticos, típicos do racionalismo; e os sintéticos, específicos do empirismo. Os *juízos analíticos* são aqueles nos quais o conceito do predicado está contido no conceito do sujeito. Já os *juízos sintéticos* são aqueles nos quais o conceito do predicado não está contido no conceito do sujeito, eles são fundamentados na experiência (idem, p.43). Estes acrescentam ao conceito do sujeito um predicado que nele não está pensado e dele não poderia ser extraído por nenhum tipo de decomposição. O fundamento de legitimidade dos juízos sintéticos está na experiência, na percepção sensível, e, portanto são também *a posteriori*. O fundamento dos juízos analíticos jaz no princípio de identidade, pois o predicado (contido no sujeito) não fará mais que repetir aquilo que há no sujeito; são verdadeiros em virtude de sua forma, nada acrescentam ao sujeito, apenas por análise o decompõem em seus elementos parciais.<sup>4</sup> Constituindo-se

---

4. Para exemplificar isso, Kant afirma: “Quando digo, por exemplo, que todos os corpos são extensos, enuncio um juízo analítico, pois não preciso ultrapassar o

dessa forma, esses juízos não têm origem na experiência, mas nessa análise mental do conceito do sujeito. Eles são, portanto, *juízos a priori* (independentes da experiência).

Kant, então, passa a se indagar a respeito da natureza do conhecimento físico-matemático. Para ele, a ciência não pode ser constituída por juízos analíticos (*a priori*), como defendiam os racionalistas, pois se assim o fosse ela seria vã, pura tautologia, uma repetição do que já está contido nos conceitos dos sujeitos.

Por outro lado, se a ciência fosse constituída apenas por juízos sintéticos (*a posteriori*), por ligações de fatos, como colocado pelos empiristas, ela não seria considerada ciência, seria um costume sem fundamento, não teria validade universal e necessária.

Kant pretende mostrar que existem, como estrutura da ciência físico-matemática, juízos que não são nem sintéticos nem analíticos; ou melhor, defende que há na ciência juízos sintéticos que possuem dos analíticos a virtude de serem *a priori*, isto é, são universais e necessários, independentemente da experiência. Com isso, esse filósofo concebeu os juízos científicos como sendo ao mesmo tempo sintéticos e *a priori*. Sua ideia não é elaborar conceitos meramente analíticos, mas sim acrescentar ao objeto predicados sintéticos, só que de uma forma que a experiência não pode fazer. Assim, é o caráter sintético que nos permite acrescentar e é o caráter *a priori* que possibilita garantir o que fora acrescentado (Kant, 1997, Prefácio, 2.ed.).

Vale ressaltar que, enquanto os racionalistas e os empiristas centravam sua atenção no objeto, Kant centra-a no sujeito que conhece, sendo o conhecimento resultado da conjunção entre intuições e conceitos.

---

conceito que ligo à palavra corpo para encontrar a extensão que lhe está unida; basta-me decompor o conceito, isto é, tomar consciência do diverso que sempre penso nele para encontrar este predicado; é, pois, um juízo analítico. Em contrapartida, quando digo que todos os corpos são pesados, aqui o predicado é algo completamente diferente do que penso no simples conceito de um corpo em geral. A adição de tal predicado produz, pois, um juízo sintético” (Kant, 1997, p.43).

Percebe-se assim que, na filosofia kantiana, há uma mudança de concepção referente a como se dá o conhecimento. Tal mudança influencia tanto a forma de conceber o conhecimento matemático como os processos de ensino e aprendizagem dessa ciência. Isso porque se compreende, tal como indicado por diversos autores (Thompson, 1984; Dossey, 1992; Fiorentini, 1995, entre outros), que a concepção que o professor tem de conhecimento matemático influencia sua prática em sala de aula.

A seguir será abordada a concepção de conhecimento de Kant, seguida de sua concepção de conhecimento matemático. Nessa parte, como contribuição de sua filosofia para a Matemática e seu ensino-aprendizagem destaca-se a elucidação que essa filosofia proporciona no que se refere ao papel da intuição e à importância da mesma na estruturação do conhecimento matemático. Serão também apresentadas algumas limitações da filosofia de Kant referentes ao saber matemático e, por fim, serão focalizadas algumas possíveis contribuições desse filósofo ao cenário educacional, em que se verifica a presença de ideias de sua filosofia em concepções construtivistas de conhecimento.

