



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LUCKEN BUENO LUCAS

**CONTRIBUIÇÕES AXIOLÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS
AO ENSINO DA TEORIA DA EVOLUÇÃO DE DARWIN**

Londrina
2010

LUCKEN BUENO LUCAS

**CONTRIBUIÇÕES AXIOLÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS
AO ENSINO DA TEORIA DA EVOLUÇÃO DE DARWIN**

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

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Irinéa de Lourdes Batista.

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Rosana Figueiredo Salvi.

Londrina
2010

Catálogo Elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

L933c Lucas, Lucken Bueno.
Contribuições axiológicas e epistemológicas ao ensino da teoria da
evolução de Darwin / Lucken Bueno Lucas. – Londrina, 2010.
206 f. : il.

Orientador: Irinéa de Lourdes Batista.
Co-orientador: Rosana Figueiredo Salvi.
Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática)
– Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa
de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2010.
Inclui bibliografia.

1. Darwin, Charles, 1809-1882. – Crítica e interpretação – Teses. 2.
Biologia – Estudo e ensino – Teses. 3. Evolução (Biologia) – Teses. 4. Ciência –
Filosofia – História – Teses. I. Batista, Irinéa de Lourdes. II. Salvi, Rosana
Figueiredo. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências
Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação
Matemática. IV. Título.

CDU. 50:37.02

LUCKEN BUENO LUCAS

**CONTRIBUIÇÕES AXIOLÓGICAS E EPISTEMOLÓGICAS AO
ENSINO DA TEORIA DA EVOLUÇÃO DE DARWIN**

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

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Irinéa de Lourdes Batista
UEL – Londrina – PR

Prof^a. Dr^a. Rosana Figueiredo Salvi
UEL – Londrina – PR

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

Prof. Dr. Hugh Lacey
Swarthmore College – EUA

Londrina, 07 de Abril de 2010.

À minha orientadora Irinéa de Lourdes Batista e
à minha irmã Simone Luccas.

Vocês, generosamente, ensinaram-me muito
mais do que deveriam.

Meus sinceros agradecimentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu porto seguro e amigo fiél.

À minha orientadora, professora Dra. Irinéa de Lourdes Batista, por me ter acolhido como orientando e acreditado na parceria que resultou neste trabalho. Por sua dedicação, confiança e disposição em me orientar. Jamais esquecerei os conselhos, os “pulos do gato”, os conhecimentos compartilhados e, sobretudo, sua postura eticamente correta frente aos compromissos docentes.

À professora Dra. Rosana Figueiredo Salvi, pelo apoio, solicitude e generosidade em aceitar ser minha co-orientadora.

Aos professores Álvaro Lorencini Júnior, Hugh Lacey e Rosana Figueiredo Salvi, pelas valiosas contribuições no exame de qualificação.

À minha família, sobretudo minha mãe, Basílica, pelo apoio incondicional e por suportar, carinhosamente, meus períodos de stresse e indisposição.

À minha namorada, Heloisa, pela paciência, incentivo e compreensão durante minhas imprescindíveis “ausências”.

Ao grupo de pesquisa *Ifhiecem*, pelas importantes discussões e contribuições.

À CAPES, pela bolsa concedida, e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina.

Às secretárias de pós do CCE, que sempre me atenderam com atenção e solicitude.

À bibliotecária Milene Rosa de Almeida (UNESP-Assis), por possibilitar a localização e o empréstimo de inúmeros referenciais utilizados nesta pesquisa.

Aos colegas do mestrado, sobretudo ao grande amigo Marcelo, por seu companheirismo e incentivo constantes.

Ao professor Agustín Adúriz-Bravo (Universitat Autònoma de Barcelona) pela gentileza em me enviar sua tese de doutorado.

Aos amigos do peito, Ângela, Iracema, Terezinha e João Martins, especialmente à Heliene Pazinato. Obrigado pelo apoio. Vocês são o meu maior tesouro.

Aos amigos da faculdade, Profa. Lindalva, Prof. Sandremir, Carlão, Bete, Juliana, Rafael, Rosângela e Thaysa. De fato, vocês são especiais e inesquecíveis.

À equipe desenvolvedora e mantenedora do programa SKYPE <<http://www.skype.com/intl/pt/>>. Graças a ela pude ter horas e horas de análise e discussão ininterruptas com minha orientadora que, nos últimos meses, realiza Pós-Doutorado no Massachusetts Institute of Technology – USA.

O segredo é não correr atrás das borboletas...

É cuidar do jardim para que elas
venham até você.

Mário Quintana

LUCAS, L. B. **Contribuições axiológicas e epistemológicas ao ensino da teoria da evolução de Darwin**. 2010. 206 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

Inúmeros são os trabalhos que expõem uma diversidade de problemas no ensino de evolução biológica, em diferentes partes do mundo. Além de problemas na compreensão desse conteúdo por parte de alunos e professores, diversas pesquisas apontam que muitos livros didáticos – repletos de divergências conceituais – prejudicam a compreensão dos fenômenos evolutivos. Diante dessa problemática e reconhecendo o papel essencial desse assunto na formação científica dos estudantes, uma pergunta intrigou-nos: “A História e a Filosofia da Ciência podem colaborar na identificação e compreensão de questões axiológicas e epistemológicas relativas ao Darwinismo e a partir de então, contribuir para a investigação da construção de uma sequência didática que auxilie professores de Biologia do Nível Médio no ensino dessa temática?”. Na busca por respostas, iniciamos uma pesquisa qualitativa de cunho interpretativo, segundo aportes da Didática da Ciência e da Aprendizagem Significativa Crítica, cujas principais etapas compreendem um levantamento bibliográfico, uma reconstrução histórica do Darwinismo, a elaboração de uma sequência didática para o ensino de evolução e análise da mesma.

Palavras-chave: Evolução biológica. Sistemas axiológicos. História e filosofia da ciência. Epistemologia da biologia. Aprendizagem significativa crítica. Sequência didática.

LUCAS, L. B. **Axiological and epistemological contributions to the teaching of Darwinian theory of evolution.** 2010. 206 f. Dissertation (Master's Degree in Science Teaching and Mathematical Education) – State University of Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

There are several studies that expose a variety of problems in the teaching of biological evolution, in different parts of the world. In addition to problems in understanding the content by students and teachers, several studies show that some textbooks - full of conceptual problems - affect the understanding of evolutionary phenomena. Faced with this problem and recognizing the essential role of this subject in scientific formation of students, a question intrigued us: "The History and Philosophy of Science can assist in identification and understanding of axiological and epistemological issues on Darwinism and then, contribute to research the construction of a didactic sequence to help teachers of Biology at the High School in teaching this subject?" In the search for answers, we began an qualitative research of interpretative nature, based in Didactics of Science and Critical Meaningful Learning, whose main steps include a survey bibliography, a historical reconstruction of Darwinism, the development of a didactic sequence for teaching evolution and the analysis of it.

Keywords: Biological evolution. Axiological systems. History and philosophy of Science. Epistemology of biology. Critical meaningful learning. Didactic sequence.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Subaspectos da Didática das Ciências.....	44
Figura 2 – Triângulo de relações: História, Epistemologia e Didática das Ciências	46
Figura 3 – Jean Baptiste Lamarck	70
Figura 4 – Evolução do pescoço das girafas segundo Lamarck.....	72
Figura 5 – Charles Robert Darwin.....	74
Figura 6 – Charles Robert Darwin – fases	75
Figura 7 – Navio Beagle.....	76
Figura 8 – Rota de viagem do Beagle.....	77
Figura 9 – Tentilhões	78
Figura 10 – Livro Original “A Origem das Espécies”	80
Figura 11 – Teoria da Evolução	81
Figura 12 – Subteorias da Teoria da Seleção Natural	84
Figura 13 – Barbatanas na Boca de uma Baleia.....	90
Figura 14 – Barbatana Parcial de Baleia	91
Figura 15 – Olhos dos peixes achatados.....	94
Figura 16 – Diagramas conjecturais da evolução dos mamíferos.....	119
Figura 17 – Tentilhões-de-Galápagos.....	120

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
1.1 EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO.....	22
1.2 CONTRIBUIÇÕES EPISTEMOLÓGICAS, HISTÓRICAS E FILOSÓFICAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	25
1.3 QUESTÕES AXIOLÓGICAS E ATIVIDADE CIENTÍFICA	31
1.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA: SUAS RELAÇÕES COM ESTA PESQUISA	37
1.5 DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS E EPISTEMOLOGIA ESPECÍFICA DA BIOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	42
CAPÍTULO 2 – APORTES METODOLÓGICOS	50
2.1 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA	50
2.2 A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	50
2.3 CUIDADOS HISTORIOGRÁFICOS	56
2.4 ANÁLISE DOCENTE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ENTREVISTAS E QUESTIONÁRIOS	59
2.4.1 As Entrevistas	60
2.4.2 Os Questionários.....	60
2.5 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA PARA UMA COMPREENSÃO DOS DADOS.....	62
CAPÍTULO 3 – UMA RECONSTRUÇÃO HISTÓRICO- EPISTEMOLÓGICA DO PENSAMENTO EVOLUTIVO	64
3.1 PENSAMENTO EVOLUTIVO ANTES DE DARWIN.....	64
3.2 PENSAMENTO EVOLUTIVO A PARTIR DE DARWIN	74
3.3 ALGUMAS OBJEÇÕES	84
3.3.1 Oposições Metodológicas.....	86
3.3.2 Críticas de Lorde Kelvin.....	87
3.3.3 Objeções de Mivart.....	88
3.3.3.1 As barbatanas de alguns cetáceos	89

