



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

EDMARA SILVANA JÓIA ZAMBERLAN

**CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA
CIÊNCIA PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Londrina
2008

EDMARA SILVANA JÓIA ZAMBERLAN

**CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA
CIÊNCIA PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós –
Graduação em Ensino de Ciências e Educação
Matemática da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva

Londrina
2008

EDMARA SILVANA JÓIA ZAMBERLAN

**CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA
CIÊNCIA PARA O ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós –
Graduação em Ensino de Ciências e Educação
Matemática da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Álvaro Lorencini Júnior
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Wilson Antonio Frezzatti Junior
UNOESTE – PR

Londrina, 30 de Julho de 2008

Aos meus pais, Miguel J3ia (in memoriam) e Maria Aparecida
Moraes J3ia, pelos ensinamentos.
Ao Alcides e à Lu3sa, pelo amor e
companheirismo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Rodrigues da Silva, por ter acreditado na minha capacidade, pela orientação concedida e também pela oportunidade de conhecer a História e Filosofia da Ciência.

Ao meu marido Alcides pelo grande apoio, amor e compreensão, e por suportar pacientemente a minha dedicação ao trabalho.

À minha querida filha Luísa, pelo carinho e compreensão das minhas “ausências”.

À minha família, pelo grande incentivo, carinho, especialmente à minha mãe pelo apoio incondicional durante todo o curso de mestrado.

À professora Dr^a. Regina Luzia Corio de Buriasco, pelas sugestões relevantes durante o exame de qualificação.

Ao professor Dr. Wilson Antonio Frezzatti Junior, pela atenção e valiosas contribuições no exame de qualificação e por compor a banca examinadora.

Ao professor Dr. Álvaro Lorencini Júnior pela atenção, incentivo e disponibilidade para compor a banca examinadora.

À professora Dra. Vera Lúcia Bahl de Oliveira pelo incentivo para ingressar no Mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, pelas contribuições oferecidas durante o curso.

Aos autores dos livros didáticos utilizados nesta pesquisa.

Aos amigos do curso de mestrado, em especial à Meiri Alice Rezler e Patrícia de Oliveira Rosa da Silva, pelo apoio e sugestões oferecidas.

À amiga Sandra Regina Gimenez Rosa, companheira do curso de mestrado, pelo apoio e incentivo.

À amiga e professora Regina Potier de Camargo, pela paciência e atenção oferecida na revisão gramatical.

A todos os meus amigos, que estiveram ao meu lado durante a realização deste trabalho, especialmente à Sônia Aparecida Sita e Leonora de Oliveira Arantes.

“Só se aprende aquilo que se apropria do aprendido, transformando-o em aprendido, com o que pode, por isso mesmo, reinventá-lo; aquele que é capaz de aplicar o aprendido-aprendido a situações existenciais concretas é porque aprendeu”.

Paulo Freire

ZAMBERLAN, Edmara Silvana Jóia. **Contribuições da história e filosofia da ciência para o ensino da evolução biológica**. 2008. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Paraná.

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo maior identificar e discutir aspectos relacionados à compreensão da evolução biológica. A apresentação de forma distorcida deste tema ao público em geral tem influenciado o seu entendimento. Alguns autores realizaram pesquisas sobre a compreensão deste assunto com estudantes do Ensino Médio, identificando visões equivocadas sobre as idéias evolutivas. Esta forma de entendimento gera a distorção de tratar tal teoria tendo como foco apenas a origem do homem. Foram apresentadas duas explicações para a distorção. A primeira está relacionada com visão da ciência isolada do contexto social. E a segunda, com a abordagem deste conteúdo no ensino, pois a evolução biológica, considerada por muitos pesquisadores desta área tema central e unificador das Ciências Biológicas, poderia ser trabalhada em outros conteúdos. Rejeitamos a primeira explicação porque há bons argumentos indicadores de que a ciência não é livre de valores. Selecionamos a segunda, partindo da concepção de que a evolução biológica é o princípio organizador da Biologia, como alternativa para fugir da distorção. A História e Filosofia da Ciência apoiaram a programação da proposta. Utilizamos o conceito de tradição de pesquisa proposto pelo filósofo da ciência Larry Laudan, para identificar tal concepção. Fizemos análise de livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, para identificar a tradição de pesquisa evolucionista em determinados conteúdos da Biologia. Os assuntos escolhidos foram o conceito de competição interespecífica e a resistência do vírus HIV ao tratamento, por apresentarem relação muito próxima com a evolução biológica. Apresentamos um texto de referência sobre cada assunto selecionado e verificamos se a relação com a evolução estava de forma explícita, implícita ou ausente nos textos didáticos. A maioria dos livros analisados não estabelece a relação ou, quando presente, geralmente está de forma implícita. Uma discussão sobre a abordagem do evolucionismo nos livros didáticos mostra-se interessante para a aplicação de tal proposta.

Palavras-chave: Evolução biológica. História e filosofia da ciência. Livros didáticos de biologia.

ZAMBERLAN, Edmara Silvana Jóia. **Contributions of the history and philosophy of science for ensino of the biological evolution.** 2008. 88 f. Dissertation (Master's Degree in Science Teaching and Mathematical Education) – State University of Londrina, Paraná.

ABSTRACT

The present study has as its most important goal to identify and discuss aspects in relationship to the comprehension of Biological Evolution. The presentation of subject has been distorted and the public, in general, has had influences on its understanding. Some authors made researches on the understanding of such subject with some students of High School, identifying wrong views about developed ideas. This form of understanding generates the distortion to treat such theory having as its main focus the origin of man. Two explanations were presented for such distortion. The first is connected to the view of Science separated of social context. The second, with the approach of this subject at schools, for the Biological Evolution considered by many researchers of this central theme and Biological Science unifier, may be taught in other contents. The first explanation is rejected because there are good arguments which show that science is not free of values. We've selected the second one, the conception that the Biological Evolution is the main organizer factor of Biology, as an alternative to escape from the distortion. History and Science Philosophy helped the purpose program. We used the concept of research tradition proposed by the science philosopher Larry Laudan to identify such conception. We've made an analyze of didactic books of Biology for High School, to identify the evolutionist research tradition in certain contents of Biology. The chosen subjects were the concept of interespecific competition and resistance of AID virus on its treatment, for its close relationship with the Biological Evolution. We show a reference passage about every selected subject and we have analyzed if the relation with the evolution was in a clear form, implicit or not didactic texts. Most of the books do not show this relation, or on the contrary, generally, are on a implicit form. A discussion about the way the didactic books show the evolutionism would be interesting to the application of this proposal.

Key-words: Biological evolution. History and science philosophy. Biological didactic books.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 O SIGNIFICADO DA DISTORÇÃO NA DEFICIÊNCIA DO ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	23
CAPÍTULO 2 A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA COMO PRINCÍPIO ORGANIZADOR DA BIOLOGIA	31
CAPÍTULO 3 EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA	41
CAPÍTULO 4 ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO	59
4.1 ECOLOGIA	63
4.2 O CONCEITO DE COMPETIÇÃO	64
4.2.1 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interespecífica Apresentado no Livro Didático Biologia, de Lopes e Rosso.....	65
4.2.2 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interespecífica Apresentado no Livro Didático Biologia, de Linhares e Gewandsznajder.....	67
4.2.3 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interespecífica Apresentado no Livro Didático Biologia, de Silva Júnior e Sasson.....	68
4.2.4 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interespecífica Apresentado no Livro Didático Biologia das Populações, de Amabis e Martho	70
4.3 VÍRUS	72
4.4 O HIV E A RESISTÊNCIA AO TRATAMENTO	72
4.4.1 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro Didático Biologia, de Lopes e Rosso	74
4.4.2 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro Didático Biologia, de Linhares e Gewandsznajder	75
4.4.3 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro Didático Biologia, de Silva Junior e Sasson.....	77

4.4.4 Descrição e Análise do Problema da Resistência do vírus HIV ao Tratamento	
Apresentado no Livro Didático Biologia dos Organismos, de Amabis e Martho.....	78
4.5 Considerações sobre a Descrição e Análise dos livros didáticos	79
CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
REFERÊNCIAS	83

APRESENTAÇÃO

O interesse pela ciência denominada Biologia levou-me a ingressar no curso de bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina. Nesse período, identifiquei-me com várias áreas, especialmente com a biologia vegetal, mais especificamente com a sistemática, na qual realizei trabalho para obtenção do título de bacharelado.

Logo após a conclusão do curso de graduação, apareceu oportunidade para dar aulas de Ciências no Ensino Fundamental em escola da rede particular de ensino em Londrina. Percebi o quanto era difícil exercer a prática docente e, ao mesmo tempo, como era gratificante ser educadora. No ano seguinte, assumi aulas de Biologia no Ensino Médio, também na rede particular e, assim, prossegui com a minha carreira profissional.

Entretanto, nos últimos anos, algumas questões relativas ao contexto escolar, tais como: excesso de informação, falta de motivação por parte dos estudantes, desafiaram-me na busca de respostas. Por conseguinte, em 2005 optei por fazer um curso de pós-graduação “lato sensu” e iniciei uma reflexão mais profunda sobre as questões relacionadas ao ensinar e aprender.

Para dar continuidade a esse processo de formação, no ano seguinte ingressei no programa de pós-graduação na área de Ensino de Ciências e Educação Matemática, “stricto sensu”, para realizar minhas reflexões embasadas num referencial teórico e, desta forma, compreender melhor os desafios constantes da minha prática docente. Desse modo, tive o primeiro contato com a História e Filosofia da Ciência.

Apesar do desafio de estar diante do novo, esta área mostrou-se muito interessante, principalmente em relação à possibilidade de aplicá-la ao ensino. Nas primeiras aulas da disciplina de Filosofia da Ciência, ministrada pelo meu orientador, percebi que ela poderia contribuir com a melhoria da qualidade do ensino de Biologia. Ao refletir sobre minha prática docente em relação a essa possibilidade, o conteúdo selecionado foi evolução biológica.

Desse modo, escolhemos este tema com a intenção de contribuir para o avanço da qualidade do ensino de evolução biológica e conseqüentemente da Biologia como um todo, uma vez que a proposta deste estudo considera que a compreensão do evolucionismo possibilita melhor entendimento dos seres vivos.

Apesar de realizar um estudo da história do evolucionismo sem maior profundidade, utilizei um referencial teórico formado por historiadores confiáveis na área da ciência em relação à sua aplicação ao ensino, o que é fundamental para a prática docente. Na mesma proporção, o estudo da Filosofia da Ciência foi importante para entender o desenvolvimento do evolucionismo e dessa forma atribuir um caráter de cientificidade à evolução.

Percebi que no atual momento, quando há grande volume de informações na área biológica, a História e a Filosofia da Ciência, pertencentes a um outro domínio, podem oferecer contribuições importantes para a compreensão dos conceitos e processos biológicos.

INTRODUÇÃO

A grande maioria dos professores de Biologia do Ensino Médio que trabalha com ensino da teoria da evolução biológica já deve ter observado que alguns estudantes têm visões equivocadas sobre as idéias evolutivas. Muitos estudos, realizados para investigar diferentes aspectos sobre seu ensino e sua aprendizagem, demonstram problemas relacionados à compreensão de tal teoria. Decorre daí a importância de uma reflexão sobre a forma de apresentação desse assunto.

Muitas vezes ocorre divulgação equivocada, ou seja, durante o processo de adaptação do conhecimento científico ao público leigo pode acontecer outra interpretação, fato observado tanto em livros de divulgação científica como nos livros didáticos. Em vista disso e pela apresentação de possíveis versões superficiais do desenvolvimento das formulações teóricas, observa-se entendimento parcial da evolução biológica. Alguns pesquisadores realizaram trabalhos sobre sua compreensão por meio de entrevistas com estudantes do Ensino Médio, constatando-se que a distorção é fato concreto. Por outro lado, a detecção de diferentes interpretações sobre a evolução biológica, levou outros pesquisadores a investigar também as dificuldades do ensino desse conteúdo¹.

Uma das formas de distorção da teoria da evolução é encontrada na geração de conflitos com crenças religiosas. Segundo Carneiro (2004), a maioria dos livros didáticos e alguns paradidáticos iniciam o tema referindo-se às teorias propostas para explicar a origem da vida na Terra. “É como se o leitor, incluindo alunos e professores, fosse induzido a ver a Evolução Biológica a partir do entendimento da origem da própria vida na Terra”. (CARNEIRO, 2004, p. 98).

De acordo com Futuyma (2002), nos Estados Unidos, um grupo de oposição a essa teoria, os criacionistas, chegou ao ponto de ameaçar o financiamento de órgãos federais para pesquisa evolutiva e ainda levou os sistemas de ensino público a reduzirem o ensino da biologia evolutiva colaborando para amplo analfabetismo científico. Ruse (1995) descreve um dos episódios no campo educacional, ocorrido em 1981, no qual o governador do estado de Arkansas assinou a “Lei da Paridade de Tratamento à Ciência da Criação e Ciência da Evolução”, a qual determinava que um professor de Biologia do estado, abordando hipóteses evolucionistas em suas aulas, deveria igualmente discorrer sobre a Ciência da Criação,

¹ As idéias mencionadas acima foram buscadas nos autores: Santos (2005), Bizzo (1991), Pacheco; Oliveira (1997), Tidon (2004); Piolli; Dias (2004), os quais serão utilizados como fundamentação teórica no primeiro capítulo deste estudo.

denominação dada por seus adeptos, sendo conhecida como livro bíblico Gênese. A União Americana das Liberdades Civis (UALC) contestou tal lei, alegando que Ciência da Criação não é ciência verdadeira, e sim religião dogmática fundamentalista. Após o julgamento², a UALC obteve um resultado irrefutável.

Outras fontes, obras publicadas sobre o darwinismo, podem ser utilizadas para comprovar a questão do conflito. Dawkins (2001), em *O relojoeiro cego: a teoria da evolução contra o desígnio divino*, apresenta visão extremista, demonstrando a idéia de que a teoria de Darwin é incompatível com a religião (e reforça o ateísmo). Já na obra de Haught (2002), *Deus após Darwin*, depreende-se que “o darwinismo, quando utilizado para explicar o funcionamento do universo, nos faz um convite para pensar em Deus de forma significativa e verdadeiramente inspiradora”. (HAUGHT, 2002, p. 39). Visões como essas, além de influenciar a apresentação da teoria, são responsáveis pelo que inicialmente denominamos distorção.

O fato ao qual nos referimos diz respeito à identificação entre a teoria da evolução biológica e a descendência humana, ou seja, a distorção de tratar tal teoria tendo como foco apenas a origem do homem. Consideramos que isso seja uma distorção, pela ocorrência de alteração de sentido do termo evolução biológica, pois o termo diz respeito a todos os seres vivos e não apenas ao homem. Essa idéia antropocêntrica aparece com certa frequência na prática docente, como revela Bizzo (1991), em um de seus estudos sobre o ensino da evolução biológica, por meio de entrevistas com alunos do Ensino Médio. Utilizando-se dessa visão, o estudante não consegue perceber o significado muito mais amplo da evolução biológica, presente em vários campos da Biologia.

Até aqui salientamos o significado da distorção na deficiência do ensino da evolução biológica, assim como o aparecimento da mesma. Este, portanto, é o **primeiro objetivo do trabalho: considerar a relevância do conflito religioso na distorção da teoria da evolução biológica**. Passamos agora a uma possível explicação. Quando a ciência é considerada um processo independente das relações sociais, tais como as que se estabeleceriam com a religião, pode ocorrer um apelo à distinção entre ciência e religião o qual desconsidera o caráter social da ciência. Consideramos que tal relação dificulta a compreensão do processo evolutivo, embora seja um caminho para fugir da distorção. Em relação a esta questão, encontramos em Futuyama (2002, p. 42) a seguinte afirmação:

² O julgamento ocorreu em dezembro de 1981 e durou duas semanas. O juiz William R. Overton, anulou a lei argumentando que a disciplina “Ciência da Criação” era um embuste com o objetivo de incluir indiretamente no currículo escolar uma forma particular e reacionária de religião. (RUSE, 1995, p. 12).

A maioria dos biólogos que estudam a Evolução concorda que as questões referentes à crença espiritual não podem ser decididas pela Ciência, que, pela sua natureza, é limitada a determinar causas naturais observáveis, não pode pronunciar-se a respeito de assuntos sobrenaturais e não pode dar respostas a perguntas filosóficas ou éticas fundamentais.

Ainda que Futuyama esteja correto em afirmar que a ciência não se pronuncia a respeito de assuntos sobrenaturais, não se pode deixar de levar em conta o fato de que a ciência está inserida num contexto social. Esse fato pode ser percebido em Santos (2002), para quem algumas questões decisivas para a nossa sociedade, como a conservação da biodiversidade ou as conseqüências do uso indiscriminado de antibióticos, estão intensamente relacionadas com o entendimento da teoria da evolução biológica, evidenciando que ela está além dos limites da escola.

Um exemplo que mostra essa relação entre a ciência e questões sociais encontra-se na reportagem: *Americano produz célula tronco 'ética'*, que descreve uma pesquisa desenvolvida com o objetivo de obter células-tronco embrionárias sem destruir os embriões dos quais elas provêm (LOPES, 2006, p. A18). Tal pesquisa ganhou destaque pela pretensão de seus investigadores como solução para resolver a questão da preservação dos embriões e, com essa alternativa, evitar conflitos com as concepções religiosas a respeito da preservação da vida. Essa forma de compreensão da ciência proporciona tanto explicação quanto alternativa para escapar da distorção; porém não considera o aspecto social da ciência. Como, em princípio, acreditamos que esse aspecto é fundamental para compreendermos as teorias e idéias científicas, precisamos de outra explicação. Nesta, a distorção pode estar presente na abordagem do conteúdo evolução biológica, pois talvez a evolução deva ser trabalhada não *apenas* como teoria, mas sim como princípio organizador para outros campos da Biologia. Por exemplo, quando o assunto “vírus” é trabalhado em sala de aula, há boa oportunidade para abordar a teoria evolutiva, porém muitas vezes o professor não tem essa visão, e alguns livros didáticos não contribuem para que essa relação ocorra.

A importância da evolução biológica para compreensão mais completa acerca das Ciências Biológicas foi apresentada por Dobzhansky (1973), ao escrever o artigo “Nothing in biology makes sense except in the light of evolution”. Segundo ele, sem essa orientação, a Biologia é ciência que se transforma em amontoado de fatos, alguns até interessantes e curiosos, mas que não fazem nenhuma representação significativa ao todo.

Para Tidon e Lewontin (2004), a idéia de Dobzhansky mostra-se a cada dia mais verdadeira, considerando o enorme desenvolvimento em diversas áreas da Biologia, especialmente na biologia molecular e do desenvolvimento que produziram explicações

firmes e consistentes para um grande número de questionamentos relacionadas à origem e à evolução da vida.

No Brasil, além do estudo de Tidon, há o trabalho de Meyer e El-Hani (2005), o qual apresenta também alternativa para diminuir possíveis distorções sobre o tema, propiciando, assim, compreensão mais completa do assunto. Segundo esses autores, não é adequado tratar a evolução biológica apenas como mais um conteúdo a ser ensinado, ou seja, como qualquer outro assunto abordado durante as aulas de Biologia, considerando que as idéias evolutivas têm papel fundamental na organização do pensamento biológico. Eles destacam ainda que a evolução seja vista como elemento indispensável para a compreensão apropriada da grande maioria dos conceitos e das teorias encontradas nas Ciências Biológicas.

Neste caso, se o caminho apontado pelos autores oferece uma alternativa, então podemos fugir da distorção de considerar a evolução como conceito que diga respeito apenas ao conteúdo de evolução; pois, de acordo com eles, ela seria um conceito muito mais amplo e estaria presente, de alguma forma, em todo o conteúdo de Biologia.

Meyer e El-Hani (2005) apresentam proposta para que a evolução biológica assuma no ensino papel mais central do que o tradicionalmente desempenhado. Para discutir as idéias evolutivas, os autores basearam-se em exemplos próximos do nosso cotidiano. Voltando novamente ao exemplo do estudo dos vírus, eles orientam que, na abordagem desse assunto, pode-se explorar, por exemplo, a origem do vírus da Síndrome de Imunodeficiência Adquirida (AIDS), a sua resistência ao sistema imune e, para compreensão satisfatória, teria que se recorrer ao pensamento evolutivo. Há também, por parte dos autores, preocupação com a relação entre ciência e sociedade, pois, ao se compreender a evolução do Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV), é possível elaborar programas para conter sua disseminação e aumentar a sobrevivência das pessoas infectadas.

Após apresentar duas explicações para a distorção anteriormente anunciada, delineamos o **segundo objetivo do nosso trabalho: selecionar a segunda explicação, partindo da concepção da evolução biológica como princípio organizador da Biologia, alternativa para minimizar possíveis equívocos sobre o tema evolução biológica. Rejeitar a primeira explicação, tendo em vista a concepção de ciência ali pressuposta.**

Utilizando o pensamento dos autores Meyer e El-Hani (2005), seria possível fugir da distorção desde que a idéia da evolução biológica como princípio organizador fosse efetivada. Aqui se encontra o **primeiro problema de nossa pesquisa: como programar essa proposta?** Consideramos que a abordagem histórica e filosófica da Ciência poderá contribuir

para melhor compreensão do conceito de evolução biológica, sobretudo para a sua inserção em outras áreas da Biologia.

No que diz respeito à História, segundo Martins (1998), a demonstração por meio de acontecimentos históricos, que objetiva as concepções aceitas atualmente, ocorridas por meio de um processo lento de desenvolvimento de conceitos, pode facilitar a aprendizagem do conteúdo científico durante o trabalho do professor. Um exemplo da importância da História da Ciência, relevante neste trabalho, é o da aplicação do conceito de evolução biológica ao homem. Essa relação não foi abordada por Darwin em sua primeira obra, *A origem das espécies*, publicada em 1859. De acordo com George (1985), em *A Origem*, Darwin disse pouco sobre a origem do homem; ele apenas insinuou que a seleção sexual poderia ser importante na evolução das diferenças raciais e reconheceu que “uma luz seria lançada sobre o homem e sua história”. (GEORGE, 1985, p. 69). Segundo essa mesma autora, apenas em 1871, Darwin publicou *A descendência humana* e, ainda assim, mais da metade do livro fala sobre a cor dos animais em vez de tratar da descendência do homem. Em 1872, Darwin lançou o livro *Expressão das emoções* para reforçar o assunto referente à semelhança humana com outros animais, e o assunto sobre a origem do homem termina em 1877, com a publicação do seu último artigo.

Ainda em relação à importância da História da Ciência, vejamos como Rose (2000) descreve o significado da árvore da vida³ proposta por Darwin. No sistema biológico darwiniano, a organização hierárquica da diversidade surge por causa dos ancestrais comuns das espécies atuais. “As espécies têm ancestrais comuns porque o sistema de vida é concebido como *uma árvore ramificada, na qual as novas espécies brotam das que já existem*”. (ROSE, 2000, p. 94). Segundo esse autor, ao adotar o esquema da árvore da vida para representar a idéia da descendência comum, Darwin sugeriu a existência de base fisiológica comum para todos os seres vivos; ele previu a ocorrência de uma universalidade bioquímica, que um século depois foi revelada pelas descobertas da biologia molecular e da bioquímica⁴. O que Rose (2000) descreve é importante para demonstrar que a evolução biológica não tem apenas o homem como foco, e que Darwin desenvolveu fundamentação muito mais ampla, ao incluir todas as espécies de seres vivos, proporcionando a interação e explicação de várias questões das Ciências Biológicas, tais como a presença de vários aspectos semelhantes na grande

³ “A árvore da vida de Darwin, na verdade, é mais original do que sua teoria da seleção natural, embora, a rigor, tenha vindo primeiro”. (ROSE, 2000, p. 94).