## Concepção de conhecimento em Kant

Em Kant, o conhecimento é uma elaboração do sujeito; as coisas “em si” não são cognoscíveis. É-nos completamente desconhecida a natureza dos objetivos em si mesma independentemente de toda essa receptividade da nossa sensibilidade (Kant, 1997, p.79). Conhecer é uma função ativa do sujeito, não é receber algo que está aí, e sim criar algo que se conhece (em termos kantianos, colocar algo). Para ele, não podemos conhecer, com necessidade e universalidade,<sup>5</sup> portanto *a priori*, a não ser que nosso próprio espírito crie segundo seus níveis. Assim, ele defende que “[...] a razão só entende aquilo

---

5. Em Kant, um conhecimento é universal quando é válido em todo lugar e é necessário se ele for imprescindível.

que produz segundo os seus próprios planos” (idem, Prefácio, 2.ed., p.18).

No processo de elaboração do conhecimento, um objeto nos pode ser dado apenas por meio da *sensibilidade*, que diz respeito à “[...] capacidade de receber representações (receptividade), graças à maneira como somos afetados pelos objetos” (Kant, 1997, p.61). A *sensação* refere-se ao efeito de um objeto sobre a capacidade representativa, na medida em que por ele somos afetados. A intuição<sup>6</sup> que se relaciona com o objeto por meio da sensação denomina-se *intuição empírica*: ela nos fornece conhecimento de um objeto particular, único, que se relaciona com o objeto, por meio da sensação. A representação de um *corpo* na intuição nada contém que possa pertencer a um objeto em si: é somente o fenômeno de alguma coisa, mediante a maneira pela qual somos afetados por tal coisa (idem, p.61).

O *fenômeno* é o objeto indeterminado de uma intuição empírica e é constituído de dois elementos: (1) a *matéria* (elemento físico) ou o conteúdo, que significa algo que se encontra no espaço e no tempo e que, por conseguinte, contém uma existência e corresponde à sensação (idem, p.586); e (2) a *forma* da intuição, a qual possibilita que o diverso do fenômeno possa ser ordenado segundo determinadas relações. A matéria nunca pode ser dada de maneira determinada a não ser empiricamente, porém sua forma encontra-se *a priori* no espírito, pronta para aplicar-se a ela, portanto pode ser considerada independentemente de qualquer sensação (idem, p.62). Assim, a matéria procede do objeto a ser conhecido, e a forma é imposta pelo sujeito. A matéria nos fornece a intuição empírica; a forma nos fornece a *intuição pura*, a qual se trata da forma pura<sup>7</sup> das intuições sensíveis, na

---

6. A intuição é uma operação, o ato do espírito que toma conhecimento diretamente de uma individualidade. Ela nos dá conhecimento de um objeto particular, único.

7. Kant chamou puras todas as representações em que nada se encontra que pertença à sensação.

qual todo o diverso dos fenômenos, que se intui sob determinadas condições, encontra-se absolutamente *a priori* no espírito.

A intuição empírica nos permite apreender o objeto, representá-lo; mas é o entendimento que *pensa* esses objetos e é dele que provêm os conceitos. O *conceito* é uma unidade mental dentro da qual está compreendido um número indefinido de seres e de coisas. Contudo, na filosofia kantiana, “o pensamento tem sempre que se referir, finalmente, a intuições, seja diretamente (*direct*), seja por rodeios (*indirecte*)” (idem, p.61).

Assim, os objetos nos são conhecidos pela experiência (como objetos dados), mas esta deve regular-se pelos conceitos (idem, Prefácio, 2.ed.). Portanto, nossos conceitos do entendimento devem estar fundamentados numa intuição correspondente. Dessa maneira, o conhecimento é resultante da conjunção de intuições e conceitos.

## Concepção de conhecimento matemático em Kant

Para Kant, a Matemática ocupa-se de objetos que podem ser representados na intuição, porém essa é uma intuição que pode ser dada *a priori*, de forma muito análoga a um conceito puro.