3.3.3.2 Os olhos dos peixes achatados	92
3.4 PARA UMA COMPREENSÃO DOS ARGUMENTOS DARWINIANOS	96
3.5 UMA ANÁLISE AXIOLÓGICA DO PENSAMENTO EVOLUTIVO DE DARWIN	111

CAPÍTULO 4 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA CONSTRUÍDA E SUA ANÁLISE ESTRUTURAL	124
--	------------

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE E SÍNTESE DOS DADOS.....	135
5.1 SOBRE OS PROFESSORES QUE ANALISARAM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	135
5.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO	136
5.3 UMA SÍNTESE DAS RESPOSTAS DOS PROFESSORES.....	148

CONSIDERAÇÕES FINAIS	153
-----------------------------------	------------

REFERÊNCIAS.....	158
-------------------------	------------

APÊNDICES	167
APÊNDICE A – Textos com análise estrutural.....	168
APÊNDICE B – Quadro de identificação dos professores	178
APÊNDICE C – Roteiro para análise da seqüência	179
APÊNDICE D – Texto de apoio ao professor para análise da seqüência didática	184
APÊNDICE E – Sequência didática para o ensino de “evolução biológica”	186
APÊNDICE F – Texto para a seqüência dos professores.....	192
APÊNDICE G – Instrumento de avaliação da seqüência	202

ANEXO	203
ANEXO A – Jogo: a guerra dos bicos.....	204

INTRODUÇÃO

Após ser aprovado no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, tive a oportunidade de inscrever-me na disciplina “Abordagens Históricas e Filosóficas na Educação Científica e Matemática”. A realização de uma atividade sugerida por tal disciplina conduziu-me a uma investigação de artigos científicos da área, a fim de empreender determinados levantamentos. Algum tempo depois, percebi que os desdobramentos dessa atividade (no meu caso) suplantaram as exigências básicas da disciplina.

Durante os levantamentos, tomei conhecimento de publicações recentes, nos âmbitos nacionais e internacionais, que fizeram-me alterar radicalmente o projeto inicial de pesquisa ao qual me havia proposto: a Bioética, meu campo de atuação até aquele momento.

Nas revistas e periódicos pesquisados encontrei um número considerável de artigos científicos evidenciando problemas no ensino de evolução biológica, ora focando alunos, ora professores ou então alguns materiais didáticos comumente utilizados no ensino dessa temática.

Este fato provocou-me algumas inquietações que logo transformaram-se nos questionamentos:

- Como pode haver tantos problemas no ensino de um assunto (evolução) tão estudado e pesquisado pela Biologia?
- Qual ou quais seriam as causas desses problemas? Decorreriam de deficiências na formação docente? Dos materiais didáticos? Dos alunos?
- Qual o impacto dessas questões nos processos de ensino e de aprendizagem em Biologia?
- Por ter a evolução um papel central no entendimento dos conhecimentos biológicos, que tipo de formação científica está sendo realizada com os estudantes frente a essa problemática?

Evidentemente, tais questionamentos silenciaram meus antigos objetivos e suscitaram uma inquietante busca por respostas. Foi neste momento que

minha condição de “pesquisador iniciante” favoreceu o estabelecimento de um dilema. Se por um lado havia um grande desejo de investigar estas questões e de alguma forma contribuir com o ensino de Biologia, por outro, como poderia realizar um empreendimento dessa natureza? Teria eu condições de realizá-lo respeitando o período máximo de tempo estabelecido pelo programa de Pós-graduação? Conseguiria em tão pouco tempo apropriar-me de referenciais tão diferentes e específicos?

Após alguns dias de reflexão e diversas conversas com minha orientadora, resolvi investir nessa empreitada. Considerando, ainda, um dos principais compromissos assumidos no ingresso do mestrado – a produção de uma dissertação que trouxesse contributos a área de Ensino de Ciências e Educação Matemática – entendi que seria razoável trabalhar não somente em levantamentos bibliográficos, mas na construção uma de proposta capaz de minimizar alguns dos agentes causadores de problemas no ensino de evolução biológica.

Assim, (destituindo-me da primeira pessoa), demos início à pesquisa que resultou na elaboração do trabalho dissertativo que ora apresentamos para fins de defesa.

Considerando a complexidade e a diversidade dos níveis de abrangência dos problemas relacionados ao entendimento dos conceitos evolutivos, pensamos serem justificáveis a elaboração e a proposição de estratégias de ensino tão variadas quanto as dificuldades visualmente presentes no processo epistemológico do conhecimento evolutivo.

Portanto, nosso principal objetivo consistiu na investigação do processo de construção de uma sequência didática, para o ensino de evolução biológica, a partir dos aportes de História e Filosofia da Ciência, Aprendizagem Significativa Crítica e Didática das Ciências, por meio dos quais, buscamos amenizar a influência de possíveis fatores prejudiciais ao ensino de evolução e, assim, promover uma Educação Científica de melhor qualidade. Além disso, buscamos também analisar a pertinência e os desdobramentos da sequência didática construída.

Passamos, a seguir, à apresentação estrutural deste trabalho.

Na apresentação do problema, promovemos um levantamento de informações (atualizadas) sobre o ensino de evolução biológica em revistas, periódicos, dissertações e teses de área de Ensino de Ciências e demais áreas

correlatas, procurando apresentar as ideias iniciais da pesquisa bem como explicitar os motivos pelos quais fomos motivados a prosseguir com a mesma.

No primeiro capítulo, apresentamos o referencial teórico que sustenta a pesquisa. Organizado em cinco partes, abordamos os seguintes assuntos: a evolução biológica nos documentos oficiais do Ministério da Educação; o papel da Epistemologia, da História e da Filosofia no Ensino de Ciências; uma reflexão sobre as influências das questões axiológicas nas atividades científicas; noções de Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Significativa Crítica e Didática das Ciências, bem como o papel de cada uma dessas áreas neste trabalho.

No segundo capítulo, abordamos os fundamentos metodológicos utilizados nos levantamentos dos referenciais, na elaboração da proposta didática e nas análises dos dados obtidos por meio de questionários semi-estruturados, além dos cuidados historiográficos ponderados na reconstrução histórica de alguns episódios do Darwinismo.

Em sequência, no terceiro capítulo, apresentamos uma reconstrução histórica do Darwinismo – um empreendimento que se fez necessário no decorrer da pesquisa. Em outras palavras, dissertamos sobre alguns eventos históricos acerca da evolução do pensamento biológico desde os gregos até os tempos recentes. Além disso, nesse mesmo capítulo, realizamos uma análise axiológica sobre o pensamento evolutivo darwiniano, mediante os conhecimentos adquiridos durante a própria reconstrução histórica.

No quarto capítulo, apresentamos a sequência didática construída para o ensino de “evolução biológica” (e sua análise estrutural), segundo os aportes dos referenciais mencionados anteriormente.

O quinto e último capítulo reservamos para a apresentação dos instrumentos de análise da proposta, a saber, o resultado de questionários respondidos por professores que se propuseram a analisar e emitir pareceres críticos sobre o material construído.

Nas considerações finais, arrazoamos panoramicamente sobre a pesquisa, sem a presunção de qualificá-la como um estudo totalmente acabado.

APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Ao realizarmos um levantamento mais específico e atualizado em revistas, periódicos, dissertações e teses da área de Ensino de Ciências – acerca da compreensão dos conceitos evolutivos por parte de estudantes e professores (nos diferentes níveis de ensino), deparamo-nos com um panorama preocupante: a denúncia de uma diversidade de problemas nos processos de ensino e de aprendizagem desse assunto.

A bem da verdade, não obstante o grande número de estudos desenvolvidos a partir das teorias evolutivas, percebemos que muitos conceitos incorretos continuam sendo amplamente difundidos.

Pesquisas como de Bizzo (1991), Oliveira (1998), Santos e Bizzo (2000), Rosa et al. (2002), Santos (2002), Carneiro (2004), Goedert (2004), Bellini (2006) e muitas outras, sinalizam a presença de dúvidas, divergências e polissemia de conceitos entre estudantes do Ensino Básico, graduandos do curso de Biologia, professores de Biologia e em livros didáticos do assunto.

Nessas pesquisas encontramos muitas polêmicas envolvendo conteúdos de evolução. Noções como progresso, direção e aperfeiçoamento são exemplares de diferentes significados que se lhe atribuíram no recente decurso histórico.

Infelizmente, esse cenário conflituoso reflete-se diretamente nos processos de ensino e de aprendizagem em Biologia que, contaminados por informações incorretas, acabam por disseminar conceitualizações impróprias sobre um assunto que é relevante a esta ciência.