⁴ Podemos destacar uma descoberta de grande importância, a do código genético, que relaciona a seqüência de nucleotídeos do DNA com as seqüências de aminoácidos das proteínas, componentes fundamentais das células. Esse código é o mesmo para praticamente todos os seres vivos, fato este que relaciona todas as formas de vida existentes com um ancestral comum.

variedade biológica, questões relacionadas ao comportamento dos animais e a compreensão do processo de diversificação dos seres vivos.

No que diz respeito à Filosofia, a maioria das pessoas concorda com que a teoria da evolução biológica, proposta por Darwin, é de fato teoria. No entanto, para o nosso trabalho, em função da importância dessa evolução relacionada à idéia organizadora da Biologia como um todo, precisamos de que a teoria da evolução biológica seja considerada *mais* que teoria.

De acordo com Batista e Silva (200?), quando outros campos da Biologia (genética, ecologia, taxonomia), ou ainda outras áreas (Psicologia, Sociologia) adotaram os pressupostos propostos por Darwin para explicar tal teoria, podemos dizer que a mesma *inspirou* outras e, com isso, tornou-se *tradição de pesquisa*. Essa concepção foi extraída do filósofo Larry Laudan.

De acordo com Laudan (apud BATISTA; SILVA, 200?, p. 5), tradição de pesquisa “é um conjunto de pressuposições gerais acerca das entidades e processos num domínio de estudo e acerca dos métodos apropriados que devem ser utilizados para a investigação dos problemas e para a construção de teorias neste domínio”. Embora oriente as teorias, tal tradição não é testada como elas; para Laudan, o sucesso é avaliado pela capacidade que as teorias orientadas por ela apresentam na resolução de problemas (BATISTA; SILVA, 200?). Assim, é importante registrar que a tradição de pesquisa fornece orientações gerais que serão utilizadas pelas teorias para a resolução de problemas específicos.

Além de Laudan, outro filósofo, Thomas Kuhn, nos oferece compreensão que ultrapassa o nível das teorias, ao fornecer a idéia de paradigma. Para Kuhn (2005, p. 13), “*paradigmas* são as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência”. Ou seja, os pesquisadores utilizam regras e padrões provenientes da prática científica passada, como orientação para a solução dos problemas atuais.

Mas, por que considerarmos o evolucionismo um paradigma? Quando a teoria da evolução biológica por meio da seleção natural, proposta por Darwin, passou a influenciar outros campos da Biologia (genética, ecologia, taxonomia), e outras áreas (Psicologia, Sociologia), alcançou esse status. Conforme Kuhn (2005), um paradigma adquire seu status ao obter mais resultado na resolução de problemas reconhecidos pela comunidade científica como preocupantes. Porém, não é algo finalizado. Na Biologia, por exemplo, o neodarwinismo ou teoria sintética da evolução é modelo desse trabalho de acabamento, pois

consiste em síntese das idéias de Darwin, após novos conhecimentos da genética e da biologia molecular.

Kuhn (2005) aborda, ainda, que inicialmente o sucesso de um paradigma é em grande parte promessa, podendo ser descoberta em exemplos selecionados e ainda incompletos. O evolucionismo é promissor; nele encontra-se roteiro que aponta para novas teorias e, por essa razão, é bem aceito. Isso pode ser percebido em Lorenz (1995), um dos fundadores da etologia (estudo comparativo do comportamento) ao afirmar que, após Darwin, ficou fácil defini-la, sendo a disciplina capaz de aplicar aos comportamentos animal e humano todas as metodologias e questionamentos dos outros ramos da Biologia. O desenvolvimento da genética e da biologia molecular reforçou ainda mais o evolucionismo.

Com isso, será demonstrada nossa resolução para o primeiro problema de pesquisa: programar a proposta da evolução biológica como princípio organizador da Biologia, por meio da História e Filosofia da Ciência. Destacamos, ainda, o **terceiro objetivo deste trabalho: apresentar a idéia de que um tratamento histórico-filosófico pode contribuir com a segunda explicação para evitar a distorção.**

Considerando o programa de pós-graduação que trata de questões relativas ao ensino de Ciências, surge aqui o nosso **segundo problema: como aplicar essa proposta?**

Segundo Martins (1998), a História da Ciência pode ser utilizada como ferramenta didática favorável, para tornar a instrução mais interessante e contribuir para sua aprendizagem.

Este tipo de estudo pode contribuir para a formação de uma visão mais adequada acerca da construção do pensamento científico, das contribuições dos cientistas e da própria prática científica; permite que se conheça o processo de formação de conceitos, teorias, modelos, etc. Além disso, pode auxiliar o ensino da própria ciência, tornando-a não apenas mais atraente mas principalmente mais acessível para o aluno, possibilitando uma melhor compreensão de conceitos, modelos e teorias atuais. (MARTINS apud MARTINS; BRITO, 2006, p. 245).

Para Martins (2006), o estudo adequado de alguns acontecimentos históricos possibilita compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, revelando que a ciência faz parte de desenvolvimento histórico, de cultura, de universo humano; que sofre interferências e influencia muitos aspectos do contexto social no qual está inserida.

No Brasil, encontramos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio, relativos aos conhecimentos de Biologia, referência sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino dessa disciplina. “Elementos da história e da

filosofia da biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político”. (BRASIL, 1999, p. 219).

Achamos também nos documentos oficiais do Ministério de Educação e Cultura, tanto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) como nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN)⁵, o reconhecimento da importância do tema evolução biológica, sugerindo-se que ela seja eixo unificador de todas as áreas da Biologia.

De acordo com Piolli e Dias (2004), essa proposta teve início na década de 50 e sofreu influência de projetos curriculares e de coleções didáticas norte-americanas. Conforme os autores, a maioria das escolas brasileiras não a tem adotado, fato observado tanto nas aulas de Ciências e Biologia, como nos livros didáticos, vestibulares e nos processos de reformulação dos currículos universitários. Os jornalistas Piolli e Dias destacam ainda:

Pesquisadores apontam que, geralmente, a teoria evolutiva é trabalhada nas escolas como mais um tópico no rol dos conteúdos da biologia. Para alguns especialistas, essa é uma situação preocupante, em especial porque pesquisas recentes apontam que a teoria evolutiva tem baixos índices de compreensão e pouca credibilidade fora do meio acadêmico. (PIOLLI; DIAS, 2004).

Para verificar se isso ocorre, podem se fazer pesquisas com estudantes ou professores. No entanto, para desenvolver nossa proposta de expressar uma imagem da ciência compatível com a idéia de que a evolução biológica pode ser aplicada às diversas áreas das Ciências Biológicas, optamos pela análise do livro didático de Biologia.

Segundo Molina (1987), este assume papel de extrema importância, ao se considerar que, muitas vezes, é o único livro com o qual o estudante tem contato. Para Pinto e Martins (2000), ele é fonte importante de informações para professores e alunos, sendo utilizado tanto para organizar e planejar as atividades de sala de aula como também para elaboração das avaliações de aprendizagem.

Megid e Fracalanza (2003) abordam que, na prática, o livro didático de Ciências serve como material de consulta e apoio pedagógico assim como tantos outros materiais de ensino. Para eles, muitas vezes ele introduz ou reforça equívocos e mitificações com respeito às concepções de ciência, ambiente, saúde, ser humano, tecnologia, entre outras próprias ao ensino de ciências naturais.

⁵ Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas (BRASIL, 2001).

Após delimitar o objeto de estudo para realizar nossa investigação, propomos alguns critérios para a seleção da amostra, composta por quatro livros didáticos, e dos conteúdos a serem analisados.

Em relação à escolha dos livros, pretendemos analisar dois de coleções completas, ou seja, volumes específicos para cada uma das séries do Ensino Médio, e dois utilizados nas três séries como volume único. Selecionaremos obras dedicadas ao ensino de Biologia cujos autores há algum tempo já são conhecidos. Desse modo, optamos em analisar os seguintes livros didáticos: Lopes e Rosso (2005); Linhares e Gewandsznajder (2005); Silva Júnior e Sasson (2005) e Amabis e Martho (2004).

Quanto à seleção de conteúdos, inicialmente pretendíamos analisar os de diferentes áreas da Biologia mais próximos dos da evolução biológica. Porém, percebemos que com o estudo necessário para análise a ser desenvolvida, o tempo não seria suficiente. Diante dessa constatação, selecionamos apenas dois conteúdos: o conceito de competição interespecífica e o vírus HIV, por se tratar de assuntos bastante relacionados com a evolução biológica. Desse modo, esses serão referências para análise dos livros didáticos.

Para desenvolver essa proposta, utilizaremos abordagem histórico-filosófica, e o referencial teórico do filósofo Larry Laudan. Este é, portanto, o **quarto e último objetivo: verificar se a proposta da evolução biológica como princípio organizador está presente nos livros didáticos.**

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos, correspondentes à seqüência cujos temas centrais foram apresentados na introdução.

No primeiro capítulo, demonstraremos o significado da distorção na deficiência do ensino da teoria da evolução biológica, assim como o aparecimento da mesma. Analisaremos a apresentação do conflito religioso suscitado pela idéia de evolução e conseqüente distorção.

No segundo capítulo, apresentaremos duas explicações, justificando a rejeição pela primeira, tendo em vista a concepção de ciência ali pressuposta; e a seleção da segunda, como alternativa para minimizar possíveis equívocos sobre o tema evolução biológica, partindo da concepção da mesma como princípio organizador da Biologia.

No terceiro capítulo, mostraremos o programa da proposta dessa evolução por meio da História e Filosofia da Ciência. Apresentaremos a idéia de que a segunda explicação, para fugir da distorção, necessita de tratamento histórico-filosófico, ou seja, por meio da História da Biologia, é possível mostrar que a preocupação de Darwin não era exclusiva com relação à descendência humana. Ainda, com o apoio da Filosofia da Ciência,

identificaremos a concepção da evolução biológica como idéia central e unificadora dentro da Biologia.

Dando seqüência à nossa pesquisa, apresentaremos, no capítulo quatro, a solução para o segundo problema de nosso trabalho: a aplicação da proposta da evolução biológica, nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, ou seja, se há correspondência com o que foi estabelecido pelas diretrizes e programas oficiais.

Para finalizar, a partir da análise realizada nos quatro livros didáticos de Biologia, faremos algumas considerações finais, buscando estabelecer relações com a nossa proposta inicialmente apresentada.

CAPÍTULO 1

O SIGNIFICADO DA DISTORÇÃO NA DEFICIÊNCIA DO ENSINO DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

A literatura tem apontado alguns obstáculos para compreensão mais profunda do tema evolução biológica. Muitas pesquisas têm sido realizadas no sentido de investigar tal conceito entre estudantes de diferentes níveis escolares. Conforme já colocado na introdução, alguns estudos demonstram que as idéias dos estudantes acerca de tópicos relacionados à teoria dessa evolução muitas vezes são equivocadas e distorcidas. Neste capítulo faremos algumas descrições e comentários acerca de alguns deles.

Bizzo (1991) realizou entrevistas com onze estudantes do Ensino Médio da cidade de São Paulo, de diferentes níveis socioeconômicos e religiões, incluindo católicos, protestantes e um aluno de origem judaica; também aplicou questionários em amostra de 192 estudantes, após o ensino do tópico evolução. Por meio dos resultados, foi possível verificar que os mesmos entendiam de forma equivocada. Constatou que eles vêem o homem como referência central, ou seja, que a evolução dos seres vivos não é pensada em termos abstratos e gerais.

Pensar o que ocorre com os demais animais é pensar o que pode ocorrer com o Homem. Quando se pergunta a um aluno se ele acredita que um ser vivo possa ter dado origem a outro, o entrevistado parece ouvir outra pergunta. A julgar pela resposta, ele parece ter sido indagado se acredita que o Homem descende de outro animal; quase invariavelmente, ele cita o “macaco”. (BIZZO, 1991, p. 201).

Como vimos na introdução, a visão antropocêntrica está muito presente entre os estudantes, fato que dificulta a compreensão da evolução biológica em universo mais geral.

A mesma constatação foi verificada por Goedert (2004), que realizou estudo sobre formação de professores e o ensino de tal evolução. Por meio de entrevistas, identificou algumas dificuldades relacionadas à exposição desse tema. Uma delas refere-se ao entendimento dos processos evolutivos por parte dos estudantes no que diz respeito à ancestralidade, pois observou-se ser comum associar a evolução biológica com a humana, ou seja, há uma identidade de significado entre o conceito “ancestral comum” e a expressão “veio do macaco” (GOEDERT, 2004, p. 92).

Bizzo (1991) também investigou a interferência da fé religiosa na aceitação de teorias científicas sobre a origem do Homem, dos seres vivos ou do universo. E, por meio das transcrições das entrevistas, ficou claro o apego à narração bíblica, quando presente, devido, principalmente, à compreensão da teoria evolutiva de forma fragmentada, comprometendo a obtenção de elucidação coerente. A influência religiosa aparece, principalmente, na explicação da origem do Homem, pois, em relação aos outros seres vivos, acontece de modo bem flexível. Sobre essas entrevistas Bizzo afirma que:

A leitura das transcrições das entrevistas nos convence de que a eventual crença religiosa dos estudantes não é o principal fator que os impede de alcançar construções teóricas válidas no contexto científico da atualidade. O principal problema ainda estaria na forma como o conhecimento científico é organizado e apresentado aos estudantes, deixando-os sem alternativa quanto as suas concepções sobre temas tão centrais na estruturação da individualidade como a origem do Homem, do universo, etc. (BIZZO, 1991, p. 213).

Concordamos com as idéias expostas pelo autor, ou seja, a distorção não está exatamente ligada a problemas relativos à religião e, sim, à maneira como o desenvolvimento da ciência e a história das idéias evolutivas são apresentadas aos estudantes. Uma pessoa não religiosa pode ter compreensão errada sobre evolução biológica.

Para Pacheco e Oliveira (1997), algumas pesquisas mostram que muitos estudantes compartilham idéias de senso comum, ao lembrarem algumas questões clássicas freqüentes em aulas de Ciências e Biologia: “é verdade que o homem veio do macaco?” “a vida surgiu no mar”? (PACHECO; OLIVEIRA, 1997, p. 131). As autoras abordam que essas perguntas são indícios da necessidade de um vasto estudo sobre a evolução biológica e ainda destacam:

Apesar de ser considerada um dos pilares da Biologia por cientistas e filósofos da ciência como, por exemplo, François Jacob e Stephen Jay Gould, a evolução não tem merecido o mesmo “status” quando se trata de ensino de Biologia em nossas escolas. (PACHECO; OLIVEIRA, 1997, p. 131).

Tidon e Lewontin (2004) investigaram professores do Ensino Médio, em Brasília, por meio de questionários. De acordo com os dados obtidos, 60% apresentaram algum tipo de dificuldade para ensiná-la. As mais citadas foram o despreparo do professor, falta de tempo para ministrar esse conteúdo segundo o currículo escolar e insuficiência de

material didático. E ainda, 62% consideraram os estudantes do Ensino Médio imaturos ou sem base teórica suficiente para compreender a evolução biológica.

Em relação à insuficiência de material didático disponível em Brasília, análise mais profunda seria extremamente oportuna para se tomar conhecimento das falhas e qualidades dos livros textos usados atualmente, contribuindo assim para a melhora da publicação pelas editoras⁶ (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Segundo Tidon e Lewontin (2004), em relação ao currículo escolar no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) orientam que as áreas da ecologia e evolução devem permear todas demais da Biologia. No entanto, de acordo com os autores, na prática, a evolução biológica é ensinada no final do terceiro ano do Ensino Médio, o que não atinge os objetivos propostos.

Em matéria publicada na revista eletrônica de jornalismo, ComCiência, Piolli e Dias (2004) afirmam que “o ensino de evolução nas escolas, em geral, é considerado como um momento tenso para professores de Ciências e Biologia, por ser uma porta aberta para a polêmica entre criacionismo e evolucionismo”. Por essa razão, alguns preferem não abordar a polêmica e consideram tal teoria a única explicação para a origem das espécies. Outros apresentam o criacionismo como visão nunca presente na comunidade científica, e afirmam que a única diferença em relação ao evolucionismo é a concepção de que as espécies atuais foram criadas da mesma forma que se apresentam hoje (PIOLLI; DIAS, 2004).

Após tais aspectos apresentados, abordaremos questão conflitante: a clássica polêmica entre criacionismo e evolucionismo que atualmente vem ganhando espaço no campo educacional. Essa discussão será ponto importante neste trabalho, pois veremos durante seu desenvolvimento a importância da Biologia assumir a evolução biológica como princípio organizador e unificador para amenizar as questões, pois a evolução seria trabalhada permeando todo o conteúdo de Biologia do Ensino Médio. Assim, quando esse tópico fosse abordado, geralmente no terceiro desse nível de ensino, provavelmente a abordagem seria menos conflituosa.

⁶ No capítulo quatro apresentaremos abordagem mais completa sobre o livro didático de Biologia utilizado no Ensino Médio.

Nas escolas, o que se percebe é que os professores seguem orientações diversas. Alguns optam pela evolução, outros pela ecologia, pela biomedicina, biologia celular e outros ainda não parecem estabelecer nenhum tipo de eixo para organização do ensino. Por que a evolução biológica não é assumida como eixo integrador e unificador do ensino pela maioria dos professores de biologia? Essa é uma questão que inquieta os pesquisadores, especialmente os que defendem essa idéia. (PIOLLI; DIAS, 2004, p. 1).

Esse assunto será discutido de forma mais intensa, nos próximos capítulos deste estudo. Agora descreveremos alguns casos que evidenciam a conflitante disputa entre evolucionistas e criacionistas.

Um famoso episódio relacionado à discussão desse tema ocorreu em 1925, em Tennesse, Estados Unidos, quando o professor John Scopes foi condenado por ensinar a Teoria da Evolução Biológica⁷. Na década de 60, professores e pesquisadores desse país reformularam o conteúdo de Biologia nos currículos escolares, com a inclusão do tema evolução biológica nos novos textos e livros didáticos. Nos anos 80 e 90, o ensino do evolucionismo e criacionismo, em função da disputa, sofreu vários julgamentos nos tribunais americanos. Em um deles, em agosto de 1999, o Conselho de Educação do Estado de Kansas decidiu novamente retirar a teoria de Darwin do currículo escolar (RAZERA; NARDI, 2003).

De acordo com Cunha (2004), o currículo padrão para as escolas públicas de Kansas foi elaborado com o auxílio da *Creation Science Association for Mid-America*, e questões sobre o evolucionismo, em provas de admissão e de avaliação em vários níveis de ensino, foram eliminadas. Esse fato reacendeu a discussão sobre ciência e religião, e em vários países do mundo cresceu o movimento a favor do criacionismo, embora mais intensamente nos Estados Unidos.

Na Inglaterra, por exemplo, nos últimos 10 anos foram criadas cerca de 180 novas escolas do Ensino Médio ligadas à igreja. Em 2003, o primeiro ministro Tony Blair inaugurou pessoalmente uma delas na qual se ensina o criacionismo, conforme matéria publicada no jornal britânico *The Independent* (13 de junho de 2003). Em fevereiro de 2004, o Ministério da Educação da Itália divulgou programa para o Ensino Médio, excluindo do currículo a evolução biológica. Um outro país europeu, Espanha, também de predominância católica, possui organização criacionista. Na França, no entanto, os religiosos parecem não ver conflito entre a idéia da criação divina da vida e a evolução das espécies. (CUNHA, 2004).

⁷ Desde 1920 estava proibido o ensino da teoria da evolução biológica nas escolas americanas. Em 1960, essa história foi transformada em filme, cujo nome original é *Inherit the Wind*, (*O vento será tua herança*).

Conforme Tait (2003), no Brasil, a retomada desse debate foi estimulada após o ex-governador do estado do Rio de Janeiro, Antony Garotinho, sancionar em 14 de setembro de 2000 a lei que determina a inclusão do ensino religioso no currículo das escolas públicas. A jornalista informa que a lei passou a vigorar em abril de 2004 pela governadora Rosinha Matheus, devendo ser as aulas de religião divididas por credo. Em janeiro de 2004, ocorreu a seleção de professores por meio de concurso público para ministrar as aulas de ensino religioso. Nesse mesmo ano, por determinação da Secretaria do Estado de Educação do Rio de Janeiro, foi definido que as escolas públicas deveriam apresentar o criacionismo em sala de aula.

[...] as escolas públicas promoveriam "reflexões sobre a criação do mundo" por meio de uma "abordagem superficial do criacionismo". Porém, não foi explicado que metodologia os professores deverão utilizar para isso. Essa explicação vaga sobre a forma como o criacionismo será apresentado em sala de aula é uma das principais críticas à proposta de ensinar religião nas escolas públicas do Rio. (TAIT, 2003).

Com auxílio não só da literatura como também de jornalistas atuantes nessa área de ensino, vimos algumas formas de distorção e equívocos, presentes no contexto educacional, relacionadas ao ensino da evolução biológica. Além disso, encontramos também distorções, quando examinamos algumas obras sobre o darwinismo.

Em *O Relojoeiro Cego* (2001), Richard Dawkins faz defesa muito forte das idéias de Darwin, ao assumir muitas partes escritas com intensa paixão, e além de fornecer informações, há também tentativa de convencer aquele que lê “[...] quero persuadir o leitor de que a visão de mundo darwiniana não apenas é verdadeira, mas é também a única teoria conhecida que poderia em princípio solucionar o mistério de nossa existência”. (DAWKINS, 2001, p. 11).

Dawkins destaca que após Darwin o ateísmo foi reforçado. Utiliza exemplos bastante criativos para ilustrar seu ponto de vista a favor do darwinismo e, segundo ele, uma de suas tarefas é “destruir o mito sofregamente acalentado de que o darwinismo é uma teoria do ‘acaso’”. (DAWKINS, 2001, p. 13).

De acordo com Dawkins (2001), a escolha do título de seu livro surgiu em função de analogia à idéia do teólogo William Paley, que em 1802 publicou o livro *Natural Theology – or Evidences of the Existence and Attributes of the Deity Colected from the Appearences of Nature* (Teologia natural – ou evidências da existência e dos atributos da divindade reunidos a partir dos fenômenos da natureza). Esta obra apresenta a exposição mais

conhecida do “Argumento do Desígnio” (*Argument From Design*). Paley utiliza o relógio como exemplo de objeto (máquina) preciso e complexo, para fazer analogia com o organismo vivo. Ele afirma que tal objeto deve ter tido um criador, uma arte que atingiu sua construção e determinou sua utilidade, um relojoeiro. Dawkins opõe-se afirmando que a seleção natural descoberta por Darwin é um processo cego, inconsciente e automático. “Não tem visão nem antevisão. Se é que se pode dizer que ela desempenha o papel de relojoeiro da natureza, é o papel de um relojoeiro cego”. (DAWKINS, 2001, p. 24).

Para Gleiser (2006), o ateísmo de Dawkins é radical e intolerante como qualquer fanatismo religioso. Prega intolerância total no que diz respeito à fé, exatamente a mesma intolerância a que se opõe. Ainda na opinião do autor, “a atitude belicosa e intolerante do cientista britânico só causa mais intolerância e confusão. Seu grande erro é negar a necessidade que a maioria absoluta das pessoas tem de associar uma dimensão espiritual às suas vidas”. (GLEISER, 2006).