Esse filósofo afirma que o conhecimento matemático, diferente do filosófico (racional, dogmático), é um conhecimento que se dá por construção de conceitos, e, além disso, o próprio conceito de construção em Kant já pressupõe o uso da intuição: “Construir um conceito significa apresentar *a priori* a intuição que lhe corresponde” (Kant, 1997, p.580). Porém, tal intuição não é empírica, porque senão seria particular a um objeto singular; trata-se de uma intuição *a priori*.

Então, os conceitos na Matemática são conceitos *a priori*, os quais contêm em si uma intuição pura e dessa forma podem ser construídos. Assim, o conhecimento matemático para Kant é de natureza sintética e *a priori*.

[...] um conceito *a priori* ou contém em si uma intuição pura, e neste caso pode ser construído [isso se encaixa à matemática], ou então nada contém a não ser a síntese de intuições possíveis que não são dadas *a priori*, e então, sobre esses últimos, apenas se julgará discursivamente, segundo conceitos, e nunca intuitivamente, pela construção do conceito. (Idem, p.584)

Para Kant: “A matemática fornece o exemplo mais brilhante de uma razão pura que se estende com êxito por si mesmo, sem o auxílio da experiência”, pois, para construir um conceito sobre um determinado objeto, é necessário projetar esse objeto em uma intuição *a priori* (Kant, 1997, p.579). O conhecimento matemático considera o geral no particular,<sup>8</sup> no entanto, isso é considerado *a priori* e por meio da razão. Ou seja, o objeto do conceito, ao qual o individual corresponde deve ser pensado como universalmente determinado.

Na Matemática, os juízos sintéticos *a priori* só são possíveis porque essa ciência se funda no espaço e no tempo, que são formas puras da intuição (condições *a priori* da possibilidade de experiência). Para esse filósofo, o espaço e o tempo são indubitável, positiva e necessariamente formas (subjetivas) da intuição *a priori* (idem, p.83).

O espaço nada determina dos objetos, pois é plenamente subjetivo. Para intuirmos um objeto necessitamos de uma receptividade sensível (a sensibilidade). Quando abstraímos a sensibilidade desses objetos, essa intuição leva o nome de espaço, ou seja, o espaço é a forma de todos os fenômenos dos sentidos externos (encontra-se fora do sujeito, isto é, num lugar do espaço diferente daquele em que o sujeito se encontra); “[...] é a condição subjectiva da sensibilidade, única que permite a intuição externa” (idem, p.67). Visto que essa intuição (espaço) já está em nós antes de qualquer percepção, ela é uma intuição pura. O espaço é *a priori* porque é absolutamente independente da experiência: é suposto na expe-

---

8. Opostamente, o conhecimento filosófico considera o particular no geral.

riência, pois não podemos ter experiência de nada senão no espaço. Assim, o espaço é uma representação subjetiva e alude ao objeto exterior de maneira *a priori*.

“A geometria é uma ciência que determina sinteticamente, e, contudo *a priori*, as propriedades do espaço” (Kant, 1997, p.66). Na geometria, os juízos sintéticos *a priori* são possíveis, pois nela o espaço puro é o suposto constante. O espaço é, portanto, o fundamento das verdades geométricas.

Assim, construo um triângulo, apresentando o objeto correspondente a um conceito, seja pela simples imaginação na intuição pura, seja, de acordo com esta, sobre o papel, na intuição empírica, mas em ambos os casos completamente *a priori*, sem ter pedido modelo a qualquer experiência. A figura individual desenhada é empírica e contudo serve para exprimir o conceito, sem prejuízo de generalidade deste, pois nesta intuição empírica considera-se apenas o ato de construção do conceito, a qual muitas determinações, como as da grandeza, dos lados e dos ângulos, são completamente indiferentes e, portanto, abstraem-se estas diferenças, que não alteram o conceito de triângulo. (Kant, 1997, p.580)

Da mesma forma, Kant mostra que o tempo é *a priori* (forma pura da intuição sensível), pois não podemos de maneira alguma conceber um acontecimento sem o tempo, ou seja, acontecer significa que, no decurso do tempo, algo vem a ser. O tempo é também uma intuição e não um conceito, pois é único, podemos intuí-lo, apreendê-lo imediatamente, mas não pensá-lo mediante um conceito, como se fosse uma coisa entre muitas coisas. “O tempo é [...] a forma real da intuição interna; tem, pois realidade subjetiva, relativamente à experiência interna”. O tempo não é um objeto, mas “[...] o modo de representação de mim mesmo como objecto” (Kant, 1997, p.75).