No que diz respeito aos estudos sobre os conteúdos de evolução em livros didáticos de Ciências e Biologia, destacamos que nos Estados Unidos, Kodi e Roach (2007) no artigo *A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school textbooks*, chamam a atenção para a presença persistente de equívocos em livros didáticos utilizados no ensino de evolução, mesmo após inúmeros debates sobre este problema.

Na Espanha, Aleixandre (2007), no artigo *Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers*, ao analisar os conteúdos de evolução (principalmente a teoria da seleção natural) em uma amostra de dezessete livros didáticos, esclarece que na maioria dos casos a abordagem desses conteúdos

é marcada por um tratamento superficial de ideias - chave e com pouca variedade de atividades.

No Brasil, Bellini (2006) em seu artigo *Avaliação do conceito de evolução nos livros didáticos*, publicado pela revista Estudos em Avaliação Educacional, avaliou o conceito de evolução em doze livros didáticos brasileiros publicados entre os anos de 1991 e 2004. Segundo a autora, foi encontrado reiteradamente o uso de analogias como a da 'escada' ou de 'degraus da escada' nas explicações de evolução. Suas conclusões confirmam a presença de divergências sobre o tema. Segundo ela:

[...] a passagem das ciências para os livros didáticos é feita em versão anticientífica, com modelos inconsistentes e com vocabulário reducionista, que provoca uma adesão imediata à teoria, mas esmorece em seguida, pois não permite novas aberturas para a compreensão de fenômenos evolutivos (BELLINI, 2006, p. 25).

Mais recentemente, Souza (2008), em sua monografia intitulada *Análise do conteúdo evolução em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio adotados no Estado do Paraná*, comenta sobre o distanciamento existente entre os livros didáticos pesquisados (neste caso, os adotados pelo estado do Paraná) e as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais no que diz respeito ao conteúdo de evolução biológica. Para a autora,

[...] é necessário que os livros didáticos sejam melhorados seguindo as propostas dos PCNs e também desenvolvendo os conceitos de evolução de forma mais clara e completa para melhor compreensão pelos alunos e professores (SOUZA, 2008, p. 39).

Ainda no âmbito dos livros didáticos, Zamberlan (2008), em sua dissertação de mestrado com o título *Contribuições da História e Filosofia da Ciência para o Ensino da Evolução Biológica*, analisou o modo como são apresentados os conteúdos "competição interespecífica" e "vírus da imunodeficiência adquirida" (HIV) – (temas relacionados à evolução biológica) e sua possível relação com a ideia de que a evolução possa ser adotada como um princípio organizador da Biologia.

Suas conclusões são de que "os livros analisados não estabelecem essa relação de forma clara". Ainda segundo a autora,

[...] considerando a proposta de ensino de adotar a evolução biológica como princípio organizador da Biologia, os livros didáticos poderiam oferecer maior contribuição, caso apresentassem essa relação de forma mais clara, principalmente nos conteúdos mais oportunos para isso (ZAMBERLAN, 2008, p. 84-85).

No que diz respeito ao ensino e a aprendizagem da teoria da evolução, Bishop e Anderson, já em 1990, no artigo *Students conceptions of natural selection and its role in evolution*, escreveram (segundo resultados de alguns testes) que muitos estudantes vêem a evolução como um processo pelo qual os organismos, diferentemente de explicações científicas, respondem a condições ambientais, alterando-se progressivamente ao longo do tempo.

No Brasil, um dos trabalhos mais conhecidos sobre essa temática é a tese de doutorado de Nélio Marco Vincenzo Bizzo (1991) *Ensino de Evolução e História do Darwinismo*. Nela, o autor desenvolveu uma ampla pesquisa analisando aspectos do ensino e da aprendizagem da teoria da evolução em propostas curriculares de dezoito estados brasileiros (além do Distrito Federal), em livros didáticos e na concepção de estudantes, por meio de questionários e entrevistas.

As entrevistas e os questionários foram aplicados tanto para alunos da rede pública quanto da rede particular de ensino que já haviam estudado formalmente a teoria da evolução. O resultado da análise desses instrumentos foi preocupante. Segundo Bizzo (1991), apesar das diferenças sociais, culturais e religiosas, grande parte dos estudantes apresentou concepções divergentes às explicações consideradas válidas no escopo científico atual.

Além disso, segundo Bizzo (1991), tanto os livros didáticos quanto os parâmetros curriculares (da época), por estarem permeados de falhas, configuravam-se como agentes mantenedores desse distanciamento (entre os conceitos científicos e as opiniões dos estudantes).

Outro ponto importante na investigação de Bizzo (1991) foi a identificação da influência de princípios religiosos no processo de aprendizagem das teorias evolutivas, sobretudo no aspecto da origem e evolução humana. Entretanto, o mesmo autor esclarece que não apenas esse tipo de influência mas a maneira como os conteúdos são apresentados aos estudantes prejudica a aprendizagem. Segundo ele

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 construção da individualidade como a origem do Homem (BIZZO, 1991, p. 213).

Não são raros os debates sobre a interferência de posturas religiosas na Educação Científica. No Brasil, recentemente, a ex-governadora do estado do Rio de Janeiro – criacionista por convicção – trouxe à baila tal discussão ao implantar no estado um ensino religioso com características consideradas extremamente flexíveis, no qual a estrutura básica do currículo previa "reflexões sobre a criação de Deus como um ato de amor", porém, não determinava o que realmente deveria ser ensinado aos mais de setecentos mil estudantes da rede pública do Rio de Janeiro (MARTINS; FRANÇA, 2004).

Além do Brasil, em diversos outros países o debate entre posturas criacionistas e a teoria da evolução Darwinista acontece de maneira ainda mais contundente. Em três de dezembro de 2007, uma matéria publicada no jornal *The New York Times* causou incômodo à comunidade científica mundial. Christine Castillo Comer, professora de ciências durante vinte e sete anos e por nove, diretora de Ciências na Agência de Educação do estado do Texas, Estados Unidos, foi demitida após manifestar-se contrária ao currículo de ciências de seu estado, que reconhece o criacionismo como a doutrina pela qual a vida surgiu de um criador inteligente (BLUMENTHAL, 2007).

Recentemente, Bizzo (2007) publicou o artigo *From down house Landlord to Brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way?* Nele, o autor relata que quase todos os trabalhos voltados para a investigação dessa temática apontam que o ensino da teoria da evolução não está sendo muito positivo em diversas partes do mundo.

Como possíveis justificativas, segundo Bizzo (2007), alguns autores atribuem como um dos fatores responsáveis por tal problemática a má compreensão dos conteúdos evolutivos. Balizado em testes, o autor explicita que as concepções dos alunos revelam, recorrentemente, analogias com as ideias de progresso e melhoramento. Além disso, a competição entre indivíduos é interpretada erroneamente como pura violência. Quanto à adaptação, acreditam que deva ser entendida como um processo individual.

Com a mesma percepção, entre os anos de 1997 e 1998, Oliveira (1998), destacou que em entrevistas realizadas com alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ingressantes e formandos), é possível ratificar essas mesmas divergências conceituais. As opiniões obtidas consideram noções de progresso, direção e melhora como análogas à evolução.

Em 2007, Settlage Junior no artigo *Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process*, analisou a questão das concepções alternativas de cinquenta estudantes no entendimento de seleção natural. Os resultados dos testes mostraram que metade dos pesquisados apresentavam explicações teleológicas e Lamarckistas para os problemas evolutivos enunciados.

Outro trabalho, a dissertação de Goedert (2004), *A formação do professor de Biologia e o ensino da Evolução Biológica*, apresenta questões sobre a evolução biológica na formação de professores de Biologia licenciados pela Universidade Federal de Santa Catarina durante a década de 1990.

Por meio de entrevistas a autora buscou identificar aspectos da prática docente que possuíssem relação com a formação recebida no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da referida instituição, além de fatores relacionados à formação continuada e limitações presentes no próprio espaço escolar. Como resultado, ela destaca que:

[...] durante a década de 1990 na UFSC não propiciou uma abordagem dos conhecimentos de modo a possibilitar que esses educadores proporcionassem um ensino integrador da noção de Evolução Biológica, contribuindo para que a abordagem deste tema no Ensino Médio restrinja-se à diferenciação entre as teorias evolutivas, normalmente presentes nos livros didáticos...[...] Não basta deter apenas os conhecimentos específicos relacionados ao tema Evolução Biológica, bem como os demais, mas também saber lidar com as situações que decorrem do seu ensino (GOEDERT, 2004, p. 99-103).

Na mesma perspectiva, Carneiro (2004), apresenta em sua dissertação *A evolução biológica aos olhos de professores não licenciados*, resultados da análise de setenta e cinco textos relativos ao tema evolução, elaborados por professores de Biologia não-licenciados da Rede Estadual da Bahia, por ocasião de um curso de complementação para Licenciatura em Biologia,

oferecido pela Universidade Federal de Santa Catarina entre os anos de 2001 e 2002.