Quase para encerrar, Dawkins argumenta novamente contra a existência de Deus: “Se queremos postular uma deidade capaz de arquitetar toda a complexidade organizada do mundo, seja instantaneamente, seja pela evolução guiada, essa deidade já tem que ser imensamente complexa antes de tudo”. (DAWKINS, 2001, p. 460). Segundo ele, pessoa religiosa, criacionista, simplesmente “postula” a existência de um ser complexo dotado de uma inteligência fenomenal sem apresentar uma explicação. De acordo com Gleiser (2006), “qualquer pessoa que conheça um mínimo de teologia sabe muito bem que a idéia fundamental das religiões é que o divino não segue as regras causais que regem o mundo material”.

Segundo Gleiser (2006), em outra obra de Dawkins, *Deus, Um Delírio*, ele afirma que seu alvo são os “indecisos”, ou seja, os que não acreditam em causas sobrenaturais, mas que também não se revelam ateus. Nesse sentido, concordamos com Gleiser (2006), ao afirmar que a ciência não deve ter como propósito tirar Deus das pessoas. Acreditamos que esta postura fomenta ainda mais o conflito já existente entre a evolução biológica e a religião⁸. Faremos, agora, análise oposta: o radicalismo dos religiosos.

Na obra *Deus após Darwin* (2002) de John F. Haught, encontramos outro argumento em relação ao debate evolucionismo versus criacionismo. Sua proposta é a

⁸ Além das obras citadas, reconhecemos que existem outras fontes com características semelhantes, que também poderiam ser comentadas. De acordo com Gleiser (2006), dois livros recentes, que também exacerbam a relação entre ciência e religião, são: *O Fim da Fé (The End of Faith)*, de Sam Harris e *Quebrando o Feitiço (Breaking the Spell)*, de Daniel Dennet. Porém, em função do tempo de curso de mestrado, não é possível comentar todas.

“teologia da evolução”, onde é possível pensar em Deus na mesma medida da riqueza da evolução, sendo necessário para isso entendimento sobre Ele muito maior do que se obteve na escola. “Uma adequada compreensão religiosa de Deus não só tolera como exige a aventurosa extensão das fronteiras cósmicas implicadas na ciência evolucionista”. (HAUGHT, 2002, p. 10).

Esta também é uma versão radical que tenta resolver o embate entre ciência e religião. Para Haught, a teologia cristã convive em completa harmonia com a teoria evolucionista, o que também promove conflito, pois tal relação é muito complexa, e, para esse autor, não existe polêmica entre o evolucionismo e religião. Em relação à teologia evolucionista, ele afirma:

Em vez de tentar provar a existência de Deus na natureza, a teologia evolucionista procura mostrar como nossa nova conscientização da evolução cósmica e biológica pode valorizar e enriquecer os ensinamentos tradicionais sobre Deus e sua forma de agir no mundo. Em outras palavras, em vez de ver a evolução simplesmente como um desafio perigoso que requer uma desculpa, a teologia evolucionista percebe nela um contexto mais iluminado para as idéias de Deus hoje em dia. (HAUGHT, 2002, p. 55).

Segundo Glugoski (2006), em um fórum realizado na Faculdade de Educação de São Paulo com objetivo de discutir a relação entre ciência e religião, mostrou-se não só como as idéias da evolução surgiram, mas também como são tratadas atualmente nas escolas. O jornalista Miguel Glugoski, em reportagem publicada no jornal dessa mesma instituição, informou que, de acordo com Bizzo, um dos participantes do fórum:

É impossível separar a teoria evolucionista da religião, porque as próprias idéias da evolução e as formulações iniciais de Darwin foram influenciadas pela teologia protestante, em especial de William Paley, que incentivava o estudo da natureza, ou teologia natural, como forma de reverenciar o Criador. (GLUGOSKI, 2006).

Consideramos não ser possível separar a religião em relação à discussão sobre a evolução biológica. Quando o assunto é abordado em sala de aula com a apresentação das teorias, que dizem respeito à evolução dos seres vivos, o criacionismo é incluído automaticamente. Após debate, o livro *Deus após Darwin* (2002), de John F. Haught, foi utilizado como exemplo de apresentação do darwinismo no contexto educacional, o que acende a polêmica entre religião e evolução biológica. Para Glugoski (2006), essa questão ainda é bastante controvertida, embora muitos religiosos concordem com que não é necessário negar a existência de Deus para admitir a teoria evolucionista.

Fizemos abordagem sobre tal controvérsia, em função da relevância desse tema para o ensino de Ciências. Além de atingir a opinião pública, os casos relatados sobre a disputa existente entre evolucionistas e criacionistas devem ser observados com muita atenção por parte da comunidade atuante na Educação Científica.

Descrevemos, ainda, distorções encontradas em algumas obras de apresentação do darwinismo; *O Relojoeiro Cego* (2001), de Richard Dawkins, e *Deus após Darwin* (2002), de John F. Haught. Esses dois livros, como já colocado anteriormente, têm sido referências importantes para o contexto educacional e contribuem para promover o conflito entre evolução biológica e religião.

No próximo capítulo, apresentaremos duas explicações para a distorção anteriormente anunciada, ou seja, focar para a evolução biológica a origem do homem. Justificaremos a rejeição pela primeira explicação tendo em vista a concepção de ciência ali pressuposta, e a seleção da segunda explicação como alternativa para minimizar possíveis equívocos sobre o tema evolução biológica, partindo da sua concepção como elemento unificador dentro da Biologia.

CAPÍTULO 2

A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA COMO PRINCÍPIO ORGANIZADOR DA BIOLOGIA

Neste capítulo, procuraremos refletir sobre as explicações das causas para as distorções encontradas em relação ao tema evolução biológica e, embora devam existir outras⁹, selecionamos duas encontradas na nossa investigação. Como já anunciado na introdução, a primeira diz respeito à discussão existente entre ciência e religião; a segunda, sobre a aplicação do conceito de evolução biológica como princípio organizador da Biologia.

Em relação ao debate entre ciência e religião, concordamos com sua complexidade, principalmente em relação aos limites de cada assunto. No entanto, não podemos acordar com a idéia de que “[...] a ciência pela sua natureza, não pode pronunciar-se a respeito de assuntos sobrenaturais e não pode dar respostas a perguntas filosóficas ou éticas fundamentais”. (FUTUYAMA, 2002, p. 42).

A princípio, a idéia de Futuyama parece estar correta, ou seja, elas são diferentes; por exemplo, a ciência faz experiências e a religião não. Desse modo, estamos de acordo com o autor quando afirma que a ciência não se pronuncia a respeito de assuntos sobrenaturais. Todavia, análise mais atenta da literatura mostra-nos que a ciência está presente no nosso cotidiano, então não deve ser isolada do contexto social no qual está inserida.

E ainda, de acordo com Ziman (1979, p. 17), a ciência pertence a “uma das categorias que fazem parte do comentário intelectual que o Homem faz sobre o seu próprio Mundo”. E a religião, assim como a arte, a poesia, o direito, a filosofia são outras áreas afins, considerando que se constituem de um conjunto de idéias com certa coerência, pertencentes ao campo das coisas imateriais (ZIMAN, 1979).

Esse mesmo autor também questiona quais são os atributos específicos da ciência e faz uma análise sobre os critérios estabelecidos para demarcá-la no sentido de diferenciá-la de suas áreas afins. Para ele, a ciência não se distingue dessas outras áreas por meio de estilo, ou argumentação em particular, ou por assunto claramente definido. De acordo com Ziman (1979, p. 26),

A ciência é conhecimento, e, por conseguinte, intelectual, conceitual e abstrata. Inevitavelmente, é criada por homens e mulheres, individualmente, e em consequência tem um aspecto acentuadamente psicológico. É pública, e, por conseguinte moldada e determinada pelas relações sociais entre os

⁹ Futuramente, em um outro estudo, buscaremos mais explicações.

indivíduos. Manter em vista todos esses aspectos, simultaneamente, e saber apreciar suas ocultas conexões não é uma tarefa fácil.

Por meio dessa perspectiva, o conhecimento científico atinge uma dimensão não só filosófica como também social, apesar do aviso sobre a dificuldade em agregar à ciência todos esses aspectos.

Numa concepção tradicional analítica da filosofia, a ciência é isenta de valores morais e sociais, no entanto, além de Ziman, o filósofo da ciência Hugh Lacey apresenta uma análise significativa sobre a interação da ciência com a sociedade, questionando a isenção de valores e seus objetivos.

Em sua reflexão sobre a prática científica e os valores, Lacey (2004) destaca que há três momentos-chave da prática científica: *a adoção de uma estratégia, a aceitação das teorias e a aplicação do conhecimento científico*. Nesses períodos, decisões importantes precisam ser tomadas, e valores morais, sociais e cognitivos têm papel real em cada um desses momentos.

De acordo com Lacey (2000), o primeiro momento é marcado pelo questionamento a respeito das características que as teorias devem ter para serem provisoriamente consideradas. Nesse período, em que as estratégias têm papel fundamental, Lacey defende os valores morais. Após a sua adoção, apresentando certamente algumas restrições, surge o segundo momento da prática científica; e a questão levantada é: “Quais teorias adaptadas às restrições da estratégia devem ser aceitas?”. E no período da aceitação de tais teorias, os valores cognitivos têm papel importante, pois apenas esses validam a escolha de uma teoria. Na aplicação do conhecimento científico, caracterizado por Lacey como o terceiro momento, os valores morais e sociais têm papel real.

Vimos que os três momentos da prática científica são permeados por valores, portanto é importante entender o seu conceito. Em uma entrevista à revista Teoria e Debate, Lacey (2001) explica a diferença entre valores cognitivos e outros tipos existentes, como os sociais ou morais, por exemplo. Os valores cognitivos são critérios utilizados para avaliar uma teoria científica, isto é, se ela é capaz de fazer previsões, ou dar explicações. São eles que tornam possível a avaliação das teorias. Já “os valores sociais são *manifestados* nos programas, leis, e políticas de uma sociedade, e *expressos* nas práticas cujas condições eles proporcionam e reforçam”. (LACEY, 1998, p. 45).

Desse modo, a ciência não é livre de valores. Porém, o importante é perceber de que maneira ela o é, ou seja, é preciso mencionar em qual momento da prática

científica é livre ou não. Assim, vamos ao ponto mais importante da discussão de Lacey, que diz respeito à análise e avaliação da concepção de que a ciência é livre de valores. Para compreender esta idéia central, ele apresenta as distinções dos seus três componentes: *imparcialidade, neutralidade e autonomia*.

De acordo com Lacey (2000), a *imparcialidade* garante que as teorias devem ser aceitas à luz de critérios totalmente diferentes dos comprometimentos com respeito a valores sociais e morais; a *neutralidade* afirma que as aplicações de teorias formadas não favorecem de modo especial qualquer perspectiva de valor particular; a *autonomia* assegura que valores morais e sociais não têm espaço dentro da metodologia científica e que a ciência deveria ser dirigida sem intervenção originada de comprometimentos com valor.

Considerando que no primeiro momento da prática científica Lacey defende os valores morais, pode-se entender que quando uma estratégia é adotada não tem como sustentar a autonomia e a neutralidade. O fato de não haver neutralidade na ciência impossibilita a presença do componente autonomia, uma vez que este é submisso à neutralidade.

Uma vez definida a estratégia, então podemos falar de imparcialidade. “Penso que a imparcialidade pode ser preservada. Entretanto, para que não haja nenhuma confusão, é importante ressaltar que se trata de uma tese pertinente à aceitação de teorias a respeito de um domínio ou domínio de fenômenos”. (LACEY, 1998, p. 77).

A defesa da imparcialidade feita por Lacey, como já colocado anteriormente, nos remete à identificação de dois níveis naturalmente distintos: o das estratégias e o da escolha concreta das teorias, onde apenas os valores cognitivos têm papel importante (LACEY, 1998).

Como podemos perceber, a sua abordagem nos auxilia a compreender os aspectos de valores que estão presentes na ciência. Dessa forma, a ciência não é constituída apenas por teorias, avaliação de teorias, é também composta de valores.

Podemos recorrer ao darwinismo para perceber a questão dos valores na atividade científica apresentada por Lacey. Seu período inicial mostra como a adoção de uma estratégia leva em conta valores morais, sociais e religiosos. Na ocasião do anúncio e da publicação da teoria da evolução biológica, Darwin enfrentou um período de muitas críticas e comentários do público em geral. Estamos falando do momento em que a primeira edição de *A origem das espécies* foi apresentada ao mundo, novembro de 1859.

Revistas e jornais da Inglaterra apresentavam comentários e críticas, e a discussão sobre o evolucionismo crescia no país todo. De acordo com Trattner (2006), o clero

também se pronunciou rapidamente e com veemência, grupo de oposição comandado pelo bispo de Oxford, Samuel Wilberforce. Outros integrantes do mesmo também interpelaram Darwin, questionando o atrevimento em colocar sua teoria acima dos ensinamentos da Bíblia. O seu livro foi por eles chamado “um tecido podre de conjeturas e especulações”. (TRATTNER, 2006, p. 611).

Ainda nesse período, Darwin aguardava ansiosamente a opinião do jovem zoologista Thomas Henry Huxley (1825 - 1895). Quando esta chegou, veio acompanhada de uma defesa da teoria: “estou afiando as garras e o bico” escreveu ele, que mais tarde ficou conhecido como o “buldogue de Darwin”. (TRATTNER, 2006, p. 611).

A discussão sobre o evolucionismo recrescia constantemente e cada partido tinha já o seu chefe: Huxley por Darwin, e Wilberforce pelo clero. Em todas as igrejas do país, os sermões paroquiais tinham por alvo o novo monstro e o seu séqüito. Darwin era denunciado de púlpito em púlpito como um anticristo, um deicida, um inimigo do povo. (TRATTNER, 2006, p. 611).

Um famoso confronto entre Huxley e Wilberforce ocorreu em 30 de junho de 1860, em Oxford, durante encontro da Associação Britânica para o avanço da Ciência. Nessa ocasião, quando o bispo Wilberforce atacava as idéias de Darwin, de forma irônica indagou se Huxley descendia dos macacos pelo lado de seu avô ou de sua avó. “Huxley respondeu que não tinha nenhuma vergonha de ser descendente de macacos, mas que teria vergonha de ser descendente de um homem que usasse retórica e falácias para esconder a verdade”. (PENA, 2007, p. 5).

Segundo Trätner (2006), uma interpretação equivocada e muito propagada pelos anti-darwinistas desse período conferiu aos evolucionistas a afirmação de que o homem descende dos macacos¹⁰. A compreensão errônea alcançou jornais e revistas de todo o país. O autor comenta que o jornal *The Athenaeum* fez uma crítica anônima chamando Darwin de presunçoso e considerando leviana a sua forma de argumentação. E ainda em outros folhetins, as acusações: “uma tentativa para destronar a Deus”; “inalador de gás mefítico” e sobre os seus argumentos: “uma selva de conjecturas fantásticas”. (TRATTNER, 2006, p. 612).

Por meio desse exemplo, podemos observar que no primeiro momento da prática científica, elaborada por Darwin, a neutralidade e a autonomia, como colocado anteriormente, foram destruídas.

¹⁰ “Causa assombro ver o quanto esse erro anda espalhado, ainda hoje”. (TRATTNER, 2006, p. 612).

Após abordagem relativa à discussão entre ciência e religião, apresentaremos a segunda explicação encontrada para as idéias distorcidas sobre o evolucionismo. Ela diz respeito à falta de compreensão do conceito de evolução biológica como elemento unificador para as Ciências Biológicas.

Diversos autores consideram-na como unificadora da Biologia. De acordo com Gould (2003, p. 95), “de todos os conceitos fundamentais nas ciências da vida, a evolução é o mais importante e também o mais mal compreendido”.

Gould (2003) aborda que, na concepção de Darwin, evolução é adaptação a ambientes que se modificam. Por meio dessa visão simples, porém carregada de implicações, evolução significa que todos os organismos partilham ancestrais comuns e, portanto, possuem elos de parentesco e descendência e, ainda, que as linhagens mudam naturalmente sua forma e diversidade ao longo do tempo. Segundo o autor, Darwin explicou também as causas da descendência com processo por ele denominado seleção natural¹¹.

Desse modo, segundo Gould (2003), a evolução biológica pode ser caracterizada como uma ciência, pois cumpriu as duas metas¹²; por meio da genealogia e da descendência, descreveu o fato da evolução e, por meio da seleção natural, explicou as causas da descendência com modificação.

De acordo com Ridley (2006), a biologia evolutiva é uma grande ciência, que se torna cada vez maior em função da quantidade de suas áreas de concentração. Para o autor, a evolução por seleção natural “é uma das idéias mais poderosas em todas as áreas da ciência e é a única teoria que pode seriamente reivindicar a condição de unificar a Biologia”. (RIDLEY, 2006, p. 28).

Para Mayr (2005), a biologia moderna é conceitualmente darwiniana, portanto, uma análise do darwinismo é fundamental para entender a sua autonomia. De acordo com o autor, parece estar definido que o paradigma¹³ de Darwin é composto de cinco teorias principais e independentes. No entanto, o próprio Darwin não foi capaz de perceber essa separação. Sobre essa questão o autor acrescenta: “Recentemente cheguei à conclusão de que a cegueira de Darwin diante disso se tornou uma das razões principais para as controvérsias intermináveis sobre a biologia evolucionista depois de 1859”. (MAYR, 2005, p. 113).

¹¹ A seleção natural é o principal mecanismo para explicar a origem das variações. No capítulo seguinte, apresentaremos outros.

¹² “A ciência possui duas missões: (1) registrar e descobrir os aspectos factuais do mundo empírico e (2) propor e testar explicações sobre por que o mundo funciona de uma forma particular”. (GOULD, 2003, p. 98).

¹³ “Paradigma é sistema de crenças, valores e generalizações que domina uma ciência ou um ramo de ciência em certa época”. (MAYR, 2005, p. 236). O significado desse termo será objeto de discussão no próximo capítulo sobre Filosofia da Ciência.

Essas teorias foram muito discutidas entre diversos evolucionistas por um longo período. Entre eles podemos citar: Lamarck, Haeckel, Neolamarckistas, T. H. Huxley, De Vries e T. H. Morgan. A aceitação de algumas delas e ao mesmo tempo a rejeição de outras por esses autores citados são provavelmente o melhor argumento a favor da independência das mesmas. Vários aspectos do processo evolutivo envolvidos nessas diferentes teorias são investigados e discutidos até hoje. Faremos a seguir uma apresentação sucinta¹⁴ das cinco teorias. (MAYR, 2005, p. 116 - 130).

- 1 *Os seres vivos se transformam ao longo do tempo.* Para a comunidade científica atual, a evolução é um fato, assim como a Terra gira em torno do Sol e não o inverso. Esse é um ponto não mais discutido. A data dos estratos geológicos e os registros fósseis confirmam a evolução.
- 2 *Todos os seres vivos apresentam uma relação de parentesco, isto é, compartilham ancestrais comuns.* Tal idéia deu sentido e explicação imediata para a história natural do momento, e até hoje muitos pesquisadores se ocupam em estabelecer a linha de descendência de grupos de seres vivos independentes ou muito diferentes.
- 3 *A transformação evolutiva sempre ocorre de forma gradual e nunca aos saltos.* Pequenas mudanças sucessivas foram se acumulando e provocaram grandes mudanças evolutivas. A defesa de Darwin em relação ao gradualismo gerou um forte isolamento da tradição; o saltacionismo era compatível com o essencialismo¹⁵. A idéia da evolução gradual provavelmente é consequência da adoção do conceito de que a evolução ocorre em nível populacional, ou seja, quando indivíduos de mesma população apresentam variações em relação à determinada característica, essas diferenças geram ao longo do tempo populações diferentes.
- 4 *A explicação da origem da grande diversidade biológica.* Darwin propôs que as diferenças existentes entre indivíduos da mesma espécie originam espécies distintas. Porém, a forma como esse assunto foi tratado por ele em *A origem*, mostra um emaranhado de idéias sobre o tema espécies e especiação. Esse problema só foi esclarecido após a elaboração da síntese evolucionista, que descreveremos logo a seguir e, mesmo assim, até hoje existem muitas controvérsias a esse respeito.
- 5 *Seleção Natural, o mecanismo da mudança evolutiva.* Proposta por Darwin e Wallace, é a teoria que encontrou maior resistência. A seleção natural é um mecanismo que ocorre em

¹⁴ No capítulo seguinte sobre História e Filosofia da Ciência, descreveremos com mais detalhes o desenvolvimento de tais teorias.

¹⁵ “Crença de que a variação da natureza pode ser reduzida a um número limitado de classes básicas representando tipos constantes e nitidamente delimitados; pensamento tipológico”. (MAYR, 2005, p. 234).

duas etapas: a primeira é a produção de variação; a segunda, a ação da seleção fazendo a segregação e a eliminação. Atua nas populações, provocando alterações das características de cada uma, geração após geração.

A seleção natural pode ser resumida como um processo de sobrevivência e reprodução desiguais entre os indivíduos de uma população, levando em consideração a herança das características influentes na sobrevivência (MEYER; EL-HANI, 2005).

As teorias, ou ainda, os princípios do darwinismo foram apresentados de forma detalhada em *A Origem das espécies*. Darwin preocupou-se em apresentar quantidade enorme de evidências da evolução. Ainda assim, a discussão sobre as causas da evolução foi intensa por quase oitenta anos, até a elaboração da “síntese evolucionista” dos anos 1940, sobre cuja história faremos a seguir uma análise.

Segundo Mayr (1998), no período de 1936 a 1947, biólogos de várias subdivisões da biologia evolucionista entraram em consenso a respeito de dois pontos. O primeiro é que a evolução ocorre de forma gradual, por meio de pequenas mudanças genéticas e da recombinação, sendo a seleção natural responsável pela ordenação das variações. O segundo ponto é que, por meio do reconhecimento da grande quantidade de variações genéticas nas populações naturais, considerando o conceito de espécie biológica como entidade reprodutiva e ecologicamente autônoma, e pela influência dos fatores ecológicos sobre a diversidade, era possível obter uma explicação coerente para todos os fenômenos evolutivos.

De acordo com Mayr (1998), esse acontecimento foi denominado em 1942, por Julian Huxley, de *síntese evolucionista*. Os naturalistas desistiram da crença na hereditariedade tênue, e o programa de pesquisa passou a incluir a origem da diversidade. “Existe hoje um consenso, pode-se dizer geral, de que a reconciliação foi obra de um punhado de evolucionistas, que foram capazes de construir pontes entre campos diferentes e remover equívocos”. (MAYR, 1998, p. 633).

Existem vários autores, também denominados arquitetos da síntese, que, por meio de publicações relevantes, foram capazes de estabelecer tais pontes. Entre eles estão: Dobzhansky (1937), Huxley (1942), Mayr (1942), Simpson (1944; 1953), Rensch (1947) e Stebbins (1950). (MAYR, 1998).

A síntese evolutiva espalhou-se rapidamente por toda a biologia evolucionista. No simpósio internacional, ocorrido em janeiro de 1947, na cidade de Princeton, estado de New Jersey, representantes de várias linhas evolutivas, com exceção dos lamarckianos radicais, entraram em concordância e, por unanimidade, apoiaram a

gradualidade da evolução, a importância da seleção natural e o aspecto populacional da origem da diversidade (MAYR,1998).

Segundo Mayr (1998), entre os participantes dessa síntese, existe outro consenso: a importância da publicação de Dobzhansky, *Genetics and the Origin of Species* (1937), como indicação para iniciar tal síntese. Dobzhansky construiu um elo consistente entre o campo dos experimentalistas e o dos naturalistas. Como Freire-Maia (1998, p. 73) expressou: “Dobzhansky, o realizador da obra de síntese entre a genética e a teoria da evolução”.