Os juízos na aritmética são sintéticos *a priori*, pois se faz necessário intuir o tempo para adicionar, subtrair, multiplicar ou dividir. Assim, argumenta Kant que, ao pensarmos o conceito da soma de

sete e cinco, pensamos na reunião de dois números em um só (ou seja, em acrescentar cinco a sete), e não qual é esse número único que reúne os outros dois: “ $7 + 5$  não é uma proposição analítica. Pois nem na representação do 7, nem na do 5, nem na reunião de ambos, penso o número 12 [...]” (Kant, 1997, p.200).

O espaço e o tempo, enquanto condições necessárias de toda a experiência (externa e interna), são apenas condições meramente subjetivas da nossa intuição. Relativamente a essas condições, portanto, todos os objetos são simples fenômenos e não coisas dadas em si mesmas. Conseqüentemente, muito se poderá colocar *a priori* acerca da forma desses fenômenos, mas nada se poderá dizer da coisa em si.

Para Kant, a solidez da Matemática repousa em definições, axiomas e demonstrações. Mas como ele concebeu esses termos? Estaria aqui também presente a intuição?

Definir, em Kant, significa apresentar originalmente o conceito pormenorizado de uma coisa dentro dos seus limites. Dessa forma, ele argumentou que não podemos definir: (1) nem os conceitos dados empiricamente, e (2) nem os dados *a priori* (idem, p.589).

Kant argumentou que não é possível definir conceitos empiricamente dados, visto que temos em tais conceitos apenas alguns caracteres de certa espécie dos objetos dos sentidos e nunca estaremos seguros se pela palavra que designa o mesmo objeto não se pense desse objeto algumas vezes caracteres a mais e outros caracteres a menos. Assim, a experiência e a palavra, com os poucos caracteres que lhe estão ligados, devem apenas exprimir uma designação e não o conceito da coisa.

Também não é possível definir conceitos *a priori*: “Porque nunca posso estar seguro de que a representação clara de um conceito dado [...] foi desenvolvida no pormenor, senão quando sei que é adequada ao objeto” (idem, p.589).

Assim, Kant conclui: “[...] não restam outros conceitos capazes de definição do que aqueles que contêm uma síntese arbitrária, que pode ser construída *a priori*; assim, apenas a matemática é que

possui definições” (idem, p.590). As definições matemáticas são construções de conceitos originalmente formados – são feitas sinteticamente e constituem, portanto, o próprio conceito.

Quanto aos axiomas matemáticos, estes são princípios intuitivos. Os axiomas são sintéticos *a priori* e possuem a função de ligar, de maneira sintética e, contudo, imediata, um conceito a outro: “A matemática [...] é susceptível de axiomas, pois mediante a construção dos conceitos na intuição do objeto, pode ligar *a priori* e imediatamente os predicados desse objeto [...]” (Kant, 1997, p.592). Também há a presença da intuição na demonstração, visto que, segundo Kant, a demonstração permite uma penetração na intuição do objeto (idem, p.593).

Para Kant, uma prova apodítica pode-se chamar demonstração somente na medida em que for intuitiva. Os princípios empíricos não podem dar-nos nenhuma prova apodítica, pois a experiência, embora nos ensine aquilo que é, nada pode dizer daquilo que não pode ser de outra maneira. Por outro lado, dos conceitos *a priori*, por mais que o juízo possa ser apoditicamente certo, nunca resultarão na certeza intuitiva (isto é, na evidência).

Portanto, o conhecimento matemático é um conhecimento racional por construção de conceitos, no qual construir um conceito significa apresentar *a priori* a intuição que lhe corresponde. O conhecimento matemático considera o geral no particular (na intuição singular), contudo, por meio de uma representação pura *a priori*, o que permite que o objeto do conceito, ao qual o individual corresponde, seja pensado como universalmente determinado (idem, p.593).