Ao analisar os textos, Carneiro (2004, p. 4) explicita que “foi identificada uma série de equívocos conceituais relacionados ao domínio do conhecimento científico e dificuldades de abordagem do tema Evolução Biológica, no contexto do ensino de Biologia”.

Ainda neste sentido, Alters e Nelson (2002) em *Perspective: Teaching Evolution in Higher Education*, comentam a respeito dos problemas relativos ao não entendimento de evolução nos diversos níveis de ensino, sobretudo no superior. De acordo com esses autores, muitos estudantes universitários, ainda que tenham tido oportunidade de frequentar bons cursos secundários, demonstram apresentar muito pouco daquilo que supostamente tenham aprendido sobre conhecimentos evolutivos.

Pertinentemente, entre os artigos pesquisados destacamos o de Rudolph e Stewart, *Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education*. Neste trabalho, os autores buscaram justificar algumas das persistentes dificuldades dos estudantes na compreensão de conceitos evolutivos.

Segundo eles, possíveis respostas para estes problemas poderiam ser encontradas mediante estudos históricos e filosóficos. Ou seja, análises mais detalhadas dos aspectos que envolveram o modo pelo qual a sociedade da época “recebeu” a teoria da evolução, poderiam corroborar no esclarecimento das atuais dificuldades que os alunos apresentam em sua compreensão. Integrar, pois, como também pretendemos neste trabalho, aspectos históricos e filosóficos ao ensino de evolução, constitui um empreendimento relevante à Educação Científica, segundo tais autores.

Assim, com base nessas e outras pesquisas, identificamos três (embora não únicos) principais fatores prejudiciais ao entendimento de evolução biológica por parte dos estudantes: a influência de princípios religiosos pessoais ou institucionais, a presença de concepções alternativas às cientificamente aceitas e os erros conceituais de muitos livros didáticos utilizados no ensino de evolução. Foram estes fatores, portanto, que procuramos considerar na sequência didática construída.

A seguir, damos início à apresentação de nossa fundamentação teórica, a partir de uma discussão acerca da presença do tema 'evolução biológica' nos documentos oficiais do Ministério da Educação.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 EVOLUÇÃO BIOLÓGICA NOS DOCUMENTOS OFICIAIS DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

É evidente, em inúmeros documentos oficiais do Ministério da Educação do Brasil, a importância dos conteúdos evolutivos na Educação Científica. Desde a década de 1990 este Ministério elabora documentos especificamente voltados para a estruturação dos currículos escolares nacionais. Tais documentos, conhecidos como PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) objetivam padronizar o ensino no país a fim de que existam pilares fundamentais e norteadores à Educação formal.

Os conteúdos da evolução biológica, segundo estes PCNs, apresentam um caráter relevante à Educação Científica. Por compreenderem questões intrigantes como a origem e a diversidade da vida na Terra, estes conteúdos suscitam uma série de polêmicas que merecem reflexões de natureza científica, a fim que seja dada aos estudantes a oportunidade de compreender a transitoriedade do conhecimento científico e desenvolver posicionamentos críticos e reflexivos sobre os aspectos evolutivos da vida (BRASIL, 1998).

Já as Diretrizes Curriculares para o curso superior de Ciências Biológicas – normas obrigatórias de orientação e planejamento curricular das escolas e sistemas de ensino, fixadas pelo Conselho Nacional de Educação – deixam evidente a importância dos conteúdos evolutivos. Segundo este documento, “O estudo da Biologia deve possibilitar a compreensão de que a vida se organizou através do tempo, sob a ação de processos evolutivos, tendo resultado numa diversidade de formas sobre as quais continuam atuando as pressões seletivas” (BRASIL, 2001, p. 1).

Recentemente, a pedido do próprio Ministério da Educação, diversos professores encaminharam sugestões e contribuições aos PCNs já apresentados. Considerando essas colaborações, o mesmo órgão publicou as *Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*, mais conhecidas como PCN+.

Este documento, igualmente aos anteriores, reforça que “as ciências biológicas reúnem algumas das respostas às indagações que vêm sendo formuladas

pelo ser humano, ao longo de sua história, para compreender a origem, a reprodução, a evolução da vida e da vida humana em toda sua diversidade de organização e interação” (BRASIL, 2002, p. 33).

Entre os temas estruturadores da Biologia, o PCN+ destaca a *Origem e a Evolução da Vida* como um campo conceitual fundamentalmente importante à área. Além disso, o documento sistematiza algumas unidades temáticas que especificam a abrangência e os objetivos dos conteúdos de cada campo conceitual da Biologia. Para o tema *Origem e Evolução da Vida*, o PCN+ dispõe as seguintes unidades:

[...] 1. Hipóteses sobre a origem da vida e a vida primitiva

- Identificar diferentes explicações sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos, confrontando concepções religiosas, mitológicas e científicas, elaboradas em diferentes momentos.

- Analisar experiências e argumentos utilizados por cientistas como F. Redi (1626- 1697) e L. Pasteur (1822-1895) para derrubar a teoria da geração espontânea.

- Apresentar em textos, maquetes, desenhos ou esquemas, os fenômenos relacionados com o surgimento da vida e as condições da vida primitiva. (BRASIL, 2002, p. 50-51, grifo do autor).

2. Idéias evolucionistas e evolução biológica

- Comparar as idéias evolucionistas de C. Darwin (1809-1882) e J.B. Lamarck (1744- 1829) apresentadas em textos científicos e históricos, identificando as semelhanças e as diferenças.

- Elaborar explicações sobre a evolução das espécies, considerando os mecanismos de mutação, recombinação gênica e seleção natural.

- Identificar alguns fatores – migrações, mutações, seleção, deriva genética – que interferem na constituição genética das populações.

- Comparar a frequência de genes de determinada população, ao longo do tempo, relacionando as alterações encontradas com o processo evolutivo.

- Traçar as grandes linhas da evolução dos seres vivos a partir da análise de árvores filogenéticas.

- Construir uma escala de tempo situando fatos relevantes da história da vida. (Ibidem, grifo do autor)

3. A origem do ser humano e a evolução cultural

- Construir a árvore filogenética dos hominídeos, baseando-se em dados recentes sobre os ancestrais do ser humano.

- Reconhecer o papel desempenhado pelo desenvolvimento da inteligência, da linguagem e da aprendizagem na evolução do ser humano.

- Distinguir a evolução cultural, fundada no aprendizado e na transmissão de comportamentos aprendidos, da evolução biológica que decorre de alterações nas frequências gênicas.

- Apontar benefícios e prejuízos da transformação do ambiente e da adaptação das espécies animais e vegetais aos interesses da espécie humana, considerando o que tem acontecido, nos últimos

milhares de anos da história da humanidade e especulando sobre o futuro da espécie humana (BRASIL, 2002, p. 50-51, grifo do autor).

4. A evolução sob intervenção humana

- Reconhecer a seleção feita pelo ser humano, como um mecanismo de alteração das características das espécies sob intervenção.
- Avaliar o impacto da medicina, agricultura e farmacologia no aumento da expectativa de vida da população humana, na sobrevivência de genótipos com funções biológicas alteradas e no processo evolutivo da espécie (BRASIL, 2002, p. 50-51, grifo do autor).

Com a apresentação dessas unidades temáticas, explicitamos a importância e a pertinência dos conhecimentos evolutivos no ensino. Segundo diversos autores, o Ministério da Educação reconhece a importância da evolução biológica como eixo integrador de diversas áreas da Biologia, uma atribuição não recente que provém da influência de projetos curriculares e coleções didáticas norte-americanas desde a década de cinquenta.

Todavia, em grande parte das escolas brasileiras esse papel integrador da evolução não tem sido adotado. Diversas pesquisas demonstram que a teoria evolutiva é apresentada aos alunos apenas como mais um dos conteúdos de Biologia.

Mas porque isso acontece? Segundo o que pudemos constatar, além de problemas na formação docente, na autonomia de escolas da rede privada (na organização dos conteúdos) e nas distorções midiáticas, a ausência de bons materiais didáticos corresponde a um dos grandes fatores responsáveis pela conservação deste problema.

Nesse sentido, pensamos ser pertinente e necessária a investigação da construção de uma sequência didática para o ensino de evolução biológica, objetivando apresentar esse conteúdo da forma mais imparcial possível, ou seja, desvincilhado de analogias (como a noção de progresso e aperfeiçoamento), de explicações religiosas e concepções alternativas esperando, assim, contribuir para o seu correto entendimento, em benefício à Educação Científica de alunos da série final da Educação Básica (terceiro ano do Ensino Médio).

1.2 CONTRIBUIÇÕES EPISTEMOLÓGICAS, HISTÓRICAS E FILOSÓFICAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS

A intenção de conjugar conhecimentos de áreas como História e Filosofia da Ciência ao estudo da teoria da evolução e suas questões axiológicas ligadas ao ensino, não se estabelece – nesse trabalho – como um processo estocástico. Ao contrário, entendemos que essas áreas, articuladas entre si, compõem o eixo estruturante de nosso estudo.