Para Mayr (1998), ocorreu uma síntese entre duas *tradições de pesquisa*¹⁶. Os naturalistas contribuíram com vários conceitos: a idéia da população, a dimensão das espécies politípicas, a espécie biológica como entidade reprodutiva e ecologicamente independente, a importância do comportamento e da mudança de função no surgimento de inovações evolutivas e ainda o destaque para a evolução da diversidade. Esses conceitos são fundamentais para a compreensão plena da evolução, mas não estavam presentes na estrutura conceitual dos geneticistas experimentais.

Desse modo, a síntese evolutiva foi construída a partir da fusão do darwinismo com a genética clássica. Meyer e El-hani (2005) destacam três pesquisadores que contribuíram para essa construção: Ronald Aylmer Fisher (1890 - 1962) e John B. S. Haldane (1889 - 1988) na Inglaterra, e Sewall Wright (1889 - 1988) nos Estados Unidos. Os três em conjunto demonstraram que a variação estudada por evolucionistas poderia ser explicada pela herança mendeliana e pela seleção natural. Assim, esta sobressaiu e passou a ser a base da explicação do processo evolutivo.

Esse novo período da evolução biológica, ou seja, a versão nova do darwinismo, desenvolvida em 1940, foi denominada *neodarwinismo*. Mayr (2005, p. 147) afirma que a escolha desse termo é um equívoco.

Neodarwinismo é o termo reservado por Romanes, em 1894, ao paradigma darwiniano sem a hereditariedade leve [*soft inheritance*] (isto é, sem a crença na herança de características adquiridas), mas isso vale para todo darwinismo desde os anos 1920.

Nesse mesmo período, a partir de estudos sobre o mecanismo de especiação, a nova teoria evolucionista foi chamada de *teoria sintética da evolução*. Porém, de acordo

¹⁶ O significado dessa expressão do filósofo Larry Laudan será discutido no próximo capítulo.

com Mayr (2005, p. 147), a melhor opção ainda é utilizar o “termo ‘darwinismo’, porque ele engloba os aspectos essenciais do conceito original de Darwin”.

No entanto, a teoria evolutiva atual apresenta-se bastante diferente da original e, ao realizar estudo¹⁷ da história do desenvolvimento da evolução biológica, percebemos que, além da teoria de Darwin, outras foram propostas no mesmo período e até mesmo antes da sua apresentação. Consideramos ainda, de acordo com Frezzatti Júnior (2001), a dificuldade existente na definição do termo darwinismo, pois segundo o autor, o mesmo pode assumir sentidos muito diversos. Desse modo, apesar de reconhecermos a importância de Darwin, principalmente em relação à obra *A Origem das espécies* como relevância da atual teoria evolutiva, não adotaremos o termo darwinismo como sinônimo de evolucionismo¹⁸.

Logo após a síntese, ocorreu o avanço da biologia molecular, que nos últimos anos tem proporcionado informações essenciais para a compreensão dos mecanismos evolutivos. Mesmo assim, o evolucionismo não sofreu uma revisão significativa e tem resistido a todos os ataques contra ele, nos últimos cinquenta anos. É natural que existam debates a respeito de muitas questões pela própria complexidade desse processo.

De acordo com Mayr (2005), a Biologia é uma ciência constituída por duas áreas bem diferentes: mecanicista (funcional) e histórica. A Biologia funcional trata, juntamente com a fisiologia, de todas as atividades desempenhadas pelos seres vivos. Em último caso, tais processos funcionais podem ser explicados de forma meramente mecanicista, por meio da química e física. A Biologia histórica, embora não seja necessária para a explicação das atividades fisiológicas dos organismos, é fundamental para esclarecer aspectos dos seres vivos que incluem a dimensão de tempo histórico. Tais aspectos trabalham com evolução, portanto esse campo foi denominado Biologia evolucionista. Para Mayr (2005), o evolucionismo diferencia a Biologia de outras Ciências, tornando-a ciência autônoma.

Mayr (2005) considera que a evolução biológica é uma ciência histórica; desse modo, tem sua própria metodologia: a narrativa histórica. Essa característica pode ser explorada no ensino de diferentes áreas como, por exemplo, genética, ecologia e muitas outras, ao desenvolver um processo histórico de acúmulo de informações e de novas explicações sobre as mesmas (CICILLINI, 1993).

¹⁷ Esse estudo será apresentado no próximo capítulo.

¹⁸ Reconhecemos que a questão da identificação do darwinismo com o evolucionismo demanda investigação mais profunda, porém, em função do tempo que a mesma requer, não será possível desenvolvê-la neste estudo.

Segundo Meyer e El-hani (2005), a evolução é considerada como elemento indispensável para compreender de forma adequada a grande maioria dos conceitos e das teorias encontradas nas Ciências Biológicas. Esses autores ainda apresentam alguns argumentos justificáveis para essa forma de pensar da maior parte da comunidade científica. Um deles é um fenômeno biológico bastante comum no nosso cotidiano: a resistência bacteriana a antibióticos, substâncias que matam as bactérias ou impedem a sua proliferação. Para compreender esse acontecimento, é necessário analisá-lo sob perspectiva evolucionista.

O uso de antibióticos, principalmente de modo desnecessário ou de forma inadequada, pode levar à perda da eficiência no combate a bactérias. Esse processo evolutivo pode ser explicado pelo conceito de seleção natural, pois ocorre seleção de bactérias resistentes em meio às sensíveis. As resistentes sobrevivem na presença do antibiótico, que nesse caso é o agente seletivo. A reprodução das mesmas ao longo do tempo resulta em população de bactérias resistentes.

Um outro argumento obtido com o apoio da biologia molecular é a universalidade do código genético. Essa área proporcionou contribuições importantes para o entendimento da evolução biológica, mostrou que o código genético é idêntico em todos os organismos, o que contribuiu para simplificar e unificar a Biologia.

Para Mayr (1998), a biologia molecular pode ser tomada como exemplo de uma área da Biologia que está estritamente relacionado com a evolucionária. Outras interações ativas desenvolveram-se entre o evolucionismo e muitas áreas das Ciências Biológicas. O mesmo autor destaca que, atualmente, estreito relacionamento parece estar ocorrendo entre a biologia evolutiva e o campo da ecologia, além disso para a biologia comportamental considerar os aspectos evolutivos é fundamental. A literatura atual dessas duas áreas, ecologia e etologia, faz essa demonstração.

Como vimos, a compreensão do significado do termo evolução biológica promove a aceitação da existência de relação de parentesco entre as diferentes espécies de seres vivos, o que já é suficiente para se entender por que diferentes áreas de estudo dos seres vivos como a botânica, zoologia, embriologia e tantas outras devem estar incluídas em uma única ciência denominada Biologia. Desse modo, a evolução biológica pode ser considerada o elemento unificador dessa ciência.

Além disso, a evolução biológica procura explicar o processo que deu origem a todas as espécies de seres vivos, portanto devemos lembrar a afirmação de Dobzhansky (1973), que reforça o caráter unificador dessa ciência: “Sem essa luz nada faz sentido na biologia”.

CAPÍTULO 3

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Neste capítulo, indicaremos, com o apoio da História e Filosofia da Ciência, uma orientação para programar a proposta da evolução biológica como princípio organizador da Biologia. Por meio de tratamento histórico-filosófico, ou seja, por meio da História da Biologia, é possível mostrar que a preocupação de Darwin não era exclusiva com relação à descendência humana e que com ele não surgiu apenas uma teoria da evolução, mas um conjunto de teorias.

Encontramos na literatura muitas considerações a respeito da História da Ciência e seu uso no ensino, principalmente por se tratar de área interdisciplinar. Para Martins e Brito (2006), existem muitos estudos e propostas sobre essa questão, sendo que algumas sugerem maior utilização da História da Ciência em sala de aula, enquanto outras se preocupam mais com a qualidade do que com a quantidade, para que não ocorra uma "pseudo-história da ciência"¹⁹. A preocupação em relação à seleção dos fatos históricos é extremamente importante, para evitar que aconteça idéia falsa sobre a real natureza da ciência, ou melhor, para que a ciência não ocorra de forma isolada de outras atividades do seu contexto.

Martins (2006) ressalta que a grande maioria dos livros-texto de todos os níveis, quando apresentam de forma didática os resultados científicos, geralmente destacam os efeitos alcançados pela ciência: as teorias e os conceitos mais aceitos e as técnicas de análise mais utilizadas. Mas, para o autor, outros aspectos da ciência também deveriam ser apresentados nos livros científicos didáticos, tais como: o desenvolvimento das teorias e dos conceitos, a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros acontecimentos históricos ocorridos na mesma época e ainda as relações entre ciência, filosofia e religião.

De acordo com Martins (2006), sem discutir esses aspectos, parece que a ciência é atemporal, está isolada de outras atividades humanas, surge de forma mágica, é algo pronto, imutável e eterno. Para o autor, o estudo de forma adequada de alguns episódios históricos reduziria o desenvolvimento de concepções simples, sem fundamentação

¹⁹ De acordo com Allchin "a pseudo-história da ciência contribui para a formação de uma visão romântica sobre os cientistas, simplificando o processo de construção do pensamento científico, o que leva à formação de falsas idéias". (apud MARTINS; BRITO, 2006, p. 245).

consistente, sobre a real natureza da ciência e sua relação com o contexto social. Isso contribuiria com a desmistificação do conhecimento científico sem negar seu valor. “A ciência não brota pronta, na cabeça de ‘grandes gênios’. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental”. (MARTINS, 2006, p. XVIII).

Desse modo, somente de forma gradativa e por meio de muitas discussões, as idéias inicialmente apresentadas pelos cientistas vão sendo reformuladas e aperfeiçoadas. Por exemplo, Martins e Brito (2006) fazem uma consideração a respeito da teoria da evolução biológica atual e a de Darwin, afirmando que entre as duas existem muitas diferenças. A percepção por parte dos estudantes de que a construção do conhecimento é um processo social e gradativo contribui para visão mais real da natureza da ciência.

Para Alfonso-Goldfarb (2004), a História da Ciência proporciona em suas pesquisas discussões interessantes sobre os vários modelos de conhecimento, o que contribui para repensar o ensino em geral e, principalmente, a educação científica. No que diz respeito aos professores, a autora considera que: “[...] um trabalho desenvolvido sobre a História da Ciência evita que seus alunos sejam tratados como pequenos *gregos*, que devem ser transformados em *joventes Newtons*”. (ALFONSO-GOLDFARB, 2004, p. 88). E em relação aos estudantes: “[...] rompendo com a ladainha sobre superioridade e a predestinação do conhecimento científico, torna-se possível sua maior participação, colocando idéias diferentes do livro-texto e dúvidas”. (ALFONSO-GOLDFARB, 2004, p. 88). Assim, a História da Ciência pode ser incentivo para melhorar o ensino e a educação científica.

Quando se estuda adequadamente um episódio histórico, é possível desmistificar a concepção ingênua acerca do trabalho do cientista, ou seja, “que a ciência não é o resultado da aplicação de um ‘método científico’ que permita chegar à verdade”. (MARTINS, 2006, p. XIX). Do mesmo modo, é possível compreender que a atividade científica é um processo muito complexo, que não segue fórmula como uma receita de bolo.

Segundo Martins (1998), mostrar por meio de acontecimentos históricos que, para se atingir as concepções atuais, ocorreu processo lento de desenvolvimento de conceitos, pode facilitar a aprendizagem do conteúdo específico que o professor estiver trabalhando. O estudante perceberá que suas dúvidas em relação a determinados conceitos são normais, considerando a dificuldade e o tempo da demora para serem estabelecidos. Essa idéia é reforçada, no caso em relação à compreensão da teoria da evolução: “As ‘dificuldades’ dos estudantes para entender a teoria evolutiva seriam menos desconcertantes caso fossem comparadas à resistência para aceitação das idéias de Darwin oferecida pela comunidade

científica.” (RUDOLPH; STEWART apud SANTOS, 2002, p. 32). Para Santos (2002), os empecilhos para a compreensão da Evolução dos seres vivos estão vinculados às circunstâncias nas quais os estudantes se encontram, às suas explicações metafísicas e idéias históricas que permanecem no universo diário.

Algumas recomendações gerais para a aplicação da História e Filosofia da Ciência ao ensino pode ser encontrada na literatura (MARTINS 1998; MARTINS 2006). De acordo com esses autores, quando essas orientações não são consideradas, a História da Ciência pode se tornar obstáculo, ao invés de auxiliar o ensino. As principais orientações são: não reduzir a História da Ciência a nomes, datas e anedotas; evitar biografias longas. Nesse caso, a orientação é para que as “descobertas” não sejam isoladas e descritas fora de seu contexto. Pois, pode ocorrer a falsa impressão de que a ciência é constituída por acontecimentos marcantes, “as descobertas”, feitas por “grandes gênios”, capazes de reparar os erros cometidos pelos “incompetentes” do passado (MARTINS, 2006). Deve-se evitar também a omissão das dificuldades encontradas e as propostas alternativas ocorridas durante o desenvolvimento da pesquisa científica (MARTINS, 1998).

Segundo Martins (2006), não se deve utilizar nomes de cientistas famosos (Darwin, Lavoisier, Newton) para alcançar a aceitação de conhecimentos científicos. O autor também ressalta a importância da distinção entre o *conhecimento científico* e a *crença científica*²⁰. Ele explica que, para adquirir o *conhecimento científico* sobre determinado assunto, não basta apenas conhecer os resultados científicos, é preciso estudar o contexto científico, as bases experimentais, as propostas alternativas da época, assim como a justificativa e a fundamentação do processo de descoberta (ou invenção). Apenas desse modo, é possível compreender a aceitação de determinada teoria. Por outro lado, a *crença científica* é adquirida por meio apenas da apresentação dos resultados científicos, sustentada pelo nome de um cientista famoso.

Podemos perceber, como apresentado anteriormente, que aplicar a História da Ciência ao ensino requer estudo cuidadoso, porém quando feito dessa forma, pode oferecer contribuições importantes para a compreensão da natureza da ciência.

Após destacarmos a importância da aplicação de forma adequada da História e Filosofia da Ciência ao ensino, apresentamos a seguir uma síntese da história do surgimento da teoria da evolução biológica e introduziremos alguns de seus principais personagens.

²⁰ Em relação à diferença entre o significado dos termos crença e conhecimento científicos, existe uma discussão que não é consensual.

Até a metade do século XIX, predominou uma concepção de mundo denominada “fixismo”, na qual a estabilidade era a regra. Idéia segundo a qual todas as espécies de seres vivos foram criadas por ato divino, da mesma forma como se apresentam hoje. De acordo com ela, os seres vivos podem ser ordenados desde as espécies mais simples até as mais complexas, sendo que a ordem atribuída a eles seria apenas imagem da obra de Deus. Tal concepção supõe ainda que os seres vivos e cada uma de suas partes foram planejados pelo Criador para cumprir determinada função na natureza, colaborando para a harmonia da mesma (MEYER; EL-HANI, 2005).

De acordo com Ronan (2001), o questionamento a respeito do princípio da imutabilidade das espécies teve início em meados do século XVIII. Buffon²¹ (1707 - 1788) percebeu que deveria haver algum tipo de origem comum, pelo menos entre os mamíferos. “Entre os que discutiram esse tema estava o filósofo prussiano Immanuel Kant, que considerava a hipótese de todos os animais terem se originado de um ancestral comum”. (RONAN, 2001, p. 8).

Para Mayr (1998), embora Buffon não fosse evolucionista, ele contribuiu de forma positiva para o evolucionismo. De acordo com esse autor, as contribuições incluem: levou a idéia da evolução para o campo da ciência, que a partir daí passou a ser tratada como objeto próprio de pesquisa; desenvolveu o conceito da “unidade do tipo”, que mais tarde originou a anatomia comparada, tornando-se forte evidência a favor da evolução biológica; elaborou nova cronologia da Terra, promovendo a aceitação de ampla escala de tempo; fundou a biogeografia: organização das espécies de seres vivos de acordo com a sua região de origem, mais tarde contribuindo como fonte de evidências para a evolução biológica.

A teoria do francês Georges Louis Leclerc, mais conhecido como conde de Buffon, pode ser resumida da seguinte forma: “a geração espontânea origina um conjunto de seres vivos e estes, sob a influência do ambiente, dão origem a novas formas, aumentando a diversidade de formas vivas”. (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 19).

Outro naturalista francês, Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, cavaleiro de Lamarck (1744 - 1829), assim como Buffon, não acreditava que seres vivos complexos pudessem surgir por geração espontânea. De acordo com Meyer e El-Hani (2005), Lamarck aceitava a idéia de geração espontânea para seres vivos simples, o que contribuiu para que se tornasse um evolucionista. Esses autores consideram que essa aceitação por parte de Lamarck

²¹ “Foi a primeira pessoa a discutir um vasto número de problemas evolucionistas, problemas esses que antes dele não haviam sido levantados por quem quer que seja”. (MAYR, 1998, p. 377).

o fez pensar que organismos complexos só podiam se originar a partir da transformação de seres simples.

Segundo Martins (1997), foi por volta de 1800 que Lamarck²² iniciou a elaboração de sua teoria, atualmente considerada de evolução orgânica. A mesma autora afirma que a versão final da teoria dele foi apresentada em 1815 no primeiro volume do seu tratado sobre invertebrados, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* e depois, em 1820, na sua obra de síntese, *Système analytique des connaissances positives de l'homme*.

Conforme Meyer e El-Hani (2005), Lamarck acreditava que, a partir de cada ser surgido por geração espontânea, uma seqüência linear de aumento de complexidade se estabelecia. Os autores abordam que a idéia da grande cadeia dos seres vivos, proveniente do pensamento fixista, exercia grande influência em Lamarck, e ele se propôs a organizar os seres vivos de modo linear, em níveis crescentes de complexidade. Isso mostra que o conhecimento humano não é construído de forma linear, cumulativa, mas segue padrões complexos. Segundo Meyer e El-Hani (2005), Lamarck encontrou dificuldades quando tentou organizar gêneros e espécies dentro desta seqüência linear, porém não abandonou a idéia da cadeia dos seres vivos. É nesta questão que o ambiente entra na teoria de Lamarck, porém com papel secundário.

Para Lamarck, o ambiente alteraria as necessidades do organismo, provocando mudança de hábitos devido às necessidades de sobrevivência e, como consequência, alguns órgãos seriam mais utilizados que outros, de modo que algumas estruturas poderiam ser desenvolvidas ou atrofiadas. Como Lamarck aceitava em sua época a herança das características adquiridas, ele sugeriu que as modificações decorrentes do uso e desuso seriam transmitidas para as gerações subseqüentes, o que explicaria o fato de muitos seres possuírem órgãos bem desenvolvidos para as funções desempenhadas. (MEYER; EL-HANI, 2005).

É curioso que Lamarck tenha passado à história como o principal defensor da idéia de herança de características adquiridas, uma idéia consensual em sua época, da qual ele jamais reclamou autoria e sobre a qual recaíram as principais críticas à sua teoria, ao passo que idéias que ele próprio considerava centrais em seu pensamento tenham sido esquecidas. (MEYER; EL-HANI, 2005 p. 23).

²² Lamarck usou termos com “progressão”, “aperfeiçoamento”, para indicar o que atualmente é chamado evolução biológica (Martins, 1997).

De acordo com Martins (1998), Martins e Brito (2006), que investigaram a história da evolução biológica apresentada nos livros didáticos de Biologia, na grande maioria desses, os autores descrevem a teoria de Lamarck baseando-se apenas na obra *Philosophie Zoologique* (1809). Apresentam que a teoria é baseada em duas suposições: Lei do uso e desuso e Lei da herança dos caracteres adquiridos; a isso denominam “lamarckismo”. Martins e Brito (2006) afirmam que a teoria de Lamarck é muito mais ampla e que, na sua versão final apresentou mais duas leis.

Segundo Martins (1997), as quatro leis da variação das espécies propostas por Lamarck são as seguintes: (1^a) tendência para o aumento da complexidade; (2^a) surgimento de órgãos em função de necessidades que se fazem sentir e que se mantêm; (3^a) desenvolvimento ou atrofia de órgãos como função de seu emprego; (4^a) herança do adquirido. Lamarck foi o primeiro a apresentar uma teoria naturalista para o surgimento e progressão dos animais na qual a evolução ocorria por meio de causas naturais regulares, sem ação do acaso, sem fatores extraordinários; o que pode ser considerado contribuição formidável para o seu tempo (MARTINS, 1997).

Destacamos ainda outras colaborações com a ciência por parte de Lamarck, como a introdução dos termos vertebrados e invertebrados na sistemática, relacionando respectivamente com a presença ou ausência de ossos, termos utilizados até hoje na taxonomia zoológica. Ainda, por meio da tentativa de explicar a origem do homem, colocou no limite superior da escala e de suas capacidades superiores características como memória e atenção (MARTINS; BRITO, 2006).

Meyer e El-Hani (2005) advertem que o ensino de evolução, ao se tratar da teoria de Lamarck, geralmente é realizado enfatizando a idéia do uso e desuso e, principalmente, da herança dos caracteres adquiridos. Isso se deve principalmente ao fato de que, após Darwin, personagem que apresentaremos logo a seguir, Lamarck passou a ser visto apenas como seu precursor.

Essa visão não é adequada porque não concebe Lamarck como um homem de seu tempo, trabalhando em uma circunstância histórica bem distinta daquela de Darwin e seus sucessores, o que gerou distorções na compreensão do pensamento de Lamarck. (MEYER; EL- HANI, 2005, p. 23).

Considerando que o ensino de Ciências objetiva mostrar como ocorre a construção do conhecimento científico, concordamos com os autores acima, isto é, a História da Ciência pode contribuir para essa compreensão.

De acordo com Mayr (1998), embora o *Philosofe zoologique* (1809) de Lamarck signifique o primeiro estalo do evolucionismo, foram necessários outros cinquenta anos para que a teoria da evolução biológica fosse aceita. O surgimento de nova teoria evolutiva tem início em julho de 1858, com a apresentação dos trabalhos de Charles Robert Darwin (1809 – 1882) e de Alfred Russell Wallace (1823 – 1913) a Linnean Society de Londres.

De acordo com Horta (2003), Wallace escreveu um manuscrito intitulado “*Sobre a tendência das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original*” e, sabendo que Darwin tinha interesse sobre a origem das espécies, enviou-o para saber sua opinião. O autor aborda que Darwin recebeu-o em junho de 1858. Tal manuscrito apresentava um mecanismo para a evolução semelhante à seleção natural, reunindo as noções de variação, luta pela vida e sobrevivência. Segundo Ruse (1995), Darwin teve uma grande crise ao ler esse trabalho, pois como tinha guardado por quase vinte anos tal idéia, não queria que Wallace ficasse conhecido como o único descobridor. Recorreu a Charles Lyell, que sugeriu a divulgação dos dois trabalhos juntos para que eles fossem considerados co-descobridores.

Em 1859, o conteúdo do trabalho de Darwin foi publicado na forma de livro, *A origem das espécies*. Segundo Ronan (2001), foi o mais vendido naquele ano e o responsável por tornar o conceito de evolução cientificamente respeitável.

Segundo Meyer e El-Hani (2005), nessa obra dois aspectos são extremamente importantes. Os autores abordam que o primeiro é o argumento de Darwin em relação à transformação das espécies, a idéia de que a evolução não é processo linear, mas sim processo de diversificação a partir de um ancestral comum. Duas espécies semelhantes teriam se originado a partir de uma única espécie do passado, o ancestral comum, sendo que elas sofreram divergências ao longo do tempo, originando as diferenças atuais. Essa representação da história da vida, sustentada pela idéia da descendência comum adotada por Darwin, é a da árvore da vida e foi por ele denominada de “descendência com modificação” (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 25). O outro aspecto importante é a teoria da seleção natural, mecanismo responsável pelas modificações evolutivas. Em relação a tal teoria, Darwin teve Wallace como concorrente e, conforme já colocado anteriormente, os dois chegaram de forma independente ao princípio da seleção natural.