Assim, o matemático caminha para a construção de proposições sintéticas e universais, mediante uma cadeia de raciocínio, sempre guiado pela intuição. Dessa forma, percebe-se que, na filosofia kantiana, a intuição desempenha um papel fundamental no processo de construção do conhecimento matemático pelo sujeito.

## Acerca de algumas limitações da filosofia kantiana

Tal como destaca Dahmen (2006), Kant viveu numa época fortemente marcada pelo progresso das ciências, destacando-se a mecânica de Newton. Newton concebeu espaço, tempo e movimento como independentes da experiência. A esse respeito, ele afirmou: “Devemos abstrair-nos dos nossos sentidos e considerar as coisas por si próprias, distintas do que são apenas medidas perceptíveis delas” (Newton, *Principles*, apud Burt, 1991, p.193). Para Dahmen (2006, p.4), “[...] são justamente a física de Newton junto à matemática que Kant enfaticamente assevera terem já trilhado ‘o seguro caminho da ciência’”. Entretanto, é importante salientar que, como posto por Weinert (2005), para Kant, apesar de espaço e tempo serem formas puras da intuição, ele não concordou com Newton de serem o espaço e o tempo absolutos, no sentido de não possuírem nenhuma relação com os objetos empíricos no mundo; pois, de acordo com Kant, o espaço e o tempo são condições *a priori* da possibilidade de experiência.

Do ponto de vista da Matemática, uma das limitações, destacada por Dossey (1992), é a visão de Kant de que a natureza do espaço perceptual era euclidiano e de que os conteúdos dessa geometria eram compreendidos *a priori* na mente humana. Tal fato foi abalado com o surgimento da geometria não euclidiana (na primeira metade do século XIX).

Segundo o neokantiano Cassirer, segundo Dahmen (2006), embora Kant tenha errado ao atribuir à geometria um status *a priori*, há em seu argumento algo de correto que provavelmente se refere à forma de uma estrutura topológica *a priori* e matematicamente menos rigorosa. Assim, percebe-se que, apesar de a filosofia kantiana ter apresentado alguns problemas, ela também sugere formas de conceber a Matemática com menos rigor, maior amplitude e flexibilidade.

Cassirer (1953) ainda ressalta que a lógica tradicional mostra-se inadequada para caracterizar os problemas aos quais os princípios

da Matemática foram levados. Diante disso, ele propõe uma nova concepção de abstração, na qual o conceito não aparece como alguma coisa que foge da realidade sensível, mas como uma parte dessa realidade. Tal concepção é por esse autor denominada de “*universalidade concreta*”, na qual as particularidades dos objetos concretos são preservadas e não abandonadas, uma vez que é dada uma regra universal para conectar as próprias particularidades.

A “universalidade concreta” está vinculada a uma nova lógica, que esse último autor propõe em oposição à lógica do conceito genérico. De maneira geral, pode-se dizer que, aquilo que na lógica tradicional era cancelado, na lógica proposta por Cassirer é mantido sob outra forma e sob uma categoria lógica diferente. Ele ainda enfatiza que o campo de aplicação dessa nova forma de lógica não se restringe à Matemática, mas estende-se a todo campo do conhecimento da natureza.<sup>9</sup> Com isso, parece ser possível preservar na ciência aspectos relevantes proporcionados pela filosofia kantiana.

## **A influência de Kant no construtivismo: possíveis contribuições para o cenário educacional**

O construtivismo é uma corrente ainda bastante discutida e muito importante na educação, em particular na educação matemática. Nessa área, foi principalmente a partir de 1980 que essa corrente estabeleceu suas bases.

Convém observar que a concepção posta por Kant de que o sujeito desempenha um papel ativo na construção de seu objeto de conhecimento está no cerne do construtivismo e é comum tanto à teoria piagetiana quanto à vygotskyana, sendo que há nesta última o particular interesse em analisar as influências do contexto histórico-cultural. Cabe ainda salientar que a relação entre a teoria

---

9. Para maiores detalhes da proposta de Cassirer, ver Meneghetti (2001, 2010).

de Piaget e a filosofia kantiana já fora estabelecida por outros autores, como segue.