A este respeito, sabemos que há consenso no meio científico Matthews (1995), El-Hani, Tavares e Da Rocha (2004a), Batista (2007) e Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2007), sugerindo que a inserção de debates históricos e filosóficos em situações pedagógicas, entre outras coisas, desmistifica a ciência, melhora a formação dos professores, supera a falta de significado de conceitos, além de esclarecer relações entre dogma, sistema de crenças e racionalidade científica.

Segundo Matthews (1995), são importantes os aportes da História e da Filosofia no processo de ensino e aprendizagem em Ciências, pois estas áreas contribuem para a humanização da ciência; fazem com que as aulas tornem-se mais reflexivas e estimulantes, além de desenvolverem o pensamento crítico.

Nesse mesmo sentido, concordamos com Batista (2007) ao entendermos que visões epistêmicas e ontológicas ajudam a conhecer diferentes caminhos metodológicos, diversos processos de construção interdisciplinar de explicações e compreender que concepções teóricas estão imersas em um dado contexto histórico e epistêmico, sujeitas às tradições de pesquisa.

No que se refere às contribuições da Epistemologia, pensamos que favorecer análises epistemológicas corretas de conceitos, no domínio do ensino de Ciências, pode ajudar na transposição das barreiras da contradição e da falta de significado que podem levar muitos estudantes ao não entendimento de assuntos científicos.

Wortmann (1996), ao estudar as relações entre Epistemologia, História da Ciência e Didática, destaca que essas áreas (especificamente as duas primeiras) são vistas por muitos pesquisadores, entre outros critérios, como referenciais balizadores ao processo de tomada de decisão dos conteúdos escolares. Segundo ela,

As investigações mais promissoras parecem ser aquelas que se dispõem a promover a análise do conteúdo conceitual sob ponto de vista histórico-epistemológico, sem deixar de considerar o papel do estudante na construção de seu próprio saber. A análise do conteúdo dos conceitos próprios a uma determinada área do saber, tem um importante papel no alcance de uma compreensão mais aprofundada acerca do conhecimento próprio a essa área. Além disso, esse procedimento envolve, necessariamente, uma inter-relação interdisciplinar capaz de fortalecer o próprio domínio disciplinar, na medida em que favorece o esclarecimento de aspectos referentes à organização do saber, por explicar as relações entre os diversos “elementos” desse saber (WORTMANN, 1996, p. 70).

O que Wortmann propõe é a intensificação do relacionamento entre os conhecimentos didáticos, epistemológicos e históricos, justificando tal estreitamento com a compreensão de que tais aportes são capazes de promover uma melhor compreensão dos conteúdos científicos e que, a partir dessa compreensão, proposições curriculares por vezes admitidas na ausência de análises crítico-reflexivas devam ter suas pertinências reavaliadas.

O filósofo da Biologia David Hull, como abordado por Maienschein (2000), também destacou em diversos trabalhos a opinião de que a História e a Filosofia da Ciência ajudam a compreender e fazer ciência de um modo melhor, haja vista que tais áreas são valiosos instrumentos auxiliares no entendimento do conhecimento científico, poupando-nos de perspectivas limitadas.

Diversos são os estudos que apontam os benefícios da aplicação desses enfoques (como, por exemplo, em Batista (2004) e também Batista e Luccas (2004). Segundo Batista (2007), uma presença pertinente e necessária de História e Filosofia da Ciência, contribui para a superação de conceituações superficiais na Educação Científica que – em sua maioria – são fruto de oportunismos teóricos que não geram resultados, ainda que demonstrem certo sucesso temporário.

Alguns cuidados, entretanto, são necessários para realizar uma articulação entre esses diferentes domínios de conhecimento. Entre eles, Batista (2007) destaca:

- Uma percepção da pertinência e a necessidade desses referenciais;
- Sua integração relacional e cognitiva;
- Uma ênfase nos processos interdisciplinares;

- O desenvolvimento de programas de pesquisa voltados para construção de materiais didáticos, para-didáticos, propostas didático-pedagógicas e processos de avaliação.

Considerando, então, os estudos científicos acima descritos, reconhecemos e evidenciamos a complexidade do processo de construção do conhecimento científico que tornar-se-á ainda mais intensa se esse conhecimento for apresentado de forma dogmática, parcial, acrítica e irreflexiva. Assim, para que avanços sejam percebidos, a Educação Científica pode atuar no sentido de dar mais significado ao conhecimento, o que requer, entre outras coisas, um resgate dos fatos históricos que originaram as ideias atuais (BATISTA, 2007).

Especificamente no caso da Biologia, sobretudo nos últimos anos, observa-se um crescente número de pesquisas que tem utilizado aportes históricos. É o caso de Martins (1998) que considera a História da Ciência um “dispositivo didático útil” que, tanto para o ensino de Biologia como de outras áreas, favorece e contribui com o processo de aprendizagem.

Assim como esses autores, entendemos que por meio do estudo de episódios históricos seja possível mostrar aos estudantes o processo de construção do conhecimento ao longo do tempo, estimulando-os a uma percepção mais concreta da ciência, seus métodos e limitações. Deste modo, sem promover juízos específicos de valor sobre determinados conteúdos, pretendemos fomentar o espírito crítico dos estudantes. Isto significa que ratificamos a ideia de que História da Ciência pode prevenir e/ou diminuir o estabelecimento de visões ingênuas da ciência como, por exemplo, a crença em descobertas infalsificáveis. Na mesma medida, pensamos que a inserção da História da Ciência possa neutralizar opiniões anti-cientificistas que tendem a relativizar o conhecimento científico à medida que consideram equivalentes todas as proposições científicas.

Uma vez que seja apresentado aos alunos, pertinentemente, o processo gradativo e lento da construção do conhecimento, eles poderão perceber que algumas de suas dúvidas “são perfeitamente cabíveis em relação a conceitos que levaram tanto tempo para serem estabelecidos e que foram tão difíceis de atingir”. Além disso, os estudantes compreenderão que através da História,

[...] a aceitação ou ataque a algumas propostas não dependem apenas de seu valor intrínseco, de sua fundamentação, mas que também nesse processo estão envolvidas outras forças tais como as sociais, políticas, filosóficas ou religiosas (MARTINS, 1998, p. 18).

Entretanto, assim como Batista (2007), Martins (1998) destaca alguns cuidados que também julgamos necessários para a aplicação da História da Ciência no ensino da ciência. Entre eles, citamos:

- Pertinência da inserção;
- Evitar bibliografias longas que contenham datações excessivas e que ignorem questões científicas isoladas de seu contexto temporal, social e cultural;
- Não apresentar aos alunos somente “aquilo que deu certo” nas atividades científicas. Omitir as dificuldades e as propostas alternativas pode induzi-los a visões tendenciosas;
- Considerar e valorizar as experiências dos alunos para que eles compreendam a semelhança de suas ideias com as de pessoas que contribuíram na construção de determinados conceitos ao longo da história.

Em relação a este último tópico, destacamos que Piaget e Garcia (1989), no livro *A Psicogênese e a história da ciência* já haviam iniciado uma discussão acerca das relações entre a construção do conhecimento científico – ao longo da História – e a psicologia do aprendizado. Matthews (1995), a esse respeito, comenta:

A obra de Piaget conduziu a atenção para um terreno óbvio de investigação: será que as concepções intuitiva, imediata, e “concreta” da criança refletem os primeiros estágios do desenvolvimento da compreensão científica em seus diversos domínios? Num nível um tanto simplista a resposta é “sim”: a criança, de fato, parece possuir uma capacidade de compreensão anterior a qualquer instrução, ou uma credulidade ingênua, que se assemelha às primeiras noções científicas, ou noções pré-científicas (MATTEWS, 1995, p. 179).

Outra importante contribuição da História da Ciência à Biologia consiste no estudo e esclarecimento de concepções históricas incorretas que são

frequentemente encontradas em livros didáticos da área, disseminando visões distorcidas da ciência que, segundo Martins (1998), incutem noções simplistas e pré-concebidas da atividade científica, como as do tipo:

Aquilo que atualmente aceitamos é correto e foi provado de forma definitiva por alguém, no passado

É possível se identificar quem fez e quando foi feita cada descoberta científica importante

Na História da Ciência, há os heróis (os que chegam a verdade) e os “vilões” (que só fazem confusões e cometem erros). (Ibidem)

Os grandes cientistas do passado não se enganavam e já tinham chegado exatamente às idéias que nós aceitamos hoje em dia (MARTINS, 1998, p. 20).

Nessa mesma perspectiva, Scheid e Ferrari (2006), ao promoverem uma discussão sobre as dificuldades percebidas em alunos ao término do ciclo básico de Ensino – nas questões relativas aos conhecimentos de genética – destacam que em muitos casos nem mesmo conceitos elementares como a relação entre gene, cromossomo, DNA, mitose e meiose são compreendidas pelos estudantes ao final do período escolar básico. Por isso, as autoras sugerem a admissão da História da Ciência no sentido de contribuir na elaboração de estratégias de ensino que favoreçam o desenvolvimento de uma compreensão mais adequada da Ciência.