No capítulo quatro de *A origem*, Darwin apresentou o conceito de seleção natural do seguinte modo:

[...] considerando-se que diversas variações úteis para o homem realmente ocorreram, seria possível duvidar que tenham ocorrido outros tipos de variações para que o ser possa enfrentar melhor a dura e complexa batalha da vida, durante o curso de milhares de gerações? E se tal fato efetivamente ocorreu, acaso poderemos duvidar (é preciso lembrar que nascem muito mais indivíduos do que o número que teriam condições de sobreviver) que indivíduos dotados de alguma vantagem, por menor que seja, tenham maior probabilidade de sobreviver e de se reproduzir? Por outro lado, podemos estar certos de que qualquer variação que se mostre nociva ocasionaria a destruição do indivíduo. É a essa preservação das variações favoráveis e à eliminação das variações nocivas que denomino de *Seleção Natural* ou *Sobrevivência do Mais Forte*. (DARWIN, 2006, p. 143).

Para elaboração desse conceito, Darwin contou com a influência da leitura da obra do clérigo e economista político Thomas Malthus (1766 – 1834), intitulada *Um ensaio sobre o princípio da população*. “No livro surgido em 1798, Malthus argumentara que, a menos que fosse controlado, o crescimento da população ultrapassaria qualquer possível aumento da produção de alimentos”. (RONAN, 2001, p. 15). Assim, Darwin conclui que as espécies sobreviventes deviam ser as mais adaptadas ao seu meio ambiente.

Segundo Mayr (1998), o que fez com que a maioria dos biólogos aceitasse a teoria da evolução biológica, depois de 1859, foi o fato de Darwin ter demonstrado o potencial evolutivo das espécies, possibilitando dessa forma a teoria da descendência comum, que explicava quase integralmente a grande diversidade biológica.

Essa nova maneira de encarar o problema da evolução Darwin não a deveu a Lamarck ou a qualquer outro dos seus assim chamados precursores. Todos eles se preocupavam com a evolução vertical, com a perfeição ascendente, com a evolução em grande estilo. Foi muito mais Lyell, o antievolucionista, que deu a contribuição crucial, operando a ação reducionista de dissecar o movimento evolutivo em seus elementos, as espécies. (MAYR, 1998, p. 453).

Nesse caso, Darwin aceitou e incorporou a proposta de Charles Lyell, ou seja, estudar a origem da espécie era o ponto fundamental para a compreensão da relação existente entre os seres vivos e o meio em que vivem.

De acordo com Almeida e Falcão (2005), Darwin adotou também teorias de naturalistas que o antecederam; no caso de Lamarck, idéias como: a ação do ambiente como causa das variações, a “lei do uso e desuso” e a “herança dos caracteres adquiridos”. Conforme os autores, para justificar e explicar a última idéia acolhida, Darwin elaborou a hipótese da pangênese. Ele propôs que as células de todas as partes do corpo forneciam pequenas estruturas denominadas gêmulas, que circulavam no organismo, indo para as

gônadas onde eram incorporadas aos gametas. Mais tarde aceitou de outros naturalistas da época a idéia da hereditariedade de miscigenação ou intermediária, a qual sugeria que a descendência apresentava características intermediárias como resultado da mistura das dos progenitores.

Conforme Martins (2006), o próprio Darwin explicou, na sexta edição de *A Origem*, que a seleção natural era o principal, mas não o único meio de modificação das espécies. Ele estabeleceu uma correspondência entre a seleção natural e a artificial exercida pelos criadores de animais domésticos e plantas produzidas em hortas e jardins, para explicar o mecanismo da seleção natural. “[...] as raças e variedades produzidas por estes em seus cruzamentos selecionados, serviram de argumento empírico para explicar o mecanismo da seleção natural”. (ALMEIDA; FALCÃO, 2005, p. 23). Após receber algumas críticas em função dessa analogia, Darwin apresentou teoria auxiliar, afirmando que as variações deveriam ser favoráveis e simultâneas para atuar de forma efetiva e, ainda, uma outra: algumas variações poderiam ser neutras (ALMEIDA; FALCÃO, 2005).

Segundo Almeida e Falcão (2005), uma outra teoria proposta por Darwin foi a do gradualismo contínuo, isto é, a natureza não dá saltos. Ele defendeu um processo evolutivo gradual, baseado na transformação das diferenças existentes em espécies novas entre os indivíduos de uma população.

Almeida e Falcão (2005) consideram que a seleção sexual foi outro recurso utilizado por Darwin para contribuir com a explicação sobre as modificações das espécies; neste caso, ele teve o cuidado de diferenciá-la da seleção natural. Para Darwin (2006), indivíduos pertencentes à mesma espécie e do mesmo sexo podem apresentar vantagens em relação à reprodução. De acordo com Ridley (2006), uma estrutura produzida nos machos pela seleção sexual não existe apenas por causa da luta pela sobrevivência, mas sim porque oferece a eles que a possuem vantagem sobre os demais, na competição por companheiras. “A idéia de Darwin era de que a sobrevivência reduzida dos pavões com caudas longas, multicoloridas, era mais do que compensada por sua ‘vantagem reprodutiva’ aumentada”. (RIDLEY, 2006, p. 356).

De acordo com Almeida e Falcão (2005), Darwin recebeu várias críticas sobre a adoção da hereditariedade intermediária; uma delas referia-se à possibilidade de que as pequenas variações poderiam ser eliminadas por meio dessa herança. Esses mesmos autores abordam que, nas últimas edições de *A Origem*, ele deu ênfase à ação do ambiente ou ação direta das condições externas; o argumento utilizado foi que a ação direta das alterações ambientais era capaz de transformar a população num determinado sentido. Darwin ainda

propôs a “[...] hipótese observacional de que os organismos possuiriam *uma tendência a variar numa mesma direção*, impedindo assim a ação dissolvente da hereditariedade intermediária”. (ALMEIDA; FALCÃO, 2005, p. 24).

Para Mayr (1998), foi a constatação da unicidade de cada ser que provavelmente causou uma revolução no pensamento de Darwin, ou melhor, perceber a importância do indivíduo levou-o a transpor do pensamento tipológico para o populacional. Nesse sentido, é importante destacar a afirmação de Futuyama (2002, p. 70): “Darwin modificou o princípio malthusiano de competição aplicando-o não apenas à competição entre espécies, mas também à competição entre organismos individuais dentro de uma mesma espécie”. Darwin pensou em termos de populações variáveis, constituídas de indivíduos diferentes e únicos.

Mayr (1998) acrescenta que, ao adotar o pensamento de população, Darwin produziu uma das revoluções mais importantes no pensamento biológico. Essa forma de pensar está diretamente ligada à rejeição do pensamento essencialista²³.

Apresentamos as principais idéias propostas por Darwin, e, na perspectiva do presente estudo, é importante destacar que, diante da complexidade do seu trabalho, fica claro que sua proposta de evolução dos seres vivos não tinha como foco apenas a origem do homem; aliás, de acordo com Almeida e Falcão (2005), dois assuntos Darwin tratou com muita prudência e resistência durante o desenvolvimento de sua teoria: a origem do homem e a origem da vida. Quanto à origem da espécie humana, Darwin abordou o tema dez anos após a publicação de *A Origem*, em outra obra intitulada *A descendência humana*, como já colocado na introdução.

Futuyma (2002) considera que, embora a idéia da evolução não seja original de Darwin, a evidência por ele fornecida foi tão poderosa que provocou forte reação (especialmente de base religiosa) e, com exceção de alguns cientistas de destaque, em cerca de vinte anos, converteu grande parte da população humana. Por outro lado, o mecanismo de seleção natural foi pouco convincente até próximo a 1930.

De acordo com Meyer e EL-Hani (2005), para compreender a discussão existente em relação à seleção natural, é importante fazer a distinção entre a natureza do pensamento darwinista no período entre 1860 a 1880 e o final do século XIX. Durante mais ou menos vinte anos após a publicação de *A origem das espécies*, o darwinismo apresentou-se de forma maleável em relação à probabilidade da existência de outros mecanismos evolutivos.

²³ A variação da natureza pode ser reduzida a um número limitado de classes básicas, representando tipos constantes e bem definidos (MAYR, 2008).

O fato de Darwin ter aceitado teorias de outros naturalistas que o precederam, como por exemplo, a herança das características adquiridas em sua teoria, contribuiu para essa flexibilidade. Na década de 1880, o debate sobre a seleção natural atingiu outra condição; isso aconteceu quando o biólogo alemão August Weismann (1834 – 1914) contestou a herança das características adquiridas. Assim, em seguida, a influência do legado lamarckiano passou a ser questionado. “No início, Weismann sugeriu que praticamente toda a evolução era movida pela seleção natural, mas, posteriormente, ele recuou dessa posição”. (RIDLEY, 2006, p. 37).

Na virada do século XX, poucos naturalistas acreditavam nessa seleção; nesse período, as idéias de Mendel sobre hereditariedade foram redescobertas e, inicialmente, pensou-se que elas contrariavam tal teoria. Entre os mendelianos desse período posicionados contra a seleção natural estavam Hugo de Vries e William Bateson (RIDLEY, 2006). Somente por ocasião da “síntese evolucionista” nos anos 1930 é que ela acabou sendo aceita pela maioria dos biólogos, como o único mecanismo orientador da evolução (MAYR, 1998).

Por volta de 1930, Ronald Aylmer Fisher (1890 – 1962), John Burdon Sanderson Haldane (1892 – 1964) e Sewal Wright (1889 – 1988) demonstraram que herança mendeliana é compatível com o mecanismo da seleção natural, e a síntese dessas duas idéias determinou o surgimento do *neodarwinismo*, ou *teoria sintética da evolução*, ou *síntese moderna*. A reconciliação entre mendelismo e evolucionismo inspirou novas pesquisas genéticas, tanto em campo como em laboratório e, durante as décadas de 1930 e 1940, a teoria sintética da evolução espalhou-se por várias áreas das Ciências Biológicas tornando-se assim bastante aceita (RIDLEY, 2006).

Desde a síntese evolutiva, o estudo dos mecanismos da evolução tem crescido para incorporar novas informações. A partir de 1953, quando Watson e Crick propuseram a estrutura do ácido desoxirribonucléico (DNA), base molecular da hereditariedade, ocorreu uma compreensão mais profunda da natureza da mutação e da variação genética, provocando a revelação de novos fatos que enriqueceram e, algumas vezes, desafiaram a teoria sintética da evolução. O conceito de seleção natural foi ampliado e passou a incluir não só a sobrevivência e reprodução diferenciadas dos organismos individuais, como também genes, grupos de parentes, populações e espécies (FUTUYMA, 2002).

Na medida em que diferentes áreas do conhecimento biológico, tais como ecologia, etologia, foram incorporando-se à biologia evolutiva, foi ficando cada vez mais claro que as características dos organismos são determinadas, em parte, pelos mecanismos que traduzem genótipos em fenótipos e estes, por sua vez, são produtos da história evolutiva (FUTUYMA, 2002).

A teoria da evolução é um conjunto de afirmações interligadas sobre seleção natural e outros processos que, conforme se pensa, causam a evolução, assim como a teoria atômica da química e a teoria da mecânica newtoniana são conjuntos de afirmações que descrevem causas de fenômenos químicos e físicos. Diferentemente, a afirmação de que organismos descenderam, com modificações, a partir de ancestrais comuns – a realidade histórica da evolução – não é uma teoria. É um fato, tanto quanto o fato das revoluções da Terra ao redor do Sol. (FUTUYMA, 2002, p. 15).

Para a comunidade científica, como já citado anteriormente, esse é um ponto não mais discutido, ou seja, a afirmação de que os organismos descenderam, com modificações, a partir de ancestrais comuns, não é apenas uma teoria, mas sim um fato. Mayr (2008) nos fornece uma explicação em relação à diferença entre fato e teoria. Segundo ele, esta nunca é convertida em um fato, mas sim substituída por ele. Em 1859, as idéias de Darwin sobre a inconstância das espécies e sobre a origem comum eram consideradas teorias. Porém, surgiram tantas evidências a favor das mesmas e nenhuma contra-evidência que os biólogos passaram a aceitá-las como fatos²⁴.

Por tudo que foi colocado anteriormente em relação ao debate sobre a evolução biológica não se limitar apenas ao meio científico e por ser considerada o princípio organizador da Biologia, atendendo a todas as áreas interessadas pelo estudo dos seres vivos, recorremos à Filosofia da Ciência para nos apoiar nessas questões, a qual servirá para justificar tal idéia.

Mayr (2008) afirma que atualmente existe relação muito próxima entre a Filosofia e a Biologia, o que pode ser confirmado pela grande quantidade de artigos publicados sobre esse assunto. Durante grande período do século XX, a Filosofia da Ciência tomou a Física como modelo ideal de ciência, não permitindo dessa forma muito espaço para a Biologia. Desse modo, muitas propostas baseadas em leis²⁵ e lógicas não se aplicavam à explicação do desenvolvimento de teorias na área da evolução biológica. Karl Popper (1902 - 1994), filósofo da ciência, ao perceber essa falha, concluiu: “[...] o darwinismo não é uma teoria científica passível de teste, mas um programa de pesquisa metafísico”. (MAYR, 2008, p. 85).

Podemos dizer que Filosofia da Ciência teve um desenvolvimento significativo no século XX; isso pode ser confirmado com o surgimento de diferentes correntes sobre o *progresso científico* ou *avanço científico* e o papel da ciência. Conforme Mayr (2008), o termo progresso científico significa o estabelecimento de novas teorias,

²⁴ Para Mayr (2008), fatos são propostas empíricas (teorias) que têm sido repetidamente confirmadas e nunca refutadas. No entanto, reconhecemos que existe discussão maior entre o que é fato e teoria.

²⁵ “As leis se referem a processos com resultado previsível”. (MAYR, 2008, p. 94).

capazes de explicar as coisas mais e melhores do que as anteriores, sendo menos vulneráveis à contestação. Para entender como esse avanço ocorre principalmente em relação à evolução biológica, podemos recorrer, como já apresentado na introdução deste trabalho, às idéias dos filósofos da ciência Thomas Kuhn e Larry Laudan. A seguir, apresentaremos resumidamente a tese central de Kuhn e justificaremos por que não será utilizada como referencial teórico para nossa pesquisa.

O filósofo Thomas Kuhn (1922 - 1996), escritor em 1962 do clássico, *A estrutura das revoluções científicas*, considera que o desenvolvimento científico ocorre tanto de forma progressiva como revolucionária. De acordo com Kuhn (2005) tal desenvolvimento é produzido sob a luz de um *paradigma*, considerado por ele como o conjunto de procedimentos provenientes de práticas científicas das gerações passadas reconhecido universalmente, capaz de fornecer modelos de soluções para determinados problemas que a comunidade científica atual está enfrentando. Para Kuhn, trabalhar sob a orientação de um paradigma é praticar a *ciência normal*, definida como período da pesquisa científica baseada em realizações passadas, reconhecidas por determinada comunidade de cientistas como provedoras dos fundamentos essenciais para sua prática científica. Kuhn (2005) considera que nesse período os pesquisadores articulam e desenvolvem o paradigma em busca de soluções para os problemas que ele mesmo identificou e, desse modo, servirá de orientação para explicar e conciliar aspectos relevantes e conflitantes que surgem durante o desenvolvimento da pesquisa. A ciência normal não se propõe à formulação de novas teorias para determinar novos fatos. No entanto, no decorrer da investigação, podem surgir fatos e resultados que não se ajustam, apesar de todos os esforços da comunidade científica, com o paradigma vigente e, assim, surge um período de *crise*. Essa nova situação pode ser resolvida com a adoção de um novo paradigma, que, adquirindo grande número de adeptos, provoca o abandono do anterior. A imposição de tal paradigma, totalmente diferente do anterior, constitui o que Kuhn denominou *revolução científica* (KUHN, 2005).

Segundo Kuhn (2005), uma teoria pode se transformar num paradigma desde que seus seguidores a considerem melhor que suas competidoras, sem necessariamente explicar todos os fatos com os quais pode ser confrontada. Desse modo, poderíamos utilizar Kuhn como nosso referencial teórico e considerar paradigma a teoria da evolução biológica, alternativa essa, já apresentada na introdução desse estudo. No entanto, encontramos alguns problemas em relação a essa escolha.

Além das dificuldades referentes ao significado do termo *paradigma*, criado por Kuhn e criticado por vários autores, de acordo com Mayr (2008), quase todos os

pesquisadores, na tentativa de aplicar a tese de Kuhn às mudanças teóricas em Biologia, acabaram percebendo que ela não é adequada a essa área. Para Mayr (2008), quando determinada comunidade científica introduz um novo paradigma, não há, como afirma Kuhn, necessariamente o abandono completo do antigo. O autor exemplifica um caso na história do desenvolvimento da evolução biológica no qual três ou quatro paradigmas coexistiram por longo período: “Depois que Darwin e Wallace propuseram a seleção natural como mecanismo da evolução, o saltacionismo²⁶, a ortogênese²⁷ e o lamarckismo competiram com o selecionismo pelos oitenta anos seguintes”. (MAYR, 2008, p. 138). Nesse caso, somente por ocasião da síntese evolucionista em 1940, os paradigmas concorrentes da seleção natural foram derrubados.

Greene (apud BIZZO 1991, p. 65) analisou a tese central de Kuhn sobre o desenvolvimento científico e concluiu ser problemática sua aplicação nas Ciências Biológicas. Especialmente no caso do darwinismo, o autor afirma que ele não apresenta todas as características de um paradigma, como propõe Kuhn. Segundo ele, o paradigma kuhniano explica apenas alguns aspectos do desenvolvimento da História Natural. Para Mayr (2008) é inegável que *A Origem das espécies* de Darwin gerou verdadeira revolução científica, mas, ainda assim, não se enquadra em todas as especificações de Kuhn. Segundo Mayr (2008), a análise da revolução darwinista encontra dificuldades consideráveis, porque esse paradigma, na verdade, consiste em todo um pacote de teorias, sendo cinco as principais (citadas no capítulo dois).

Desse modo, buscamos apoio nas idéias e teorias do filósofo da ciência Larry Laudan, o qual apresenta concepção próxima de Thomas Kuhn e que servirá de orientação para explicar que a compreensão da evolução biológica é fundamental para entender as demais áreas da Biologia.

De acordo com Laudan (1977), a ciência tem por objetivo produzir teorias eficientes na resolução de problemas *empíricos* estimulantes da investigação. As teorias também são desenvolvidas com o objetivo de evitar ou resolver problemas *conceituais* e atípicos deixados por seus antecessores. Olhando a investigação científica por esse foco, fica claro que a avaliação de uma teoria implica coerência e capacidade de solucionar problemas *empíricos e conceituais*. Desse modo, para entender a proposta de Laudan (1977), apresentada em seu livro *O progresso e seus problemas*, é importante distingui-los. No entender do autor,

²⁶ “Crença de que a mudança evolutiva é resultado da origem repentina de um novo tipo de indivíduo, que se torna progenitor de um novo tipo de organismo”. (MAYR, 2008, p. 406).

²⁷ “Crença em uma força ou tendência intrínseca que conduz uma linhagem filogenética rumo a um objetivo predeterminado, ou ao menos a uma maior perfeição”. (MAYR, 2008, p. 404).

problemas empíricos são aqueles que assumem a existência de certos objetos, apresentam uma história, portanto precisam de explicação. Como exemplo na Biologia podemos citar: como é a estrutura molecular do DNA ? Ou ainda: por que a molécula do DNA é uma dupla hélice? Para a solução desse problema, parte-se de pressupostos do estudo do DNA, considerados como verdadeiros, ou pelo menos assim se admitem. Problemas conceituais são indagações a respeito da consistência conceitual das teorias, desenvolvidas para solucionar problemas empíricos, mesmo quando essas são bem sucedidas (LAUDAN, 1977).

Para Laudan (1977), tanto na literatura sobre inferência científica como na própria prática, o termo “teoria” pode ter dois significados. Ele considera, em primeiro lugar, que o vocábulo é usado com frequência para designar: “um conjunto específico de doutrinas relacionadas, geralmente chamadas ‘hipóteses’ ou ‘axiomas’ ou ‘princípios’, que pode ser utilizado para fazer previsões experimentais específicas ou explicar de forma detalhada fenômenos naturais”. (LAUDAN, 1977, p. 71). Em segundo lugar, também pode ser utilizado para se referir de modo mais geral a um conjunto de doutrinas ou suposições que dificilmente são testadas. Em resumo, no segundo significado, Laudan sugere distinção entre dois tipos de teorias: *específicas* e *gerais*. Como exemplo de teoria geral, Laudan cita a da evolução biológica. Ele explica que ela não se refere a uma única teoria, mas sim a um espectro inteiro de teorias individuais, ou seja, a um conjunto de teorias, que partem da suposição de que as espécies biológicas têm linhas comuns de descendência. Para Laudan, sem estabelecer a distinção entre teorias específicas e gerais, “é impossível ter uma teoria de progresso científico que seja consistente historicamente e adequada filosoficamente”. (LAUDAN, 1977, p. 72).

Nesse sentido, Laudan (1977) concorda que a compreensão do desenvolvimento científico deve ocorrer por meio das teorias gerais. Assim, propôs um modelo alternativo para explicar o progresso científico, e a teoria geral foi denominada *tradição de pesquisa*, definida por ele da seguinte forma: “é um conjunto de suposições gerais acerca das entidades e processos de um domínio de estudo, e sobre os métodos apropriados que devem ser utilizados para a investigação dos problemas e construção de teorias neste domínio.” (LAUDAN, 1977, p. 81).

Para entender melhor o que é tradição de pesquisa, é importante conhecer acerca de sua natureza, ou seja, diferentes tradições apresentam algumas características em comum: são constituídas por várias teorias específicas, sendo algumas contemporâneas e outras, sucessoras; exibem certos compromissos ontológicos e metodológicos, que, em conjunto, individualizam e diferenciam uma de outras; passam por várias formulações

detalhadas e geralmente têm história longa, que se estende por um período significativo de tempo (LAUDAN, 1977).

De forma resumida, tal tradição de pesquisa fornece um conjunto de orientações para o desenvolvimento de teorias específicas, além de ser também um conjunto de pressupostos ontológicos e metodológicos. Assim, parte dessas orientações constitui um guia ontológico²⁸, que especifica os tipos de entidades presentes no campo de determinada tradição de pesquisa. E ainda, as teorias específicas têm por objetivo explicar todos os problemas empíricos no domínio, reduzindo-os à ontologia da tradição de pesquisa. A outra parte constitui um guia metodológico, orientando sobre os procedimentos metodológicos (LAUDAN, 1977).

A tradição de pesquisa está associada com uma série de teorias específicas, nas quais são desenvolvidas de modo particular para explicar os pressupostos ontológicos e para delinear ou satisfazer sua metodologia. Muitas dessas teorias serão mutuamente rivais inconsistentes, porque algumas delas representam tentativas para melhorar e corrigir suas antecessoras. Geralmente as que constituem tradição de pesquisa podem ser empiricamente testadas, enquanto tal tradição não o é diretamente. Ela não dá respostas detalhadas a perguntas específicas, mas oferece soluções para problemas específicos, ou ainda pode definir os que serão investigados pelas teorias. Explicando melhor, uma tradição de pesquisa tem por finalidade proporcionar as ferramentas fundamentais para resolver tanto problemas conceituais como empíricos (LAUDAN, 1977).