Chiarottino (1984, p.29) entende a obra de Piaget “[...] como uma retomada à problemática kantiana que se resolverá à luz da Biologia e da concepção do ser humano como um animal simbólico”. O próprio Piaget caracterizou sua teoria como um “kantismo evolutivo”:

[...] Se partirmos com Le Dantec, da dualidade das funções, que ele chama assimilação e imitação (eu digo hoje assimilação e acomodação), o conhecimento não é simplesmente imitação dos objetos, como acreditava Le Dantec no seu empirismo, mas sim assimilação às estruturas do sujeito e do organismo. Era passar docemente de Le Dantec a um *kantismo evolutivo*. (Chiarottino, 1984, p.29, apud Piaget,<sup>10</sup> 1960, grifo meu)

Freitag (1991) aponta que Piaget, semelhante a Kant, também se opôs ao empirismo, rejeitando o behaviorismo skinneriano advindo dessa corrente, e rejeitando também o inatismo, vertente do racionalismo. Ainda, tal como Kant, Piaget defendeu a hegemonia do sujeito epistêmico – construtor de seu objeto de conhecimento.

Piaget parece então concordar com Kant de que todos os nossos conhecimentos se iniciam na experiência, porém a experiência sozinha não é capaz de embasar tais conhecimentos. Ele também concordou com esse filósofo que o sujeito é o construtor de seu próprio conhecimento. Entretanto, Chiarottino (1984) aponta uma limitação na filosofia kantiana, a saber, a de que essa construção se localiza apenas no início do processo.

[...] a construção própria ao sujeito epistêmico, no sistema de Kant, por mais rica que seja, é ainda pobre, pois ela é inteiramente dada

---

10. J. Piaget, Les modèles abstraits sont-ils opposés aux interprétations psychophysiques dans l'explications in psychologie? *Revue Suisse de Psychologie Pure et Appliquée* (Berna, 19(1), p.58-9, 1960).

no início do processo enquanto que um construtivismo dialético [...] permite atribuir ao sujeito epistêmico uma capacidade de construção muito mais fecunda, ainda que chegando às mesmas características de necessidade racional e de estruturação da experiência que encontramos em Kant garantida pela sua noção de *a priori*. (Chiarottino, 1984, p.32 apud Piaget,<sup>11</sup> 1960, grifo meu)<sup>12</sup>

Freitag (1991, p.59) também ressaltou que Piaget transcendeu Kant, “[...] descobrindo que o sujeito epistêmico e suas formas e categorias do pensamento são, por sua vez o produto de uma construção”.

Segundo Severino (1998), Piaget pretende avançar em relação a Kant ao enfatizar que os esquemas formais do sujeito epistêmico são realmente presentes e ativos, são condições *sine qua non* do conhecimento, só que não são *a priori* no sentido absoluto, ou seja, eles também vão se construindo num processo genético. Em Piaget, a aprendizagem é fundamentalmente um processo de conhecimento que se dá como um processo de desenvolvimento psíquico, apesar de ancorado em condições estruturantes da subjetividade lógica.

Por outro lado, como afirma esse autor, o construtivismo piagetiano não dá conta do processo educacional, porque a educação, enquanto prática social, não se limita aos processos de aprendizagem. Assim, a teoria do psicólogo russo Vygotsky avança em relação ao construtivismo piagetiano ao inserir melhor o dimensionamento lógico-formal do conhecimento no processo histórico-social em que ele se dá. Para Vygotsky, a constituição da subjetividade está necessariamente ligada à intersubjetividade.

De acordo com Moysés (1997), Vygotsky buscou estudar a origem dos fenômenos, o que implica estudar as formas mais complexas da consciência de maneira que essas, no seu entender, eram social, cultural e historicamente determinadas. Ele desejava cons-

11. J. Piaget, *op. cit.*

12. J. Piaget, *Sagesse et illusions de la philosophie* (Paris: PUF, 1965, p.82).

truir uma teoria psicológica da consciência, que unisse a personalidade e o meio social.

A primeira tarefa a que se dedicou foi a de tentar explicar as formas mais complexas da vida consciente do homem, não no interior do cérebro ou da alma, mas sim nas suas condições externas de vida, na sua vida social, no seu trabalho, nas formas histórico-sociais de existência. (Moysés, 1997, p.22)

Ao contrário do que afirmava Piaget, Vygotsky defendia a ideia de que o processo de desenvolvimento do pensamento infantil caminha do social ao individual.