El-Hani, Tavares e Rocha (2004a p. 265), ao aplicarem uma proposta de ensino mediante aportes de História e Filosofia das Ciências para alunos do Ensino Superior, nos cursos de Ciências Naturais, concluíram que a proposta contribuiu para mudanças nas visões sobre a natureza da ciência dos discentes. Embora considerem limitada a mudança na compreensão do termo ‘experimento’, relatam que a proposta “se mostrou eficaz na promoção de mudanças das visões sobre a demarcação entre a ciência e outros modos de conhecer, as diferenças entre leis e teorias e as relações entre modelos e evidências”.

Também Dal-Farra (2006), ao escrever sobre as mutações do ácido desoxirribonucléico e suas polêmicas discussões, esclarece que mesmo diante do predomínio positivista na Biologia, diversos são os trabalhos que apontam os benefícios da História da Ciência, em diferentes áreas do conhecimento, demonstrando que a epistemologia do pensamento científico supera informações de simples análises de dados empíricos uma vez que “os argumentos de autoridade e

os paradigmas vigentes podem suplantar resultados empíricos que desafiem contextos consolidados pelos especialistas de determinada área” (DAL-FARRA, 2006, p. 154-155).

[...] definitivamente considero, sim, a necessidade de incorporação de novas abordagens [História e Filosofia da Ciência], sinérgicas aos grandes avanços da Genética e da Biologia Molecular nos dias de hoje, e principalmente reforço a necessidade de que temos de continuamente repensarmos nossas convicções, por mais arraigadas que sejam, pois muitas vezes nessa solidez inflexível é que “mora o perigo (DAL-FARRA, 2006, p. 162) [expressão acrescida].

Almeida e Falcão (2005, p. 17), também utilizaram História da Ciência no estudo de estruturas conceituais dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. Com o apoio de pressupostos históricos, os autores discutem problemas em livros didáticos de Biologia e também o conceito de evolução em alunos de diversos níveis escolares, sugerindo a teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud “como um instrumento analítico frutífero do processo de conceitualização dos sujeitos diante de situações envolvendo processos evolutivos”.

Assim, apoiados nos diversos autores acima, reconhecemos ser inúmeras – tanto quanto benéficas – as possíveis abordagens para a inserção de História, Filosofia e Epistemologia da Ciência à Educação Científica. Em concordância a um crescente número de trabalhos que suscitam os benefícios dessa articulação, dispomo-nos também a utilizar estes enfoques, tanto no que diz respeito ao referencial teórico de nossa pesquisa quanto no suporte teórico da investigação e desenvolvimento da proposta didática a ser apresentada.

Pensamos que essa aproximação, assim como sucedido em diversos outros estudos, poderá contribuir positivamente com a formação intelectual dos estudantes, apresentando-se não como uma proposta indefectível e generalizante, mas como uma alternativa didática que, como tantas outras, poderá contribuir positivamente com o processo de construção do conhecimento, sobretudo os conhecimentos da evolução biológica.

Na perspectiva da construção dessa proposta, há outra questão relevante que merece uma reflexão: as influências exercidas pelos sistemas de valores no processo de aprendizagem dos conteúdos científicos. Sabemos que cada

estudante traz consigo certos sistemas de valores adquiridos culturalmente no decorrer de sua vida. Desse modo, devemos nos questionar a respeito do impacto desses sistemas de valores (pessoais, sociais, etc.) mediante o conhecimento científico (apresentado no ambiente escolar). Como se dá essa relação? É o que discutiremos no item abaixo.

1.3 QUESTÕES AXIOLÓGICAS E ATIVIDADE CIENTÍFICA

No âmbito da Educação Científica, nos últimos anos, muitos autores têm estudado o papel dos sistemas axiológicos nas atividades científicas, questionando-se: seria a ciência livre de valores ou permeada por eles?

Ao buscar por novas maneiras de se compreender as motivações e os resultados dessas atividades, considerável relevância é atribuída ao fato de que as práticas científicas devem ser compreendidas segundo seu contexto histórico-social.

A partir da década de 1960, muitas teorias inovadoras, críticas e alternativas ao positivismo, surgiram no cenário científico. Na década seguinte, autores como I. Lakatos, L. Laudan, H. Lacey, E. McMullin e W. Stegmüller dedicaram-se à busca por novos entendimentos sobre o processo de progresso científico, como medidas alternativas aos clássicos princípios normativos logicistas (SALVI; BATISTA, 2008).

Por intermédio dos estudos desses autores e o conseqüente debate por eles sugerido, os filósofos e historiadores da ciência prestam atualmente atenção ao aspecto social, já que entendem que os fatos científicos estão impregnados de teoria, as teorias estão subdeterminadas pelos fatos e a ciência não pode ser caracterizada como atividade completamente independente, neutra ou racional (SALVI; BATISTA, 2008, p. 44).

Dentre os autores acima citados, inúmeras reflexões têm sido aprofundadas por Hugh Lacey, um filósofo da ciência australiano, erradicado nos Estados Unidos. Lacey trabalhou no Brasil entre os anos de 1969 e 1971 no departamento de Filosofia da Universidade de São Paulo, ingressando, posteriormente, como professor de Filosofia no Swarthmore College (Estado da Pensilvânia), no qual trabalha até os dias atuais.

Hugh Lacey tem dedicado grande parte de seus trabalhos à discussão das influências que os valores exercem nas práticas científicas. Suas considerações esclarecem que as ações humanas, incluindo as científicas, são intrinsecamente permeadas por sistemas de valores.

Como ele, entendemos que configura-se no campo da epistemologia, uma ampla discussão a respeito da influência que os valores exercem em relação aos empreendimentos científicos.

Mas como os seres humanos acabaram assimilando e assumindo esses valores? Qual a sua origem? No que diz respeito ao escopo semântico, Lacey (1998), esclarece que o termo latino “valor” admite significados variados e complexos. Na economia, nas artes plásticas, na ética, na linguística, na música e no direito, seja no universo pessoal ou social, os valores recebem conotações específicas e apresentam-se intimamente ligados às práticas humanas.

De acordo com a história, a distinção entre fato e valor – no campo da ciência natural – impulsionou o nascimento da chamada ciência moderna, um período compreendido entre Copérnico e Newton, no campo científico, e Bacon e Hume no campo filosófico.

A elaboração da dicotomia entre fato e valor (entre “é” e “deve ser”; ou ainda, como será usual em nossos dias, entre objetivo e subjetivo) acompanha o avanço e a afirmação do individualismo epistemológico e o abandono gradativo do princípio de autoridade, seja da ortodoxia teológica tridentina, seja da filosofia natural aristotélica. Do ponto de vista histórico, é em torno da dicotomia entre fato e valor que se constituiu o próprio campo da ciência natural no interior da ampla modificação que conduziu ao nascimento da ciência moderna (MARICONDA, 2006, p. 453).

De acordo com Mariconda (2006), essa distinção inclui também os estudos de Galileu, Descartes e Pascal que fomentaram posteriormente a busca incessante pelo controle da natureza, um valor que acabou definindo os caminhos pelos quais o desenvolvimento científico e tecnológico haveriam de passar.

Com a edificação dos pilares da ciência moderna e a emersão de uma cultura civilizatória ocidental voltada para o controle da natureza, os valores foram convergidos à seara do subjetivismo, sendo vistos como demonstrações de sentimentos, gostos e afetos. Essa noção de valor, perdurou por muitos anos:

[...] essa caracterização da esfera dos valores será também dominante, na década de 30 do século passado, com os positivistas lógicos, para os quais os enunciados éticos (bem e mal) e estéticos (belo e feio) não possuem *significado cognitivo*, não expressam propriamente conhecimento; possuem apenas *significado emotivo*, sendo antes expressões das emoções e sentimentos causados no indivíduo pelos eventos que acontecem a sua volta (STEVENSON, 1959; PUTNAM, 2002 apud MARICONDA, 2006, p. 454).

Segundo Mariconda (2006), neste período, todas as questões pertinentes ao emprego de valores eram entendidas como exclusivas ao campo da subjetividade, envolvendo tão somente “meras questões de preferências individuais”.

Entretanto, para alguns pesquisadores, a polissemia ou mesmo a “desqualificação” sofrida pelo significado do termo “valor” remonta (e justifica) os interesses do cientificismo em relação à universalidade da razão instrumental que pretendeu esconder o interesse pelo controle da natureza – sua verdadeira intenção com a tecnociência recém desenvolvida.

No campo específico da Biologia, para Mayr (1998, p. 99), descobertas advindas de teorias biológicas frequentemente chocar-se-ão a sistemas de valores mais tradicionais. Isto se deve, em maior parte, ao fato de que teorias biológicas, por trabalharem direta ou indiretamente com seres vivos – de modo particular os seres humanos – tocam sistemas de valores culturalmente impregnados na sociedade. Um exemplo recente são as pesquisas que envolvem a provável determinação genética do coeficiente de inteligência, sobretudo quando relacionadas a questões de raça. Segundo Mayr, (1998, p. 99) “por mais objetiva que seja a pesquisa científica, as suas descobertas, frequentemente, conduzem a conclusões carregadas de valor”.