Quanto ao modo de avaliação de tal tradição, Laudan (1977) entende que ela é medida por meio das suas teorias em relação à capacidade de resolver problemas.

Para Laudan (1977), a pesquisa histórica é capaz de identificar a tradição de pesquisa a qual determinada teoria pertence. Nesse sentido, Laudan é seguidor de Kuhn, ao concordar que o estudo do desenvolvimento científico deve ser feito por meio da historiografia da ciência. Porém, enquanto Kuhn defende a existência de um único paradigma na fase da ciência normal, no entender de Laudan, tradições de pesquisa rivais podem conviver. Laudan (1977) afirma que as teorias associadas a determinada tradição de pesquisa sofrem alterações ao longo do tempo, sem implicar necessariamente o surgimento de uma nova. Para ele, o que a caracteriza é o seu progresso científico.

Assim, utilizaremos Laudan como nosso referencial; desse modo corroboramos com a sua idéia de que a evolução biológica é uma tradição de pesquisa, pois

²⁸ Especifica aquilo que existe (observável).

fornece orientações gerais continuamente, por meio de suas várias teorias específicas. Se o que a caracteriza é o seu progresso científico, então podemos questionar se a tradição de pesquisa evolucionista orientou, ou se ainda orienta diferentes campos de pesquisa das Ciências Biológicas. A seguir, apresentaremos alguns exemplos que ajudam a responder a essa questão, os quais seguem a historiografia encontrada em Mayr (2008).

Segundo Mayr (2008), depois que Darwin propôs a teoria da descendência comum, ocorreu uma explosão na pesquisa filogenética; áreas como a anatomia comparada e a paleontologia, após 1860, passaram a se dedicar à busca da posição filogenética de determinados táxons²⁹ (grupos distintos de organismos), principalmente os primitivos e diferentes. A teoria da origem comum estimulou os taxonomistas a investigar qual o parente mais próximo de determinado grupo de organismos, para reconstruir seu ancestral comum. “A maior parte das classificações atuais foi desenvolvida durante o auge da anatomia comparada, no período imediatamente posterior a Darwin”. (MAYR, 2008, p. 194).

De acordo com Mayr (2008), nos últimos anos ocorreu discussão acerca de que o grande avanço da biologia molecular exigia revisão do evolucionismo atual. Ele considera que as descobertas ocorridas nesta área, importantes para a evolução biológica, relacionam-se com a natureza, a origem e a quantidade de variabilidade genética. Desse modo, no seu entender não se justifica alterar a teoria evolutiva atual, uma vez que toda variação produzida por essas novas descobertas moleculares são submetidas à ação da seleção natural. As descobertas moleculares relevantes para a evolução biológica são: o programa genético (DNA) constitui apenas a informação para se definir o fenótipo; a informação contida nas proteínas não pode ser traduzida de volta em ácidos nucleicos; além do código genético, quase todos os mecanismos moleculares básicos são os mesmos em todos os organismos, procariontes e eucariontes (MAYR, 2008). Portanto, podemos considerar que todos esses processos são compatíveis com a tradição de pesquisa evolucionista.

Para Mayr (2008), a ecologia é outra área da Biologia que, após a publicação de *A origem das espécies*, sofreu grande influência da tradição de pesquisa evolucionista. Nesse campo as questões centrais passaram a ser sobre as adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais dos seres vivos em relação ao ambiente em que vivem. Mayr (2008) afirma que Darwin explicou de forma detalhada uma situação denominada competição, podendo ocorrer tanto em indivíduos da mesma espécie como entre os de espécies diferentes, quando estão no mesmo ambiente, utilizando o mesmo recurso para

²⁹ “Grupo monofilético de organismo que compartilham um conjunto definido de caracter que são distintos o suficiente para merecerem um nome formal”. (MAYR, 2008, p. 407).

sobreviver. A competição intra-específica é um dos mecanismos mais importantes da seleção natural.

Atualmente diversas áreas diferentes de pesquisa na Biologia, como a paleontologia, a etologia, a genética do desenvolvimento, têm desenvolvido estudos que reforçam a importância da seleção natural como meio para explicar a evolução dos seres vivos. Tal teoria está sendo cada vez mais ampliada. Existem várias provas, que demonstram, por meio de exemplos atuais, a ação da seleção natural. Os mais conhecidos são: a resistência das pragas agrícolas aos inseticidas; a resistência de bactérias a antibióticos; o mimetismo observado em muitos seres vivos; o gene da anemia falciforme e sua relação com a malária e, ainda, a evolução da resistência a drogas no vírus que causa a AIDS, vírus da imunodeficiência adquirida (HIV).

Finalmente, é importante lembrar que a seleção natural é apenas uma entre tantas outras questões presentes nas Ciências Biológicas. À medida que cresce o desenvolvimento de pesquisas nessa área, nos mais variados campos, por exemplo, a ecologia, a etologia, a paleontologia, a genética do desenvolvimento, a compreensão da evolução biológica e de seus mecanismos vão se tornando mais claros. Nesse caso, concordamos com a maior parte da comunidade científica que considera a evolução biológica o eixo central e unificador da Biologia.

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo, apresentamos a tentativa de solução para o segundo problema de nosso trabalho, ou seja, como aplicar a proposta da evolução biológica orientando diversos conteúdos da Biologia. Colocaremos em prática por meio da análise do livro didático. O objetivo, portanto, consiste em verificar se a *tradição de pesquisa* proposta por Laudan (1977), no que diz respeito à evolução biológica, está presente em determinados conteúdos do livro didático de Biologia do Ensino Médio.

De acordo com Freitag, Motta e Costa (1993), no sistema de ensino brasileiro, o livro didático estabelece o roteiro de trabalho para o ano letivo, contribui com o professor no planejamento e na organização de suas atividades em sala de aula e ainda ocupa os alunos por um grande período em classe e em casa na realização das tarefas escolares. Para os autores são importantes a consciência e a responsabilidade do professor em relação à escolha do livro didático.

El-Hani e Kawasaki (2002) realizaram análise das definições de vida apresentadas nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio e consideraram que “[...] estes constituem, no Brasil, o principal meio de transposição de conteúdos do conhecimento científico para o conhecimento escolar”. (KAWASAKI; EL-HANI, 2002).

Nos últimos anos, o livro didático tem despertado o interesse de boa parte dos pesquisadores da educação, fato comprovado pelo aumento de artigos relacionados ao seu estudo e análise. Segundo Bittencourt (2004), o livro didático é objeto contraditório, que gera muitas discussões e críticas de vários segmentos, porém sempre foi considerado o instrumento fundamental no ensino. A autora admite que, além das discussões no campo educacional, elas se estendem ao setor econômico relacionado à produção dos livros didáticos e também ao Estado, a partir do momento que passou a exercer o papel de consumidor dessa produção.

De acordo com Fracalanza e Megid Neto (2006), a opção pelo livro didático como objeto de investigação parece decorrer de dois fatores. Os autores abordam que o primeiro está relacionado ao aumento do número de vagas nas escolas de Ensino Fundamental e Médio a partir dos anos 60; o que levou também ao aumento do número de professores e, para muitos desses, o livro didático passou a ser a principal ferramenta de trabalho. O segundo ponto se refere à nova conjuntura de alunos das escolas públicas, a maior parte de famílias

com baixo poder aquisitivo. Desse modo, o Estado passou a adquirir e distribuir gratuitamente os livros didáticos.

O processo de distribuição de livros e materiais didáticos pelo Ministério da Educação do Governo Brasileiro teve início em 1938, quando o decreto-Lei nº 11.006 instituiu a Comissão Nacional do Livro Didático, especificando condições para a produção, importação e utilização do livro didático no Brasil. O programa sofreu várias reformulações em sua estrutura, e a execução passou por vários órgãos diferentes, como exemplo podemos citar a Fundação Nacional de Material Escolar (FENAME), criada com o objetivo de produzir e distribuir material didático às instituições escolares (HOFLING, 2006).

Em 1985, por meio do Decreto-lei nº 91.542, o programa do livro didático sob execução da Fundação de Assistência ao Estudante (FAE) foi denominado Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e passou a distribuir os livros escolhidos pelos próprios professores. A meta estabelecida era atender todos os alunos de 1ª a 8ª séries do Ensino Fundamental das escolas públicas federais, estaduais, territoriais, municipais e comunitárias do país (HOFLING, 2006).

De acordo com Fracalanza e Megid Neto (2006), somente em 1994, ocorreu melhoria em relação à qualidade do livro didático brasileiro, após a implantação por parte do Ministério da Educação e Cultura (MEC) de medidas para avaliá-lo.

Segundo Bizzo (2000), a primeira avaliação oficial de livros didáticos realizada pelo PNLD ocorreu em 1996. De acordo com esse autor, desde essa época, quando erros graves conceituais foram apresentados à imprensa, vários livros, até aquele momento os mais vendidos aos governos estadual e federal, foram excluídos da lista dos aprovados. A partir de 1998, as editoras providenciaram as correções necessárias conforme critérios do programa, além de buscarem renovar seus livros didáticos com coleções novas e ainda com outros autores.

Atualmente, a avaliação de tais obras é realizada por uma equipe de especialistas pertencentes a várias áreas das Ciências Biológicas e da pesquisa em ensino de Biologia. Essa análise oferece subsídios para a elaboração do Guia dos Livros Didáticos. Desse modo, o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), órgão responsável pela execução do PNLD desde 1997, (após a extinção da FAE), publica e encaminha o Guia às escolas públicas. Para a escolha do livro didático, o professor recebe, então, tal guia que contém os livros selecionados, com suas respectivas resenhas de acordo com critérios estabelecidos pelo programa (HOFLING, 2006).

O PNLD só passou a atender o Ensino Médio após implantação, em 2004, do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM). Inicialmente, o programa considerou apenas a distribuição de livros didáticos das disciplinas de Português e Matemática. Porém, em 2007, o de Biologia passou a fazer parte do programa e foram distribuídos a todos os alunos e professores do Ensino Médio das escolas públicas do Brasil, com exceção do estado de Minas Gerais que possui programa próprio para esse fim (BRASIL, 2007).

O livro didático de Biologia, assim como o de várias outras disciplinas do Ensino Médio, pode se apresentar em volume único, quando utilizado nas três séries desse nível de ensino, ocorrendo dessa forma compactação do conteúdo. Ou eles se apresentam em forma de coleção, com volumes específicos para cada uma das séries do Ensino Médio.

No Brasil, em relação à abordagem dos conteúdos no ensino de Biologia, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) afirmam que um tema de relevância central no ensino de Biologia é a origem e evolução da vida. “Conceitos relativos a esse assunto são tão importantes que devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas”. (BRASIL, 2006(a), p. 22).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), que foram propostos como orientações complementares ao PCNEM, reconhecem que os temas mais importantes da Biologia dizem respeito à compreensão da vida na Terra, destacando as conseqüências da crescente tecnologia e da intervenção humana. Desse modo, foram propostos seis temas estruturadores. O sexto, trata da origem e evolução da vida. Além dele abordar de maneira específica esse assunto, as orientações curriculares para o Ensino Médio consideram que:

[...] é importante assinalar que esse tema deve ser focado dentro de outros conteúdos, como a diversidade biológica ou o estudo sobre a identidade e a classificação dos seres vivos, por exemplo. A presença do tema *origem e evolução da vida* ao longo de diferentes conteúdos não representa a diluição do tema evolução, mas sim a sua articulação com outros assuntos, como elemento central e unificador no estudo da Biologia. (BRASIL, 2006(a), p. 22; grifo do autor).

De acordo com Cicillini (1993), os conteúdos sobre evolução biológica, apesar de presentes nas propostas curriculares e nos livros didáticos, quase não são trabalhados em sala de aula e, quando o são, aparecem apenas como um tópico a mais do programa. A autora ainda comenta que no sistema de ensino brasileiro a inclusão desses conteúdos geralmente se apresenta como um dos últimos tópicos do programa, podendo ser

uma forma camuflada de evitar assunto polêmico. “Dessa forma, ‘não dá tempo de acabar o programa’ passa a ser a justificativa manifestada por alguns professores de Biologia quando perguntados se abordam os conteúdos de evolução”. (CICILLINI, 1993, p. 32).

Tidon e Lewontin (2004), como já apresentado no capítulo um, também concorda com tal afirmativa, achando ser esse o motivo para que esse conhecimento não alcance a sala de aula.

Para este estudo é importante destacar que geralmente, quando se trata de livros didáticos de Biologia, apresentados em volumes específicos para cada uma das séries do Ensino Médio, o conteúdo sobre evolução biológica geralmente encontra-se no volume três como o penúltimo capítulo. Apesar dessa divergência de opiniões ser extremamente importante, neste trabalho analisaremos se os livros didáticos têm adotado o evolucionismo como princípio organizador da Biologia.

No capítulo anterior, apresentamos, segundo a concepção histórico-filosófica, que de acordo com Laudan (1977) a evolução biológica é uma *tradição de pesquisa* e não apenas teoria. Desse modo, a partir da idéia central de que as espécies de seres vivos têm linhas comuns de descendência, existe um grupo de teorias para explicar a forma como eles evoluem e, por meio dessas teorias individuais, o evolucionismo é capaz de orientar diferentes áreas da Biologia. Esse conceito proposto por Laudan esclareceu melhor a concepção de que o tema evolução da vida deve permear os conteúdos biológicos. Assim, utilizando Laudan como nosso referencial teórico, faremos a análise dos livros didáticos, para verificar se a tradição de pesquisa evolucionista está presente em determinados conteúdos da Biologia.

Para compor a amostra de quatro livros didáticos, além de escolher os de autores já conhecidos há algum tempo, adotamos também, como critério para seleção, que os analisados deveriam estar incluídos na lista das obras indicadas pelas avaliações do PNLEM 2007. Considerando que os livros de volume único apresentam o conteúdo de forma bastante condensada, quando comparados com os elaborados na forma de coleção, optamos por analisar dois de cada categoria. Os livros selecionados são apresentados na tabela abaixo.

TABELA 1 – Livros Selecionados para Análise

Obra	Autor	Editora	Ano	Volume
1) Biologia	Sonia Lopes e Sergio Rosso	Saraiva	2005	Único
2) Biologia	Sérgio Linhares e	Ática	2005	Único
3) Biologia	César da Silva Júnior e	Saraiva	2005	1 e 3
4) Biologia das Populações	Amabis e Martho	Moderna	2004	2 e 3

Quanto à seleção de conteúdos, o critério adotado nesta pesquisa é a apresentação de relação bastante clara com a evolução biológica. Realizando avaliação inicial, constatamos que vários assuntos a esse respeito poderiam ser selecionados, porém, em função do tempo de que dispomos, decidimos por dois. O primeiro está incluído na área de *ecologia*, o conceito de *competição interespecífica*. E o segundo é *vírus*, neste caso o *Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV)*, causador da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS).

Antes de efetuar a descrição e análise dos conteúdos escolhidos, apresentaremos um texto que estabelece de forma clara a relação entre o conteúdo selecionado e a evolução biológica. Ele não só justifica a nossa escolha, como também serve de referência para a análise. Caso a tradição de pesquisa evolucionista esteja presente, faremos associação entre as principais idéias encontradas no texto de referência com as apresentadas no livro didático, o que contribuirá para identificar se a tradição de pesquisa se apresenta de forma *implícita* ou *explícita*. Na seqüência, faremos a descrição e a análise dos trechos dos assuntos selecionados, encontrados nos livros didáticos que compõem a amostra.

4.1 ECOLOGIA

Como colocado anteriormente no capítulo três, a publicação de *A origem das espécies* exerceu grande influência sobre a ecologia. De acordo com Mayr (2008), após Darwin, os ecólogos começaram a fazer os seguintes questionamentos:

Por que existem tantas espécies? Como essas espécies dividem entre si os recursos do ambiente? Porque a maioria dos ambientes é relativamente

estável a maior parte do tempo? O bem-estar e a densidade populacional de uma espécie são controlados mais por fatores físicos ou por fatores bióticos – as outras espécies com as quais ela convive? Que propriedades fisiológicas, comportamentais e morfológicas permitem a uma espécie lidar com seu ambiente? (MAYR, 2008, p. 281).

Para explicar todas essas questões provenientes da área da ecologia, é fundamental compreender determinados conceitos biológicos que oferecem subsídios para essas respostas. Darwin desenvolveu um trabalho nesse sentido ao utilizar vários conceitos como, por exemplo, competição, nicho, predação, adaptação, coevolução e outros para explicar determinados fenômenos naturais (MAYR, 2008). Desse modo, selecionamos dentro da área de ecologia o conceito de *competição*, pois a sua compreensão ajuda a demonstrar certos processos da evolução biológica. Ele será uma de nossas referências para analisar se o livro didático, ao fazer a apresentação deste, estabelece a relação citada.

4.2 O CONCEITO DE COMPETIÇÃO

De acordo com Mayr (2008), quando muitos indivíduos pertencentes à mesma ou a várias espécies diferentes dependem do mesmo recurso limitado, pode ocorrer uma situação denominada competição. O autor afirma que em *A Origem* Darwin descreveu de forma detalhada os seus efeitos. Mayr (2008) aborda que, quando esta ocorre entre indivíduos da mesma espécie, é denominada competição intra-específica, de interesse da biologia evolutiva por se tratar de um dos principais mecanismos da seleção natural. Porém, ao acontecer entre indivíduos de espécies diferentes, neste caso designada competição interespecífica, é de grande interesse da ecologia.

A competição entre espécies diferentes é um dos fatores controladores do tamanho de populações concorrentes e, em casos extremos, pode ocorrer a extinção de uma delas. Conforme Mayr (2008), Darwin descreveu este processo em *A Origem* relatando casos de espécies de plantas e animais nativos da Nova Zelândia desaparecidos em função da introdução de competidores europeus no local. “Os indivíduos da flora e da fauna da Nova Zelândia, por exemplo, são perfeitos quando comparados entre si, embora atualmente estejam cedendo terreno ante a legião invasora dos vegetais e animais importados da Europa”. (DARWIN, 2006, p. 267).

Ela pode ocorrer em função de qualquer fator ambiental essencial para os seres vivos, seja de natureza abiótica ou biótica. Geralmente é mais acirrada entre parentes próximos, com exigências ambientais parecidas, porém pode acontecer entre seres mais

distantemente relacionados, quando competem pelo mesmo recurso, por exemplo, entre roedores que comem sementes e formigas. (MAYR, 2008).

Segundo Mayr (2008), a competição interespecífica, embora seja objeto de estudo da ecologia, também apresenta grande importância evolutiva. Exerce pressão centrífuga sobre as espécies coexistentes, provocando divergência morfológica entre as simpátricas³⁰, além de favorecer que estendam seus nichos ecológicos para áreas sem sobreposição. “Darwin se referiu a isso como princípio da divergência”. (MAYR, 2008, p. 286). [...] “*Princípio de divergência*, segundo o qual as pequenas diferenças, que a princípio mal se podiam perceber, vão aumentando até se tornarem nítidas, distinguindo as raças entre si e em relação ao seu ancestral comum”. (DARWIN, 2006, p. 174).

Finalmente, destacamos outro trecho de *A origem das espécies*, demonstrando que o conceito competição interespecífica está intensamente relacionado com a evolução biológica: “Em uma área muito pequena, especialmente se estiver aberta à imigração, e onde as disputas entre os indivíduos tenham de ser acirradas, sempre encontramos grande diversidade de habitantes”. (DARWIN, 2006, p. 174). Assim como esse, existem vários outros exemplos nessa mesma obra que confirmam essa relação.

4.2.1 Descrição e Análise do conceito de Competição Interespecífica apresentado no livro didático *Biologia*, de Lopes e Rosso

Os autores Lopes e Rosso (2005) descrevem esse conceito em dois momentos. Primeiro dentro do item: Relações entre os seres vivos de uma comunidade – Relações interespecíficas desarmônicas:

Competição interespecífica: duas ou mais populações de espécies diferentes apresentam nichos ecológicos semelhantes e disputam o mesmo recurso do meio quando ele não é suficiente para todos. Esse mecanismo pode determinar o controle da densidade das duas populações que estão interagindo, a exclusão de uma delas ou ainda a especialização do nicho ecológico. Exemplo: diferentes espécies de ciliados que disputam o mesmo tipo de alimento. (LOPES; ROSSO, 2005, p. 558; grifo do autor).

No segundo momento, a descrição acontece dentro do item: Ecologia das populações. De acordo com Lopes e Rosso (2005), tanto a competição intra-específica como

³⁰ Espécies que convivem em uma área mais ou menos extensa, podendo ocorrer entre elas sobreposição de nichos ecológicos.

interespecífica constituem fatores reguladores do tamanho da população. A descrição da interespecífica aparece do seguinte modo:

A competição interespecífica ocorre quando duas populações de espécies diferentes, em uma mesma comunidade, apresentam nichos ecológicos iguais ou muito semelhantes, desencadeando um mecanismo de disputa pelos mesmos recursos do meio, quando estes não são suficientes para as duas populações. Esse mecanismo pode determinar o controle da densidade das duas populações que estão interagindo, a especialização do nicho ecológico ou ainda a extinção de uma delas. Neste último caso, verifica-se o princípio da exclusão competitiva ou princípio de Gause, nome dado em homenagem ao pesquisador que o formulou. De acordo com esse princípio, duas espécies podem ter o mesmo hábitat, mas não podem ocupar o mesmo nicho por muito tempo, havendo exclusão de uma delas. (LOPES; ROSSO, 2005 p. 560).

De acordo com Laudan (1977), consideramos que a tradição de pesquisa evolucionista há muito orienta a Ecologia. Podemos perceber sua presença nos trechos acima, quando os autores se referem à competição interespecífica como: “Esse mecanismo pode determinar o controle da densidade das duas populações que estão interagindo, a especialização do nicho ecológico ou ainda a extinção de uma delas”. (LOPES; ROSSO, 2005 p. 560). No entanto, a relação com a evolução biológica aparece de forma muito implícita.

Segundo a proposta de a evolução biológica ser o princípio organizador da Biologia, entendemos que, ao abordar o conceito de competição interespecífica, seria interessante indicar que, conforme Darwin (2006) sugeriu, a competição entre espécies apresentando o mesmo nicho ecológico leva à evolução de novas adaptações para reduzir a intensidade da competição, o que resulta na diversidade dos seres vivos.

Concordamos que o princípio de “exclusão competitiva” ou “princípio de Gause”³¹, citado pelos autores Lopes e Rosso (2005), é importante para explicar o desaparecimento de uma espécie como consequência da competição interespecífica. Porém, de acordo com Freire-Maia (1988), embora Gause fosse o primeiro pesquisador em 1934 a abordar esse princípio sob o ponto de vista experimental, ele já tinha sido referido anteriormente por vários autores, principalmente por Darwin. O autor ainda considera que desse princípio pode-se concluir que a seleção natural deve favorecer divergências de necessidades ecológicas entre espécies próximas, considerando que esse acontecimento proporciona adaptação para as espécies.

³¹ Homenagem ao biólogo russo Georgyi Frantsevich Gause (1910 - 1986), que realizou vários experimentos com duas espécies no laboratório, nos quais uma delas se extinguiu quando apenas um tipo de recurso estava disponível (MAYR, 2008).