Apesar de possuírem posições diferentes, pode-se considerar a teoria de Vygotsky como um avanço da teoria de Piaget, no sentido de complementação, contribuindo ainda mais para enriquecer o construtivismo na educação.

Entende-se, portanto, que a filosofia de Kant, do ponto de vista educacional, foi muito importante, uma vez que se verifica a presença de ideias da filosofia kantiana em concepções construtivistas do conhecimento.

## Considerações finais

Verificamos que historicamente o trabalho de Kant (1724-1804) surge como uma crítica às duas correntes filosóficas (reducionistas) que permearam o século XVII, a saber, o empirismo e o racionalismo. Assumindo uma postura intermediária, esse filósofo inova a forma de se conceber o conhecimento: em sua filosofia, considera o sujeito como elaborador de seu próprio conhecimento, sendo esse último resultante da conjunção de intuições e conceitos. Sobre a Matemática, Kant defende que essa ciência necessita de conhecimentos de natureza sintética *a priori*, isto é, nascem da experiência, porém tornam-se independentes dela, pois a ciência deve ser universal e necessária.

A filosofia kantiana permite-nos, entre outras coisas, compreender o papel da intuição e sua importância na estruturação do conhecimento matemático. Para Meneghetti (2001, 2010) e Meneghetti & Bicudo (2003), tal filosofia, mesmo com suas limitações, caracteriza-se como uma tentativa de se considerar os aspectos lógico e intuitivo do conhecimento de uma forma equilibrada.

Inspirados nessa filosofia, tais autores defendem que, no processo de elaboração do conhecimento matemático, não é possível atribuir maior valor ao aspecto intuitivo ou ao aspecto lógico, ou mesmo concebê-los como excludentes, mas o intuitivo apoia-se no lógico e vice-versa, em níveis cada vez mais elaborados, num processo gradual e dinâmico, que se dá em forma de espiral. Ainda entendem esses autores que a lógica não deve anular a intuição, mas sim deve ser utilizada para compreendê-la e estruturá-la melhor. Por outro lado, igualmente a intuição desempenha importante papel na estruturação do pensamento lógico.

Do ponto de vista da Educação Matemática, entende-se que o posicionamento de Kant situado entre o empirismo e o racionalismo e sua concepção de que o sujeito desempenha um papel ativo no ato de conhecer altera concepções de ensino e aprendizagem com suporte filosófico exclusivamente no racionalismo ou no empirismo, como as tendências formalistas<sup>13</sup> (clássica e moderna) e a empírico-ativista.<sup>14</sup> Segundo Fiorentini (1995), a tendência formalista clássica esteve fortemente presente no cenário educacional brasileiro até a década de 1950 e a formalista moderna a partir dessa

---

13. A tendência formalista clássica caracteriza-se pela ênfase nas ideias e formas da Matemática clássica, sobretudo no modelo euclidiano e na concepção platônica de Matemática. A formalista moderna, que ocorreu com o movimento da Matemática moderna, busca retornar ao formalismo, com ênfase no uso preciso da linguagem matemática, no rigor e nas justificativas das transformações algébricas através de suas propriedades estruturais (Fiorentini, 1995, p.5-8; 13-5).

14. A tendência empírico-ativista concebe que o conhecimento matemático emerge do mundo físico e é extraído pelo homem através dos sentidos (Fiorentini, 1995, p.8-12).

mesma década; já a empírico-ativista foi difundida nas décadas de 1960 e 1970.

Além disso, a concepção de que é o sujeito que constrói o conhecimento está no núcleo do contrutivismo, tendência pedagógica presente no Brasil principalmente a partir de 1980. Do ponto de vista educacional, tal acontecimento se reflete na relação professor-aluno, alterando concepções de ensino e aprendizagem em que o sujeito desempenha um papel passivo; é o que ocorre, por exemplo, nas duas tendências formalistas apontadas anteriormente.

Finalmente, entende-se que as considerações traçadas neste trabalho podem contribuir para nortear, de forma frutífera, propostas para o ensino e a aprendizagem da Matemática, que tenham como base ideias do construtivismo e que busquem considerar os aspectos intuitivo e lógico do conhecimento de forma mais equilibrada.