No âmbito das práticas e instituições científicas, de acordo com Lacey no livro *Valores e Atividade Científica (1998)*, três são os componentes relacionados à ideia de que a ciência é livre de valores, a saber, imparcialidade, autonomia e neutralidade.

De acordo com a tese da neutralidade todo conhecimento adquirido por meio da ciência é desprovido de qualquer tipo de valor particular. Ou seja, a ciência não serve a interesses pessoais, organizacionais e/ou de minorias. Segundo essa tese, teorias científicas podem ser aceitas mediante todo e qualquer esquema de valor.

A tese da autonomia desconsidera o papel de fatores externos (extrínsecos) às práticas científicas tanto no processo de escolha de teorias quanto das abordagens de pesquisa. Neste contexto, interferências externas como influências ideológicas, religiosas, políticas ou mesmo valores sociais são dissociadas das atividades científicas de modo a não exercerem influência sobre as mesmas. Segundo a tese da autonomia, ainda que instituições (externas ao contexto científico) atuem plausivelmente como agentes provedores de recursos financeiros em pesquisas, não lhes cabe – em face da concessão desses benefícios – a intenção de manipular os interesses científicos originais.

A tese da imparcialidade, por sua vez, propõe que teorias científicas sejam homologadas pela comunidade científica mediante a manifestação de um tipo específico de valor, os valores cognitivos que, por sua vez, devem estar manifestos em alto grau e em conformidade com criteriosos padrões de avaliação e dados empíricos (LACEY, 1998). Em outras palavras, a expressão de valores cognitivos garante às teorias um reconhecimento legítimo, em detrimento de outros tipos de valores.

A bem da verdade, essa abordagem – da influência dos valores na atividade científica – já havia sido mencionada por Thomas Kuhn em duas de suas obras: no artigo *Objectivity, value judgement and theory choice* (1977) e no posfácio do livro *A Estrutura das Revoluções Científicas* (1969). Além de Kuhn, McMullin (1983; 1994; 1996), segundo Lacey (1998), contribuiu significativamente com reflexões acerca da racionalidade científica no que diz respeito aos valores.

Em face às três teses acima apresentadas, Lacey (1998), questiona a idéia tradicional de neutralidade científica ao promover uma reflexão sobre as bases epistemológicas da ciência e sua relação com o meio social. Sugere, por sua vez, sustentando a tese da imparcialidade, que o reconhecimento de teorias científicas (práticas científicas) seja motivado por razões epistêmicas ou cognitivas (valores epistêmicos ou cognitivos) não relacionadas aos sistemas formais de reconhecimento da racionalidade científica.

Esses valores cognitivos, de acordo com Lacey, correspondem – essencialmente – a uma alternativa para a distinção de juízos científicos assumidos como corretos ou não. Em detrimento de regras indutivas, dedutivas ou puramente probabilísticas, valores cognitivos apresentam-se como uma nova forma de compreender a racionalidade humana. A novidade dessa proposta consiste na

confluência dos membros da comunidade científica que, ao estabelecer um diálogo sobre a presença desses valores nas teorias, são capazes de instituir, coletivamente, juízos científicos corretos sobre a aceitação ou refutação das mesmas. Para Lacey (2008, p. 83-88),

[...] valores sociais podem efetivamente influenciar a estratégia adotada por um indivíduo ou pela comunidade científica. Mas apenas o jogo dos valores cognitivos legitima a escolha de uma teoria dentre as muitas que também são consistentes com as restrições.

Ainda segundo Lacey (2003, p. 121):

É útil trabalhar com um modelo das práticas de pesquisa científica segundo o qual existem três momentos-chave nos quais é preciso fazer escolhas, a saber, os momentos de: (i) adotar uma estratégia (ou regras metodológicas), (ii) aceitar teorias e (iii) aplicar o conhecimento científico. Os valores sociais podem ter papéis legítimos e importantes no primeiro e no terceiro momentos, porém não no segundo, quando apenas os valores cognitivos e os dados empíricos disponíveis têm papéis essenciais.

Mas, quais seriam os valores cognitivos? O próprio Lacey (2008), para exemplificar seu argumento apresenta uma lista desses valores que, segundo ele, podem ser reconhecidos em alguns períodos da história da ciência. Entre eles citamos: adequação empírica, consistência, simplicidade, fecundidade, poder explicativo e certeza.

Em consonância e enriquecendo a discussão, Ruse segundo Oliveira (1998) discute a relação entre noção de progresso e o desenvolvimento das ciências biológicas. Ele cita alguns valores chamados *epistêmicos* (a nosso ver homólogos aos cognitivos) que diferenciam uma ciência considerada 'madura'. São eles: elegância conceitual, precisão preditiva, coerência interna, consistência externa, poder unificador e fertilidade. Mais além, Ruse admite que outros tipos de valores podem estar agregados a estes. Segundo ele, muitos filósofos apontam para a substituição de valores culturais por valores epistêmicos a fim de que a ciência caminhe rumo ao desenvolvimento.

Neste mesmo sentido – das visões científicas influenciadas por sistemas de valores – citamos o caso de Julian Huxley, um dos artífices da teoria sintética da evolução biológica que embora lembrado como grande conhecedor das

questões evolutivas, acreditou que a espécie humana exercia preeminência sobre as demais, uma opinião prematura, certamente influenciada por valores e convicções filosóficas comumente associadas a tendências antropocêntricas.

Lacey (1998), ao considerar o aspecto coletivo do processo de aceitação de teorias, argumenta também que pode haver discordâncias entre os membros da comunidade científica no caso de submetê-las a um reconhecimento via valores cognitivos. A disposição hierárquica, por exemplo, ilustra a situação. Como afirmar que um determinado valor cognitivo aparece em maior grau que outros? Existiriam valores cognitivos mais importantes, preeminentes ou elementares?

Outro ponto de conflito é o reconhecimento da concreta manifestação de alguns valores cognitivos em particular, ou seja, o convencimento de que um valor cognitivo específico se adéqua concretamente a análise de uma teoria específica. O problema: como chegar a tal convencimento se os valores cognitivos manifestam-se em variados níveis da graduação? Como chegar ao consenso de que este ou aquele valor cognitivo se manifesta em maior ou menor grau em uma teoria?

Por esses motivos, Lacey (1998, p. 63) argumenta que “assumir um conjunto comum de valores cognitivos não implica necessariamente concordância sobre a escolha de teoria”. Isto significa que a análise dos juízos científicos deve ser particularizada. Para cada teoria tanto a lista quanto a disposição hierárquica de cada valor cognitivo presente será variada.

Considerando, então, a tese da imparcialidade mediante o aceite de teorias científicas via percepção e reconhecimento de valores cognitivos – em processo coletivamente constituído – e as polêmicas recorrentes ao ensino de evolução anteriormente apresentadas, a fim de exemplificarmos a maneira pela qual um estudo dos valores cognitivos pode colaborar com a Educação Científica, pretendemos elaborar uma proposta didático-pedagógica (sequência didática) utilizando esses valores no ensino de evolução.

Essa sequência é destinada aos alunos da última série do Ensino Básico, porque nela, o tema evolução é mais tradicionalmente abordado.

Esperamos também com essa proposta – alternativa aos modos tradicionais – viabilizar (didaticamente) meios para conjugar noções de História e Filosofia da Ciência aos conhecimentos sobre valores cognitivos, uma vez que estes

últimos, assumindo igualmente um papel didático, podem favorecer a compreensão dos alunos sobre questões evolutivas.

Especificamente, nossa intenção consiste em utilizar valores cognitivos na condição de “filtros epistemológicos” ou simplesmente “filtros cognitivos”. Em outras palavras, pretendemos utilizá-los como instrumentos capazes de “filtrar” outros sistemas de valores (não cognitivos) reconhecidamente presentes e incompatíveis ao processo de ensino e de aprendizagem de conceitos de evolução biológica.

Para a investigação e construção da sequência, utilizamos ainda os aportes da Aprendizagem Significativa Crítica e da Didática das Ciências, que serão melhor apresentados a seguir.

1.4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA: SUAS RELAÇÕES COM ESTA PESQUISA

Para investigar a construção de uma sequência didática para o ensino de evolução, segundo os aportes de História e Filosofia da Ciência e Didática das Ciências, o referencial teórico de aprendizagem que escolhemos foi a Aprendizagem Significativa.

Na década de 1960, o americano David Ausubel, ao estudar o processo de aprendizagem nas pessoas, enfatizou o conceito de *Aprendizagem Significativa* como um processo pelo qual há uma interação entre as novas informações e as estruturas de conhecimento já existentes nos indivíduos, por ele denominadas *conceitos subsunçores*. Essas estruturas funcionam como base às novas informações de modo que as mesmas, conseqüentemente a partir dessa interação, adquirem um significado.