4.2.2 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interespecífica Apresentado no Livro Didático *Biologia*, de Linhares e Gewandsznajder

Linhares e Gewandsznajder (2005) apresentam, do seguinte modo, o conceito de competição interespecífica no capítulo: *Relações entre os seres vivos*:

Quando duas espécies diferentes que vivem na mesma área usam o mesmo tipo de alimento ou disputam algum recurso, estabelece-se uma competição que pode eliminar uma das espécies da comunidade.

Em 1934, o cientista russo Gause estudou o efeito da competição interespecífica em duas espécies de *Paramecium*: *Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum*. Em geral, criados em separado esses protozoários crescem até um nível que aparentemente equivale ao limite da capacidade de sustentação do ambiente. No experimento de Gause, as duas espécies foram cultivadas juntas. Maior e de reprodução mais lenta, a *Paramecium caudatum* diminuía até se extinguir; a *Paramecium aurelia* continuava a crescer até se estabilizar.

Gause concluiu que duas espécies ou mais espécies que competem por recursos limitados do ambiente não podem coexistir no mesmo lugar. Uma delas é mais eficiente na conquista desses recursos e se reproduz mais rapidamente; a outra é eliminada pela competição. Essa conclusão foi chamada de **princípio da exclusão competitiva** ou **de Gause**. (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 481; grifo dos autores).

Podemos considerar que a tradição de pesquisa evolucionista está presente neste trecho da obra de Linhares e Gewandsznajder (2005). No entanto, assim como na análise anterior, os autores não estabelecem uma relação direta com a evolução biológica.

Na seqüência do texto, eles apresentam outra forma de enunciar o princípio da exclusão competitiva:

[...] duas espécies não podem conviver no mesmo hábitat e com o mesmo nicho indefinidamente, pois a competição será tão grande que apenas uma - a mais adaptada - sobreviverá. A outra é eliminada ou emigra para outro hábitat. (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 481).

Nesse caso, parece que os autores buscaram estabelecer tal relação, sobretudo ao citar: “[...] a mais adaptada sobreviverá”. (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 481). Mas, podemos observar que não há esclarecimento desta afirmação. Os autores continuam o texto com mais informações, sem confrontar as conseqüências da competição interespecífica com os processos evolutivos, como seleção natural ou princípio da divergência.

Existem vários casos de animais diferentes que ocupam o mesmo tipo de nicho em habitats diferentes. Por exemplo, o pica-pau vive em várias florestas espalhadas pelo mundo. Seu bico característico permite-lhe pegar larvas de insetos que estão atrás da casca das árvores. Nas ilhas Galápagos, em vez de pica-pau há o pássaro-carpinteiro, que, não sendo tão especializado, usa um espinho de cacto para realizar essa mesma tarefa. Costuma-se chamar de **equivalentes ecológicos** espécies com nichos semelhantes que vivem em habitats diferentes. (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 481; grifo dos autores).

Pela citação acima, observando os exemplos citados de espécies com nichos ecológicos semelhantes, em ambientes diferentes, percebe-se que são de grande importância evolutiva, mas a relação de tais exemplos com a evolução biológica aparece de forma implícita.

4.2.3 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interspecífica Apresentado no livro Didático *Biologia*, de Silva Júnior e Sasson

Silva Júnior e Sasson (2005) descrevem o conceito de competição interespecífica, no volume três, no capítulo: Ecologia e Ecossistemas, no item Habitat e nicho ecológico. Apresentamos a seguir o recorte que se refere à competição interespecífica:

Duas espécies de animais ou de plantas não podem ter exatamente o mesmo nicho ecológico por muito tempo. Quando isso ocorre, as duas espécies **competem** em todos os níveis, o que leva uma delas a desaparecer, cedendo lugar à outra. Essa idéia é chamada de **princípio de Gause**, em homenagem ao biólogo russo Georgyi F. Gause (1910-1986), que a formulou.

O princípio de Gause é reforçado por várias observações na natureza. Percebe-se, por exemplo, que os nichos ecológicos costumam ser bastante especializados, de modo que espécies diferentes podem coexistir sem que o nível de competição entre elas se torne insustentável. Várias espécies de abutres africanos, por exemplo, alimentam-se de carne em putrefação de animais mortos de causas naturais. Ocorrem, muitas vezes, aglomerações de abutres de espécies diferentes em torno da mesma carcaça. À primeira vista, isso poderia levar a crer que as aves de espécies diferentes estivessem competindo pelo mesmo alimento. No entanto, uma observação mais minuciosa mostra que isso não ocorre: uma das espécies tem bico adaptado para extrair carne macia ou vísceras; outra especializa-se em comer tendões, ligamentos e couro; outra, ainda, extrai da carcaça partes que nenhuma das espécies anteriores consegue alcançar. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 312; grifo dos autores).

Nesse trecho observamos que Silva Júnior e Sasson (2005), ao inserir o exemplo da competição entre espécies diferentes de abutres africanos, parecem buscar, porém de forma implícita, relação com a tradição de pesquisa evolucionista. “[...] uma das espécies

tem bico adaptado para extrair carne macia ou vísceras; outra especializa-se em comer tendões, ligamentos e couro; outra, ainda, extrai da carcaça partes que nenhuma das espécies anteriores consegue alcançar”. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p.312). Os autores mostram, por meio desse exemplo, a adaptação das espécies para diminuir a intensidade da competição, porém não estabelecem uma relação explícita com a divergência morfológica ou com a seleção natural.

De acordo com Mayr (2008), a competição interespecífica apresenta grande importância evolutiva, pelo fato de exercer pressão sobre as espécies que vivem no mesmo habitat, sendo desse modo responsável pela divergência morfológica.

Na seqüência, os autores descrevem uma das experiências realizada por Gauze com as espécies de protozoários: *Paramecium aurelia* e *Paramecium caudatum*.

O conceito de competição interespecífica também é apresentado por Silva Júnior e Sasson (2005) no capítulo: Interações Biológicas na Comunidade: relações entre os seres vivos.

Você já estudou o **princípio de Gause** (pág. 312), segundo o qual duas espécies diferentes que ocupem nichos ecológicos semelhantes competem em todos os níveis. Trata-se da competição interespecífica, um importante fator regulador do tamanho das populações. Quando a competição é muito severa, uma das espécies pode ser completamente eliminada, ou então uma delas – ou ambas – acaba ocupando um nicho ecológico mais especializado, o que diminui os efeitos da competição. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 387; grifo dos autores).

O trecho acima é um recorte do texto sobre competição interespecífica. Na seqüência, os autores Silva Júnior e Sasson (2005) descrevem um caso de especialização de nichos ecológicos em crustáceos. Eles utilizam como exemplo duas espécies de cracas, *Balanus* e *Chtamalus* que ficam presas às rochas expostas ao fenômeno das marés. Elas vivem na mesma região e, para evitar a competição, cada uma ocupa certa extensão do local, apresentando assim nichos ecológicos bem delimitados. Os autores esclarecem: “Na prática, os nichos tendem a se especializar, de forma a evitar a competição, o que faz com que cada espécie de craca ocupe uma região bem delimitada na rocha”. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 388).

Apesar do exemplo apresentado para a compreensão estabelecida, os autores enfatizam a especialização do nicho ecológico, mas não incluem o evolucionismo, ficando a relação de forma muito implícita.

No entanto, queremos destacar que, no primeiro capítulo Ecologia e Ecossistemas, há um quadro sobre conceituações da ecologia, onde encontramos relação desta área com a evolução biológica na seguinte citação: “Numa palavra, ecologia é o estudo das complexas inter-relações chamadas por Darwin de ‘condições da luta pela vida’”. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 304). Nesse caso, percebemos que há por parte dos autores uma atenção em relacionar tais assuntos.

4.2.4 Descrição e Análise do Conceito de Competição Interespecífica Apresentado no Livro Didático *Biologia das Populações*, de Amabis e Martho

Os autores Amabis e Martho (2004) descrevem o conceito de competição interespecífica no volume três, no capítulo: Fundamentos da Ecologia, no item: Hábitat e nicho ecológico – Competição e o princípio de Gause

Quando duas espécies de uma biocenose exploram nichos ecológicos semelhantes, estabelece-se entre elas uma **competição** por um ou mais recursos do meio. Por exemplo, espécies que comem capim, como os gafanhotos e o gado, competem por alimento quando este é escasso. Plantas cujas raízes ocupam a mesma região do solo competem por água e por nutrientes minerais.

Com base nessas observações, o cientista russo Georgyi Frantsevich Gause (1910-1986) concluiu que, se duas ou mais espécies ocuparem exatamente o mesmo nicho ecológico, a competição entre elas será tão severa que não poderão conviver. Segundo essa premissa, que ficou conhecida como **princípio de Gause**, ou **princípio da exclusão competitiva**, os nichos ecológicos são mutuamente exclusivos e a coexistência de duas ou mais espécies em um mesmo hábitat requer que seus nichos sejam suficientemente diferentes. (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 291; grifo dos autores).

Na seqüência desse mesmo texto, para ilustrar o princípio de Gause, descrevem o experimento realizado por ele com populações de duas espécies do protozoário ciliado *Paramecium* (*P. caudatum* e *P. aurelia*). Há ainda a descrição de um outro exemplo: duas espécies de aves marinhas, os cormorões (cormorão-negro e cormorão-de-poupa), que fazem ninhos nas mesmas regiões da Inglaterra e se alimentam nas mesmas águas. Os autores utilizaram esse exemplo para mostrar que essas duas espécies de aves podem ter o mesmo hábitat porque seus nichos ecológicos são diferentes o suficiente, para que não ocorra competição por alimento. Concluem o texto com a seguinte citação:

A competição entre duas espécies que exploram o mesmo nicho ecológico pode levar a três diferentes situações: a) a extinção de uma das espécies; b) a expulsão de uma das espécies do território; c) a mudança de nicho ecológico de uma ou ambas as espécies, que deixam de competir por recursos escassos.(AMABIS; MARTHO, 2004, p. 292).

Nessa primeira descrição do conceito de competição interespecífica entendemos que a tradição de pesquisa evolucionista está presente, porém os autores Amabis e Martho (2004) não apresentaram esta relação de forma explícita. Por meio dos exemplos citados no texto e, principalmente, pela conclusão citada acima, consideramos que a evolução biológica poderia ser incluída, ao relacionar a mudança de nichos ecológicos para reduzir a competição com a diversidade dos seres vivos.

Dando seqüência à descrição de Amabis e Martho (2004), encontramos no capítulo: Dinâmica das Populações Biológicas, no item: Fatores que regulam o tamanho de populações biológicas, uma outra apresentação de tal conceito. Efetuamos um recorte deste texto:

[...] Gause forneceu rações com a mesma quantidade de alimento a culturas separadas de duas espécies de paramécios – *P. caudatum* e *P. aurelia*. Em um terceiro frasco de cultivo, colocou quantidades iguais de exemplares de *P. caudatum* e de *P. aurelia*, e alimentou essa cultura mista das duas espécies exatamente como as culturas anteriores. Os indivíduos de cada espécie foram contados diariamente, durante 16 dias. Seu experimento mostrou que ocorria **competição** entre as duas espécies; *P. aurelia* acabou por eliminar *P. caudatum*.

Gause concluiu que, se duas populações exploram nichos ecológicos muito similares no mesmo hábitat, como é o caso de *P. aurelia* e *P. caudatum*, tendem a competir acirradamente e, provavelmente, uma acabará eliminando a outra. [...] (AMABIS E MARTHO, 2004, p. 325; grifo dos autores).

Os autores descrevem novamente o princípio de Gause e não estabelecem ligação com a evolução biológica. Apresentam mais um experimento realizado por Gause, com duas espécies de paramécios convivendo no mesmo hábitat porque possuem nichos ecológicos diferentes para evitar a competição.

Deparamos com outra apresentação do conceito de competição interespecífica no capítulo: Relações ecológicas entre os seres vivos, no item: Relações interespecíficas.

Quando duas espécies de uma mesma comunidade disputam os mesmos recursos do ambiente, pode-se dizer que seus nichos ecológicos se “sobrepoem”, e ocorre **competição interespecífica** (relembre o capítulo 14). Por exemplo, espécies que comem capim, como os gafanhotos e o gado,

competem por alimento, ocorrendo sobreposição da parte de seus nichos referentes à alimentação. Plantas cujas raízes estão na mesma profundidade do solo competem por água e por nutrientes minerais. Quanto mais os nichos ecológicos das espécies assemelham-se, ou seja, quanto mais sobrepostos eles forem, mais intensa é a competição entre as espécies. A competição interespecífica pode resultar tanto na extinção de uma das espécies como levá-la a migrar em busca de uma área disponível e sem espécies competidoras. (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 350; grifo dos autores).

Nesse trecho, observa-se novamente por parte dos autores Amabis e Martho (2004) a inserção de exemplos para esclarecer esse conceito, mas não há ligação com a evolução dos seres vivos, ou seja, com os fenômenos evolutivos já citados nas análises anteriores.

4.3 VÍRUS

De acordo com Ridley (2006), o vírus é parasita intracelular que só pode reproduzir-se no interior de célula viva. Quando se encontra na fase de disseminação entre células hospedeiras, consiste apenas em ácido nucléico, que reúne alguns genes, envolvido por uma camada de proteína.

Alguns vírus apresentam taxa de mutação elevada e têm se mostrado resistentes ao tratamento; é o caso, por exemplo, do vírus HIV, agente causador da AIDS. A resistência do HIV aos medicamentos, tema relevante atualmente para a humanidade, pode ser considerada exemplo de evolução por seleção natural (RIDLEY, 2006).

Tal resistência, observada em pacientes com AIDS, será o nosso segundo assunto, dando continuidade à nossa proposta de análise dos livros didáticos para observar se, na apresentação deste tópico, é estabelecida alguma relação com a evolução biológica.

4.4 O HIV E A RESISTÊNCIA AO TRATAMENTO

Segundo Ridley (2006), o vírus de RNA, como o HIV, utiliza como molécula hereditária o RNA, possui a enzima transcriptase reversa (replicase), mas não contém as de revisão e de reparação. Desse modo, detém taxa de mutação relativamente alta, principalmente quando comparado com seres celulares, os quais têm como molécula hereditária o DNA e possuem várias enzimas de reparação e de revisão.

Na reprodução do vírus HIV, no interior de célula humana, é feita uma cópia de DNA a partir de seu RNA, utilizando para esse processo a sua enzima transcriptase

reversa, a qual é um dos principais alvos dos fármacos anti-HIV. Nesse caso provoca a inativação da enzima interrompendo a reprodução do vírus, sem causar efeitos colaterais prejudiciais à célula hospedeira, uma vez que tal enzima não costuma estar presente em células humanas. Grande grupo desses fármacos consiste em inibidores nucleosídicos; desse modo, a substância desenvolvida é muito parecida com determinado nucleotídeo do DNA (RIDLEY, 2006).

De acordo com Ridley (2008), estudos mostraram que pacientes humanos com AIDS, quando tratados com essas substâncias, inicialmente apresentam diminuição na população de HIV. Porém, depois de alguns dias, a frequência de vírus resistentes à substância aumenta. De cada dez pacientes, oito tiveram a frequência das linhagens resistentes aumentada para 100% da população viral em um período de três semanas, considerando a data inicial do tratamento. Essa mudança de população viral suscetível ao medicamento para população resistente pode ser explicada pelo processo da seleção natural, proposto por Wallace e Darwin, apresentado no capítulo anterior. O processo observado, durante o período de poucas semanas em um paciente com AIDS, “[...] é um microcosmo do processo responsável por muito da diversidade da vida na Terra”. (RIDLEY, 2006, p. 68).

Ridley (2006) aborda por que o aumento da frequência do HIV resistente à droga é quase que certamente causado pela seleção natural. Para o autor, o vírus atende as quatro condições, para que a seleção natural atue: reprodução; hereditariedade na capacidade de resistir à droga; variabilidade genética na mesma capacidade na população do vírus presente no corpo de um paciente humano; variação da aptidão³² nas diferentes formas de HIV. Assim, em paciente humano com AIDS, recebendo determinada droga, os vírus que evoluíram certa forma de resistência a essa determinada substância, produzirão descendência viral do mesmo tipo resistente, aumentando sua frequência, ou seja, são favorecidos pela ação da seleção natural.

Além de gerar mudanças evolutivas, tal seleção explica a adaptação, propriedades apresentadas por um indivíduo, possibilitando-lhe melhor sobrevivência em seu ambiente natural, em relação à ausência das mesmas. A resistência aos fármacos do HIV é um exemplo de adaptação, pois ao ocorrer a mudança do ambiente (presença de inibidores da enzima transcriptase reversa na célula), a seleção natural atua para aumentar a presença da propriedade favorável para a resistência à droga (RIDLEY, 2006).

³² Aptidão ou valor adaptativo ou aptidão darwiniana é uma condição em que um indivíduo da população com determinados caracteres deve apresentar maior probabilidade de reprodução em relação aos outros (RIDLEY, 2006).

Para Ridley (2006), o processo atuante em qualquer paciente com AIDS sob tratamento com drogas vem agindo em todas as formas vivas por quatro bilhões de anos, desde o surgimento inicial da vida na Terra, tendo sido o responsável por mudanças evolutivas muito maiores ao longo desse período de tempo.

4.4.1 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro Didático *Biologia*, de Lopes e Rosso

Os autores Lopes e Rosso (2005) descrevem esse assunto no capítulo sobre vírus em quadro presente após a descrição da doença AIDS, estrutura e ciclo de vida do vírus HIV. O título do texto é: Vacina anti-HIV e tratamento de pessoas infectadas.

Conhecer o ciclo de vida de parasitas é fundamental para estabelecer medidas profiláticas e também desenvolver medicamentos que possam combater a parasitose. No combate ao HIV, muito se tem investido no esclarecimento das pessoas no sentido de se adotarem medidas profiláticas e também no desenvolvimento de vacinas e medicamentos.

A vacina anti-HIV poderá vir a ser uma arma contra o avanço dessa epidemia. Hoje em dia já existem protótipos de vacinas em fase de testes clínicos. Infelizmente, um fator que tem ameaçado o sucesso da vacina é a grande taxa de mutação que o vírus apresenta.

Muitos são os medicamentos empregados atualmente contra o HIV e muitas são as diferentes drogas que atuam em diferentes etapas do ciclo de vida desse vírus.

Existem drogas que inibem a ação da transcriptase reversa, o que impede a síntese do DNA viral. Nesse grupo de medicamentos incluem-se AZT, 3TC, DDI e DDC. Infelizmente, as sucessivas gerações de vírus foram se apresentando mais e mais resistentes, por meio de mutações na seqüência do gene que codifica essa enzima. Assim, a vantagem terapêutica obtida com esse tratamento é rapidamente perdida após o aparecimento dos vírus resistentes, que aumentam em número em relação à população viral sensível. Outro alvo de ataque das drogas anti-HIV é a enzima protease, fundamental no processo de maturação das proteínas virais. Quando, por ação dessas drogas, essa enzima perde a atividade, são formados vírus “defeituosos”, que não conseguem infectar novas células. Essas drogas, chamadas inibidores de protease, têm causado grande revolução no tratamento da doença. Pacientes completamente desenganados puderam se recuperar e levar suas vidas normalmente. Infelizmente, existem relatos de mutações responsáveis pelo surgimento de vírus resistentes a essas drogas.

Na tentativa de impedir o aparecimento desses vírus resistentes, o tratamento clínico atual utiliza a associação de antivirais, que constituem o coquetel de drogas indicado no tratamento das pessoas infectadas.

Novos alvos moleculares estão sendo pesquisados a fim de bloquear o ciclo viral. Um desses alvos é a enzima integrase, responsável pela integração do DNA viral no DNA da célula hospedeira. Outros alvos são os receptores celulares responsáveis pela entrada do vírus na célula.

O combate ao HIV tem sido feito de forma intensiva, pois ele tem causado a morte de milhões de pessoas no mundo. (LOPES; ROSSO, 2005, p. 196).

O texto dos autores Lopes e Rosso (2005) ressalta que o vírus HIV apresenta grande taxa de mutação, o que dificulta o sucesso de uma vacina. Relatam a existência de drogas inibidoras da ação da enzima transcriptase reversa, impedindo a síntese do DNA viral. Destacam ainda que, por meio de mutações na seqüência do gene codificador dessa enzima, as novas linhagens do vírus foram se apresentando cada vez mais resistentes. Explicam que o benefício terapêutico obtido com o tratamento é rapidamente perdido após o aparecimento de tais vírus, os quais aumentam em número, em relação à população viral sensível.

Percebemos por meio dessa síntese que os autores buscam relacionar a resistência do vírus HIV com o surgimento das variações por meio das mutações, fazendo dessa maneira relação com a evolução biológica. Porém, não apontaram a seleção natural como responsável pelo aumento da população de vírus resistentes; sendo assim, podemos considerar que a tradição de pesquisa evolucionista está presente, mas de forma implícita.

Entretanto, nessa mesma obra, encontramos, no capítulo relacionado à origem das células, quadro referente à origem dos vírus, onde identificamos de forma explícita a tradição de pesquisa verificada no seguinte excerto:

Uma das hipóteses sobre a origem dos vírus propõe que seu material genético seja derivado de pequenos fragmentos do material genético de células, e que esses fragmentos mantiveram algum tipo de existência autônoma dentro da célula. Por seleção natural, esses fragmentos evoluíram para um tipo totalmente diferente de elemento genético: os vírus. (LOPES; ROSSO, 2005 p. 29).

Pelo recorte acima, podemos inferir que os autores dessa obra, pelo menos nesse texto, embora sem aprofundamento, parecem constituir uma relação entre a evolução dos seres vivos e os vírus.

4.4.2 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro didático *Biologia*, de Linhares e Gewandsznajder

Linhares e Gewandsznajder (2005), no capítulo sobre vírus, descrevem as características gerais da AIDS e do HIV, explicam o ciclo de vida do vírus e também como ocorre sua transmissão. Na seqüência, dentro do mesmo texto, falam sobre o tratamento:

Embora não destruam completamente os vírus, os medicamentos atuais podem retardar a evolução da doença e combater as infecções oportunistas. Uma das primeiras drogas foram os **inibidores da transcriptase reversa**, como AZT (Azidotimidina ou Zidovudina), ddI (Didanosina), ddC (Zalcitabina), d4T(Stavudina) e 3TC (Lamivudina). Essas substâncias são semelhantes aos nucleotídeos dos ácidos nucléicos. O AZT é parecido com a timidina, utilizada na produção do DNA do vírus que fica integrado a um cromossomo da célula. Como esse medicamento tem maior afinidade pela enzima, ele liga-se a ela, tirando o lugar da timidina, e como não possui uma das hidroxilas presentes na timidina, não se liga ao nucleotídeo seguinte, e a síntese de DNA é interrompida.

Outros medicamentos são os **inibidores de protease**. Esta é a enzima que o vírus usa para “quebrar” proteínas em unidades menores e formar a sua cápsula. Com a enzima inativada, a cápsula não é formada e a replicação do vírus não se completa.

A possibilidade de um vírus se tornar resistente ao tratamento diminui muito quando é usada uma combinação de drogas que incluem esses dois tipos de inibidores.

Há pessoas que foram expostas ao vírus e não desenvolveram sintomas. O estudo desses casos poderá ajudar na descoberta de novos tratamentos.

Além de atacar o vírus, é importante combater as infecções oportunistas, que enfraquecem o sistema imunitário e facilitam a ação do vírus. Os medicamentos podem apresentar efeitos colaterais, como anemia. Por isso o doente deve ter acompanhamento médico constante.

Um dos maiores problemas para o desenvolvimento de uma vacina é a capacidade de o vírus sofrer mutações muito rápido. Como a vacina tem de ser específica, ela poderia não atuar sobre as demais variedades. (LIMHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 148; grifo dos autores).