*Agradecimentos:* Agradeço às sugestões feitas pelo prof. dr. Inocêncio Fernandes Balieiro Filho (UNESP/Ilha Solteira), no que se refere a tornar mais clara a concepção de conhecimento em Kant, por ocasião da leitura e discussão de uma versão preliminar deste trabalho.

## Referências bibliográficas

- BURTT, E. A. *As bases metafísicas da ciência moderna*. Trad. J. Viegas Filho e O. A. Henriques. Rev. P. C. Moraes. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1991.
- CASSIRER, E. *Substance and function-and Einstein's theory of relativity*. Dover: Publications Inc., 1953.
- CHIAROTTINO, Z. R. *Em busca do sentido da obra de Jean Piaget*. São Paulo: Editora Ática, 1984.
- DAHMEN, S. R. Einstein e a Filosofia. *Revista Brasileira de Ensino de Física (São Paulo)*, v.28, n.1, p.3-7, 2006.
- DOSSEY, J. A. The nature of Mathematics: its role and its influence. In: GROUWS, D. A. *Handbook of research on Mathematics teaching and learning*. Nova York: Macmillan, 1992. cap.2, p.39-48.

- FREITAG, B. *Piaget e a Filosofia*. São Paulo: Editora UNESP, 1991.
- FIORENTINI, D. Alguns modos de ver e conceber o ensino da Matemática no Brasil. *Revista Zetetiké (Campinas)*, ano 3, n.4, p.1-37, 1995.
- HUME, D. *An enquiry concerning human understanding*. Enciclopédia Britânica, The Great Books, 1980.
- KANT, I. *Crítica da razão pura*. Trad. M. P. Santos e A. F. Morujão. Introd. e notas A. F. Morujão. 4.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1997.
- MENEGHETTI, R. C. G. *O intuitivo e o lógico no conhecimento matemático: uma análise à luz da História e da Filosofia da Matemática*. Rio Claro, 2001. 141f. Tese (doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista.
- \_\_\_\_\_. *Constituição do saber matemático: reflexões filosóficas e históricas*. Londrina: Eduel, 2010.
- \_\_\_\_\_, BICUDO, I. O. Uma discussão sobre a constituição do saber matemático e seus reflexos na Educação Matemática. *BOLEMA: Boletim de Educação Matemática (Rio Claro)*, ano 16, n.19, p.58-72, 2003.
- MOYSÉS, L. *Aplicações de Vygotsky à Educação Matemática*. Campinas: Papyrus, 1997.
- PIAGET, J. Les modèles abstraits sont-ils opposés aux interprétations psycho-physiologiques dans l'explications in *Psychologie? Revue Suisse de Psychologie Pure et Appliquée (Berne)*, v.19, n.1, p.58-9, 1960.
- \_\_\_\_\_. *Sagesse et illusions de la philosophie*. Paris: PUF, 1965. p.82.
- SCIACCA, M. F. *História da Filosofia*. Trad. Luís Washington Vita. São Paulo: Mestre Jou, 1968. v.2.
- SANTOS GOMES, E. V. A educação na ética kantiana. *Filosofia Ciência e Vida*. São Paulo: Escala, 2009. Ano III, n.32, encarte do professor, p.8-15.
- SEVERINO, A. J. Produção de conhecimento, ensino/aprendizagem e educação. *Ensaio*. Disponível em <<http://www.interface.org.Br/revista3/ensio1.pdf>>.

THOMPSON, A. G. The relationship of teachers' conceptions of Mathematics and Mathematics teaching to instructional practice. *Education Studies in Mathematics (Dordrecht)*, n.15, p.105-27, verão 1984.

WEINERT, F. Einstein e Kant. *Philosophy*, 80, 2005. Disponível em <<http://journals.cambridge.org>>. Acesso em 10/2/2009.

SOBRE O LIVRO

*Formato:* 14 x 21 cm

*Mancha:* 23, 7 x 42,10 paicas

*Tipologia:* Horley Old Style 10,5/14

2011

EQUIPE DE REALIZAÇÃO

*Coordenação Geral*

Tulio Kawata

ISBN 978-85-7983-214-7



**CULTURA**  
**ACADÊMICA**   
*Editora*