O texto não faz relação com a evolução biológica, embora os autores considerem a rápida velocidade de mutação do vírus HIV, fato associado principalmente com a dificuldade da produção de uma vacina. Linhares e Gewandsznajder (2005) citam vários medicamentos utilizados no tratamento, porém não relacionam de forma clara a alta taxa de mutação com a resistência ao tratamento. Portanto, a tradição de pesquisa evolucionista não foi identificada nesse fragmento.

Para Meyer e El-Hani (2005), a compreensão da evolução do HIV pode ajudar a entender por que é tão difícil controlar a AIDS, auxiliar no planejamento de medidas para conter sua propagação e ainda aumentar a sobrevivência das pessoas infectadas. “Conhecer as estratégias do adversário é essencial numa batalha médica como essa e hoje sabemos que as do HIV são, em grande parte, consequência de seu processo de transformação evolutiva”. (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 108).

4.4.3 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro Didático *Biologia*, de Silva Júnior e Sasson

Silva Júnior e Sasson (2005) descrevem, no primeiro volume, capítulo sobre os vírus, as características e o ciclo do HIV. Não há parte específica sobre o tratamento da AIDS; o assunto é tratado de forma geral. O texto apresenta o seguinte título: Nossas defesas contra os vírus. O recorte a seguir é sobre esse tratamento:

Apesar dessas dificuldades, muitas drogas antivirais estão sendo testadas e usadas nos últimos anos. Em relação à AIDS, por exemplo, o **AZT** é um inibidor da transcriptase reversa, e impede o vírus de sintetizar o molde de DNA a partir do RNA do genoma viral. O **saquinavir**, por sua vez, é inibidor da enzima que catalisa a síntese de proteínas componentes das cápsulas de novos vírus. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 286; grifo dos autores).

Na citação acima, podemos observar que os autores Silva Júnior e Sasson (2005) não abordam a questão da resistência do vírus HIV ao tratamento. Os autores prosseguem com o texto sem fazer qualquer outra menção sobre o HIV ou a AIDS.

Em um pequeno quadro de aprofundamento também comentam sobre o tratamento da AIDS:

Uma associação de drogas inibidoras de enzimas (coquetel de drogas) está sendo ministrada a grupos de pacientes portadores do vírus HIV. Os resultados têm sido bons, embora ainda não se possa falar em cura. Esse tratamento reduz quase a zero a taxa de vírus no sangue de portadores quando iniciado logo que a doença é diagnosticada. A eficiência do coquetel é comprovada, pois em muitos pacientes o número de linfócitos do tipo CD4, que é um indicador da evolução da infecção no organismo, volta a valores normais (de 600 a 1200/mm³ de sangue). (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 286).

Nesse caso, também não encontramos referência sobre a resistência do HIV ao tratamento. Os autores Silva Júnior e Sasson (2005) finalizam o assunto sobre o HIV com um texto complementar presente em um quadro com o título: AIDS, a derrota dos linfócitos. Abordam a relação do HIV com o sistema imunológico e as formas de transmissão. Em relação ao tratamento, apresentam o seguinte:

[...] já foram descobertas e testadas muitas drogas que inibem a ação das enzimas necessárias à multiplicação dos vírus nas células parasitadas. Embora elas ainda não sejam a cura da doença, muitos pacientes em tratamento com um coquetel, uma associação dessas drogas, tem mostrado

um bom estado geral, com recuperação do peso e diminuição das infecções oportunistas. (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2005, p. 288).

Para finalizar, podemos concluir que nessa obra os autores não tratam do problema da resistência do vírus HIV ao tratamento. Assim sendo, não foi possível fazer a identificação da evolução biológica.

4.4.4 Descrição e Análise do Problema da Resistência do Vírus HIV ao Tratamento Apresentado no Livro didático *Biologia dos Organismos*, de Amabis e Martho

No capítulo sobre vírus, os autores Amabis e Martho (2004), após exposição geral sobre o tema, apresentam o ciclo do vírus HIV, estrutura, multiplicação e infecção. Na seqüência, mostram um texto sobre as características da AIDS e discutem a seguinte questão:

Um aspecto da AIDS que intriga os cientistas é o ataque do HIV ser tão mortal e devastador, ao contrário da maioria dos retrovírus humanos, que geralmente não causam doenças graves. Segundo alguns cientistas, essa agressividade deve-se ao fato do HIV ser um parasita recente da espécie humana. Por isso, ainda não teria havido tempo suficiente para uma adaptação evolutiva dos vírus ao hospedeiro humano e vice-versa. (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 42).

Os autores buscam estabelecer a relação do comportamento do vírus HIV com a evolução biológica. Podemos considerar que aproveitaram a hipótese da citação anterior para possibilitar ao leitor a compreensão do comportamento de tal vírus no paciente humano, numa perspectiva evolucionista.

Na seqüência, apresentam um texto sobre a prevenção e o tratamento da AIDS, cujas citações que dizem respeito à resistência do HIV ao tratamento apresentaremos a seguir:

Embora as inúmeras pesquisas científicas realizadas nessa área tenham permitido desenvolver tratamentos cada vez mais eficientes para aliviar os sintomas da doença, infelizmente ainda não é possível curá-la. Essa possibilidade ainda parece distante, à medida que se conhece melhor o vírus e suas estratégias de ataque e sobrevivência no corpo humano. (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 42).

Por meio desse recorte, podemos perceber que os autores chamam a atenção para o fato de que a perspectiva para a cura parece muito distante, mas não apontam as dificuldades encontradas para obter sucesso. Embora exista referência em relação à

capacidade do vírus sobreviver no corpo humano, não há ligação deste fato com a evolução biológica, pois não existe referência sobre a origem de linhagens de HIV resistentes ao tratamento.

Na seqüência, Amabis e Martho (2004) discorrem sobre os medicamentos utilizados no tratamento da AIDS:

As primeiras drogas usadas no combate à infecção pelo HIV eram inibidores da transcriptase reversa, que interrompem o processo de síntese de DNA a partir do RNA viral. Entre os inibidores da transcriptase reversa pode-se citar o AZT (zidovudine), o ddC (zalcitabine), o ddI (dideoxinosine), o d4T (estavudine), o 3TC (lamivudine), o abacavir (ziagen) e o tenofovir (viread). Essas drogas têm sido eficazes em diminuir a velocidade de multiplicação do vírus, retardando o aparecimento das infecções oportunistas. Entretanto, o tratamento prolongado seleciona formas mutantes do vírus e os sintomas reaparecem. Atualmente já estão sendo utilizadas diversas novas drogas, capazes de inibir a ação das proteases virais, que são as enzimas responsáveis pela maturação e montagem dos novos vírus dentro da célula. Uma vez que os vírus podem tornar-se resistentes a qualquer uma das drogas utilizadas em seu combate, os pesquisadores têm utilizado os chamados **coquetéis anti-virais**, que combinam drogas inibidoras da transcriptase reversa e das proteases. Apesar de não curar a aids, os coquetéis são os principais responsáveis pelo declínio no número de mortes em decorrência da doença e pela melhora da qualidade de vida dos portadores do HIV. (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 42; grifo dos autores).

Nesse fragmento podemos perceber que os autores recorrem à tradição de pesquisa evolucionista para explicar que as forma resistentes do vírus HIV, originadas por meio das mutações, são selecionadas quando o tratamento é longo. Isso pode ser confirmado pela citação a seguir: “[...] Entretanto, o tratamento prolongado seleciona formas mutantes do vírus e os sintomas reaparecem”. (AMABIS; MARTHO, 2004, p. 42). Desse modo, podemos inferir que os autores estabeleceram relação de forma explícita entre o vírus HIV e a evolução biológica.

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS

Os assuntos analisados são apenas dois pequenos extratos do livro didático, que serviram para mostrar ser possível adotar a evolução biológica como princípio organizador da biologia. Certamente há muitos outros que oferecem essa possibilidade.

Embora os assuntos escolhidos sejam exemplos óbvios de relação próxima com a evolução biológica, considerando que a competição interespecífica surge diretamente do texto de Darwin em *a Origem das espécies*, e a resistência do vírus HIV ao tratamento é

considerada pela comunidade científica como um caso típico de seleção natural, os livros analisados de modo geral não estabelecem a relação de forma clara.

A partir da descrição e análise do conceito de competição interespecífica, consideramos que em nenhum dos livros analisados, a relação é estabelecida de forma clara. Quanto ao assunto sobre vírus, dos quatro livros analisados, encontramos em dois uma relação com a evolução biológica, sendo que em um deles aparece de forma explícita. Nos outros dois, ela é ausente em um e, no outro, o problema da resistência do vírus HIV ao tratamento não foi mencionado.

Para Fracalanza (2006), os livros didáticos são obras dirigidas a um público específico: alunos e professores, que juntamente com o uso da obra, orientam suas características. O autor aborda que, assim como diferentes pressões atuam no sentido de padronizar o sistema escolar, tem que se considerar que essas “[...] acabam por amalgamar os manuais que, então, são organizados conforme padrões preestabelecidos”. (FRACALANZA, 2006, p. 177). Esse fato foi constatado na análise realizada, pois a maioria dos livros apresenta a organização do conteúdo de forma bastante semelhante e utilizam muitas vezes os mesmos exemplos.

Assim, considerando a proposta de ensino de adotar a evolução biológica como princípio organizador da Biologia, os livros didáticos poderiam oferecer maior contribuição, caso apresentassem esta relação de forma mais clara, principalmente nos conteúdos mais oportunos para isso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo possibilitou para nós uma reflexão mais profunda sobre a evolução biológica e sua aplicação ao ensino. A forma como este tema considerado central para as Ciências Biológicas tem sido apresentado ao público em geral é apontada como causa principal do surgimento das idéias equivocadas e distorcidas em relação a ele. Identificamos também que a visão antropocêntrica está muito presente entre os estudantes, o que parece comprometer a compreensão acerca dos processos evolutivos.

A discussão entre o criacionismo e o evolucionismo no contexto educacional ainda é bastante controvertida. É estranho que a polêmica se restrinja apenas ao conteúdo específico da evolução biológica, uma vez que o tema está presente em varias áreas da Biologia, conforme apresentamos neste estudo.

Existem bons argumentos a favor da concepção de que a ciência não é livre de valores, e sim de que o conhecimento científico se relaciona com o contexto social no qual está inserido. Desse modo, não podemos buscar soluções para temas conflitantes, simplesmente isolando a Ciência da Religião. A evolução biológica, enquanto princípio organizador do conhecimento biológico, apresenta características que por si só justificam sua importância para a compreensão da Biologia.

Apesar do reconhecimento de grande parte de pesquisadores educacionais em relação à importância do entendimento da evolução biológica para a compreensão da Biologia contemporânea e ainda das recomendações por parte dos Parâmetros e Diretrizes Curriculares Nacionais para que a evolução permeie toda a Biologia, observamos que na prática isso quase não acontece.

A História e Filosofia da Ciência apontam um caminho para que a evolução biológica, como princípio organizador, seja colocada em prática. O uso da História da Ciência, realizado adequadamente, além de tornar o assunto interessante, pode oferecer contribuições importantes acerca do desenvolvimento do evolucionismo para ser entendido hoje como produto histórico. Ao recorrer à história do desenvolvimento da evolução biológica, percebemos que ela deve ser compreendida como um programa para explicar muitas questões relacionadas aos seres vivos e não apenas teoria.

Além da História, a Filosofia da Ciência também pode contribuir para o entendimento do evolucionismo. Consideramos que o conceito de *tradição de pesquisa*, proposto pelo filósofo da ciência Larry Laudan, justifica a idéia da evolução biológica como

princípio organizador da Biologia. Portanto, tanto a História como a Filosofia da Ciência podem ser aliadas para sua aplicação ao ensino, contribuindo desse modo com a melhoria da sua qualidade.

O livro didático apresenta-se como recurso bastante utilizado no contexto escolar, tanto por professores como por estudantes. Sendo assim, concluímos que ele pode ser um meio para melhorar a compreensão da evolução dos seres vivos, caso estabeleça a relação entre ela e determinados conteúdos biológicos, identificados com o apoio da História e Filosofia da Ciência como muito próximos da evolução biológica.

Entretanto, ao realizar a análise dos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, verificamos que, mesmo a evolução biológica estando presente em determinados assuntos, geralmente está muito implícita, deixando a cargo do leitor, professor e aluno o estabelecimento da relação. Neste sentido, acreditamos ser interessante uma discussão acerca do modo de abordagem do evolucionismo em tais livros, uma vez que pela análise constatamos que a maioria deles segue padrão muito semelhante na forma de apresentação dos conteúdos.

Realizamos esta pesquisa com a intenção de proporcionar contribuições ao ensino de Biologia, pois acreditamos que essa proposta permite novas aberturas para a compreensão dos processos evolutivos. Desse modo é possível articular as informações, proporcionando compreensão completa sobre a evolução biológica e quem sabe evitando, assim, um ensino de Biologia fragmentado.

Por ser assunto relevante, esperamos que este estudo sirva para que outros também possam refletir sobre este tema que consideramos fascinante. Da nossa parte podemos afirmar que este trabalho contribuiu muito para a nossa formação profissional, principalmente ao perceber a importância da aplicação da História e Filosofia da Ciência ao ensino. Por exemplo, a idéia da evolução biológica como princípio organizador ficou mais clara após conhecer as idéias do filósofo Larry Laudan.

A partir dos conhecimentos adquiridos durante o curso de mestrado e por meio deste estudo, pretendemos continuar investindo na nossa capacitação profissional, realizando outros estudos relacionados a esta área, que se mostrou muito instigante e importante. Em um curso de doutorado, é nossa pretensão o aprofundamento do tema evolucionismo, da História e Filosofia da Ciência e de análise dos livros didáticos.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. **O que é história da ciência**. São Paulo: Brasiliense, 2004.
- ALMEIDA, Argus Vasconcelos; FALCÃO, Jorge Tarcisio da Rocha. A estrutura histórico-conceitual dos programas de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação**, Bauru, v.11, n. 1, p. 17-32, 2005.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia dos organismos**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004. v.2.
- AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia das populações**. 2.ed. São Paulo: Moderna, 2004. v.3.
- BATISTA, Irinéa de Lourdes; SILVA, Marcos Rodrigues. **O desenvolvimento científico e as tradições de pesquisa de Larry Laudan**. [S.l.: s.n., 200?].
- BITTENCOURT, Circe Maria F. Em foco: História, produção e memória do livro didático. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, set./dez. 2004. Disponível em: <http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/periodicos/educacao_e_pesquisa/vol_30_no_3>. Acesso em: 5 jun. 2008.
- BIZZO, Nélio Marco Vincenzo. **Ensino de evolução e história do Darwinismo**. 1991 Tese. (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação/USP, São Paulo, 1991.
- _____. Falhas no ensino de ciências: Erros em livros didáticos ainda persistem em escolas de Minas e São Paulo. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 27, n. 159, p. 26-31, abr. 2000.
- BIZZO, Nélio; MOLINA, Adela. El mito Darwinista em el aula de classe: un análisis de fuentes de información al gran público. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 401-416, 2004. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/pos/revista/revista.htm>>. Acesso em: 2 set. 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília, 1999.
- _____. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares para os cursos de ciências biológicas**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2008.
- _____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, 2006a. (Orientações Curriculares para o Ensino Médio; v.2). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 10 maio 2008.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Biologia**: catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2007. Brasília: 2006b.

_____. Ministério da Educação-MEC. Secretaria de Educação Básica. **Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio-PNLEM**. Brasília: 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb>>. Acesso em: 10 maio 2008.

CARNEIRO, Ana Paula Netto. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CHALMERS, Alan Francis. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CICILLINI, Graça Aparecida. A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de Biologia no 2º grau. **Educação e Filosofia**, Uberlândia, v. 7, n. 14, p. 17-37. jul./dez. 1993.

CUNHA, Rodrigo. Criação versus evolução: uma disputa pelo controle da política educacional Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/>>. Acesso em: 21 ago. 2007.

DARWIN, Charles. **A origem das espécies**. São Paulo: Martin Claret, 2006.

DAWKINS, Richard. **O relojoeiro cego**: A teoria da evolução contra o desígnio divino. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. **American Biology Teacher**, Reston, v. 35, p.125-129, 1973.

FERNANDEZ, Brena Paula Magno. Isenção ou Inserção de Valores na Ciência? A Posição Crítica de Hugh Lacey. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**. Florianópolis, n.49, dez. 2003. Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~dich/TextoCaderno49.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2007.

FRACALANZA, Hilário. Livro didático de ciências: novas ou velhas perspectivas. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Org.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. p. 175 - 213.

FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge. Livro didático de ciências no Brasil: a pesquisa e o contexto. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Org.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. p. 9 -17.

FRANZOLIN, Fernanda. **Conceitos de biologia na educação básica e na academia: aproximações e distanciamentos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FREIRE-MAIA, Newton. **Teoria da evolução**: De Darwin à Teoria Sintética. Belo Horizonte: Itatiaia, 1988.

FREITAG, Bárbara; MOTTA, Valéria Rodrigues; COSTA, Wanderly Ferreira. **O livro didático em questão**. 2.ed. São Paulo: Cortez, 1993.

FREZZATTI JUNIOR, Wilson Antonio. **Nietzsche contra Darwin**. São Paulo: UNIJUÍ, 2001.

FUTUYMA, Douglas Joel. **Biologia evolutiva**. 2.ed. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002.

_____. **Evolução, ciência e sociedade**. São Paulo: Editor de Livros SBG, 2002.

GEORGE, Wilma. **As idéias de Darwin**. São Paulo: Cultrix, 1985.

GLEISER, Marcelo. **Ateísmo radical. Físico brasileiro comenta o último livro de Richard Dawkins**. Disponível em: <http://www.unisinos.br/ihuonline/>. Acesso em 17 set. 2007.

GLUGOSKI, Miguel. A herança do paraíso (evolução). **Jornal da Usp**, São Paulo, v. 22, n. 769, 17-23 jul. 2006. Disponível em:
<<http://www.usp.br/jorusp/arquivo/2006/jusp769/pag0607.htm>>. Acesso em: 28 set. 2007.

GOEDERT, Lidiane. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GOULD, Stephen Jay. Três aspectos da evolução. In: BROCKMAN, John; MATSON, Katinka. **As coisas são assim**: pequeno repertório científico do mundo que nos cerca. São Paulo: Companhia da Letras, 2003. p. 95-100.

HAUGHT, John F. **Deus após Darwin**: uma teologia evolucionista. Rio de Janeiro: José Olympio, 2002.

HÖFLING, Eloísa de Mattos. A trajetória do Programa Nacional do Livro Didático do Ministério da Educação no Brasil. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Org.). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. p. 21-31.

HORTA, Marcio Rodrigues. O impacto do manuscrito de Wallace de 1858. **Scientia e Studia**, v. 1, n. 2, p. 217-229, 2003. Disponível em:
<http://www.scientiaestudia.org.br/revista/PDF/01_02_06_Marcio.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2008.

KAWASAKI, Clarice Sumi; EL-HANI, Charbel Niño. Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio. ENCONTRO “PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA”. 8. Disponível em: <<http://www.gphfecb.ufba.br/Portugues/Textos/Kawasaki1.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2007.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. 9.ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

LACEY, Hugh. **Valores e atividade científica**. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.

_____. As formas nas quais as ciências são e não são livres de valores. **Crítica**, Londrina, v. 6, n. 21, p. 89-111, 2000.

_____. Entrevista: Hugh Lacey. **Teoria e Debate**, n. 46, nov./dez./jan.2001. Entrevista concedida a: José Corrêa Leite; Marcos Barbosa de Oliveira. Disponível em: <<http://www2.fpa.org.br/portal/modules/news/article.php?storyid=1505>>. Acesso em: 17 out. 2007.

_____. Prática científica: a inter-relação entre adotar estratégias e sustentar valores sociais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL FILOSOFIA E HISTÓRIA DA CIÊNCIA, 3., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Filosófica SCIENTIAE Studia: 2004. Disponível em: <<http://www.scientiaestudia.org.br/arquivo/3sem.asp>>. Acesso em: 17 out. 2007.

LAUDAN, Larry. **Progress and its problems**. London: Routledge, 1977.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia**: volume único. São Paulo: Ática, 2005.

LORENZ, Konrad. **Os fundamentos da etologia**. São Paulo: UNESP, 1995.

LOPES, Reinaldo, J. Americano produz célula-tronco 'ética'. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 24 ago. 2006. Ciência, p. A18.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **Biologia**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. **Epistême: Filosofia e História da Ciência em Revista**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 33-54, 1997. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>>. Acesso em: 10 maio 2008.

_____. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, Campinas, n. 5, dez. 1998. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghtc/>>. Acesso em: 24 jun. 2006.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; BRITO, Ana Paula O. P. Moraes. A história da ciência e o ensino da genética e evolução no nível médio: Um estudo de caso. In: SILVA, Cibelle Celestino (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: Subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 245-264.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 17-28.

MASSONI, Neusa Teresinha. Epistemologias do século XX. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, Porto Alegre, v.16, n.3, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v16n3_Massoni.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2007.

MAYR, Ernest. **O desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Brasília: UnB, 1998.

_____. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia da Letras, 2005.

_____. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia da Letras, 2008.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: Problemas e soluções. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. **Evolução**: o sentido da biologia. São Paulo: UNESP, 2005.

MOLINA, Olga. **Quem engana Quem?** Professor x livro didático. São Paulo: Papirus, 1987.

PACHECO, Raquel Beatriz Callegari; OLIVEIRA, Daisy Lara de. O homem evoluiu do macaco? Equívocos e distorções nos livros didáticos de biologia. In: ENCONTRO DE PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, 6., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEUSP, 1997. p. 131.

PENA, Sergio Danilo. Um anti-racista à frente de seu tempo. **CH ON-LINE**, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/90859>> Acesso em: 17 nov. 2007.

PIOLLI, Alessandro; DIAS, Susana. **Escolas não dão destaque à evolução biológica**. <Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/>>. Acesso em: 14 maio 2007.

RAZERA, Júlio César Castilho; NARDI, Roberto. Ética no ensino de ciências: Atitude e desenvolvimento moral nas controvérsias. In: NARDI, Roberto (Org.). **Educação em ciências**: da pesquisa à prática docente. 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2003. p. 41-56.

RIDLEY, Mark. **Evolução**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

RONAN, Colin A. **História ilustrada da ciência**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001. v. 4.

ROSE, Michael Robertson. **O espectro de Darwin**: A teoria da evolução e suas implicações no mundo moderno. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.

RUSE, Michael. **Levando Darwin a sério**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1995.

SANTOS, Silvana. **Evolução biológica**: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula. São Paulo: ANABLUME, 2002.

SANTOS, Clóvis Roberto dos; NORONHA, Rogéria Toler da Silva de. **Monografias científicas**: TCC, dissertação, tese. São Paulo: Avercamp, 2005.

SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Zesar. **Biologia**. 8.ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 3v.

TAIT, Márcia. **O ensino religioso ameaça o conhecimento científico?** Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/>>. Acesso em: 14 maio 2007.

TIDON, Rosana; LEWONTIN, Richard Charles. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 27, n. 1, p. 124-131, 2004.

TRABUCO, Leonardo Giantini. **Explicando o muito improvável**. Disponível em: <<http://www.cecm.usp.br/~1trabuco/escritos/dawkins/node1.html>>. Acesso em: 14 set. 2007.

TRATTNER, Ernest R. Darwin e a teoria da evolução (texto complementar). In: DARWIN, Charles. **A origem das espécies**. São Paulo: Martin Claret, 2006. p. 589-629.

ZIMAN, John Michael. **Conhecimento público**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1979.