Segundo Ausubel, no processo de aprendizagem, as interações entre novos conceitos, ideias ou proposições não apenas interagem com, mas, modificam os subsunçores, sendo justamente essa interação o fator diferenciador da aprendizagem *significativa* de um outro tipo de aprendizagem denominada *mecânica*, na qual há apenas armazenamento de informação sem interação com subsunçores específicos. Não obstante isso, Ausubel não faz distinção entre esses tipos de aprendizagem (significativa e mecânica) como sendo dicotômicos. Ao contrário, os considera complementares (apud MOREIRA, 1999).

De acordo com Moreira (1999) outra importante distinção feita por Ausubel está na diferenciação entre a *aprendizagem por descoberta* e a *aprendizagem por recepção*. No primeiro caso o conceito a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz e poderá ter significado se estabelecer relação com subsunções existentes. No segundo, o conceito já é apresentado ao aluno como pronto e finalizado. Ausubel comenta que tanto uma como outra podem ser significativas ou mecânicas dependendo da forma como a nova informação será armazenada.

Segundo ele, uma das condições para que se ocorra aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido deverá ser passível de incorporação à estrutura cognitiva do sujeito de forma não-arbitrária e não literal. Um material com tais propriedades é denominado *potencialmente significativo*.

Para explicar de forma mais clara o processo de aquisição e organização de conceitos, Ausubel introduz a *Teoria da Assimilação*. Nesta, o produto da interação da aprendizagem significativa será uma assimilação de antigos e novos conceitos. Contudo, essa assimilação não termina imediatamente após a aprendizagem significativa, pois ela corresponde a um processo contínuo que pode envolver novas aprendizagens. Desta forma, Ausubel evidencia que a assimilação apresenta um papel facilitador na retenção (apud MOREIRA, 1999).

Importante ainda é esclarecer que, segundo este referencial, práticas de avaliação que exijam a exata repetição dos conteúdos estudados não são funcionais na dinâmica da aprendizagem significativa, pois, o conteúdo aprendido pode não ser lembrado exatamente como foi recebido uma vez que, no processo de assimilação, ele poderá sofrer alterações. Além disso, o conceito de assimilação para Ausubel difere do de Piaget ao propor que o novo conhecimento faz interação com conceitos existentes específicos na estrutura cognitiva e não com ela como um todo. Contudo, ambos concordam que o conhecimento cognitivo é um processo dinâmico e que a experiência constantemente modifica a estrutura cognitiva (apud MOREIRA, 1999).

De acordo com Moreira (1999), Ausubel argumenta que na estrutura cognitiva há uma tendência de organização hierárquica em relação ao grau de abstração, inclusão e generalidade das ideias. A necessidade de novos significados conceituais cogita a subordinação do novo conhecimento à estrutura cognitiva. Esse tipo de aprendizagem denomina-se *subordinada*. A mesma, distingue-se em outros

dois tipos: aprendizagem *subordinada derivativa* e *correlativa*. No primeiro caso ela acontece no momento em que o conteúdo aprendido é recebido como exemplo específico de um conceito anteriormente estabelecido na estrutura cognitiva ou então colabora com a estrutura cognitiva. No segundo, entende-se que o material será aprendido ao interagir com subsunçores embora seu significado não esteja implícito. Normalmente, este é o tipo de aprendizagem pelo qual os novos conteúdos são mais frequentemente aprendidos.

Além das anteriores, há ainda o conceito de *Aprendizagem Superordenada* que ocorre no âmbito do raciocínio indutivo ou então quando o material indutivamente organizado envolve a síntese de idéias. Desse modo, a estrutura cognitiva é caracterizada em um processo dinâmico no qual num dado momento poderá ocorrer aprendizagem subordinada e em outro, superordenada.

Outros pesquisadores como Novak e Gowin contribuíram relevantemente com proposta da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Para Novak, segundo Moreira (1999, p. 35) “a aprendizagem significativa subjaz a integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação que conduz ao engrandecimento humano”. Ou seja, Novak acredita que uma teoria da educação deva atentar para esse tipo de integração. No fenômeno educativo os elementos que irão interagir são: o aprendiz, o professor, o conhecimento, o contexto e a avaliação. A partir desses cinco elementos, Novak propõe que todo evento educativo implica uma ação para trocar significados e sentimentos entre aluno e professor, sendo o objeto dessa troca a aprendizagem significativa de um novo conhecimento contextualmente aceito.

Novak ocupa grande parte de sua teoria com o conceito de aprendizagem significativa e a maneira pela qual essa aprendizagem poderia ser facilitada por estratégias instrucionais como os *mapas conceituais* e o *Vê epistemológico de Gowin*, que podem ser melhor entendidos nas dissertações de Araman (2006) e Nascimento (2008), respectivamente.

Para Gowin (apud MOREIRA, 1997), na maneira significativa de aprender, deve haver compartilhamento de significados entre o aluno e o professor de modo que estes últimos aproximem os significados dos alunos aos da comunidade científica disponibilizados nos veículos curriculares escolares.

O professor apresenta ao aluno os significados já compartilhados pela comunidade a respeito dos materiais educativos do currículo. O aluno, por sua vez, deve devolver ao professor os significados que captou. Se o compartilhar significados não é alcançado, o professor deve, outra vez, apresentar, de outro modo, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino. O aluno, que alguma maneira, deve externalizar novamente os significados que captou. O processo continua até que os significados dos materiais educativos do currículo que o aluno capta são aqueles que o professor pretende que eles tenham para o aluno. Aí, segundo Gowin, se consuma um episódio de ensino (MOREIRA, 1997, p. 16).

Porém, recentemente, estudos como o de Salvi e Batista (2008) – que também basearam-se em Tardif (2000) e Moreira (2000) – ao discutirem a questão dos valores na formação docente, levantam a problemática da prática docente frente aos conflitos axiológicos estabelecidos na sociedade nas últimas décadas: “Esses conflitos de valores parecem ainda mais graves nas profissões cujos “objetos de trabalhos” são seres humanos, como é o caso do magistério”. (TARDIF, 2000, p. 9 apud SALVI; BATISTA, 2008).

Nesse contexto, as autoras realizam um estudo sobre os sistemas axiológicos na formação docente, relacionando questões da Educação Científica aos aportes da “aprendizagem significativa crítica”.

Mas a quem as autoras se reportam quando utilizam o termo *aprendizagem significativa crítica*? Como poderíamos caracterizá-la?

A bem da verdade, Moreira (2000), balizado nas ideias de Neil Postman e Charles Weingartner, nas obras *Teaching as a subversive activity* (1969) e *Technopoly*, 1993 e *The End of Education*, (1996) argumenta que, nestes tempos de mudanças rápidas e drásticas (na sociedade), há necessidade não apenas de que a aprendizagem seja significativa, mas que seja significativa e crítica.

Em suas palavras,

Aprendizagem significativa crítica é aquela perspectiva que permite ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela. Trata-se de uma perspectiva antropológica em relação às atividades de seu grupo social que permite ao indivíduo participar de tais atividades mas, ao mesmo tempo, reconhecer quando a realidade está se afastando tanto que não está mais sendo captada pelo grupo (MOREIRA, 2000, p. 5).

Segundo este autor, por meio da aprendizagem significativa crítica os alunos poderão, entre outras coisas:

Estarem integrados em sua cultura sem que para isso tenham que deixar-se dominar por ela e suas inerentes ideologias, ritos e crenças;

Estarem abertos a mudanças, atentos as informações e tecnologias ao mesmo tempo em que consigam gerenciar essas novidades;

Lidar com “a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-dicotomização das diferenças, com a idéia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente” (MOREIRA, 2000, p. 6).

Desse modo, Moreira (2000) considera que somente uma aprendizagem significativa e crítica será capaz de formar pessoas nesta perspectiva.

Mas como podemos, efetivamente, utilizar a aprendizagem significativa crítica? Ou melhor, como integrar pressupostos da aprendizagem significativa crítica à adesão de sistemas axiológicos (na compreensão da atividade científica) para a construção de uma sequência didática voltada para o ensino de evolução?

A resposta encontramos também em Salvi e Batista (2008). As autoras, ao discutirem a adesão dos valores na compreensão da atividade científica apresentam alguns elementos da aprendizagem significativa crítica como possíveis respostas à problemática das constantes mudanças sociais frente ao papel dos valores na formação docente.

Um desses elementos – baseado principalmente em Moreira (2000), mas também em Gowin (1981), Postman e Weingartner (1969) – corresponde ao papel dos questionamentos na interação ensino-aprendizagem. Em outras palavras, a formulação de perguntas apresenta-se como um fator contributivo ao processo de construção do conhecimento.

Segundo o próprio Moreira,

O que mais pode um professor fazer por seus alunos do que ensinar-lhes a perguntar, se está aí a fonte do conhecimento humano? Quando o aluno formula uma pergunta relevante, apropriada e substantiva, ele utiliza seu conhecimento prévio de maneira não-arbitrária e não-literal, e isso é evidência de aprendizagem significativa. Quando aprende a formular esse tipo de questões sistematicamente, a evidência é de aprendizagem significativa crítica. Uma aprendizagem libertadora, crítica, detectora de bobagens, idiotices, enganações, irrelevâncias (MOREIRA, 2000, p. 7)

Neste sentido, ao considerarmos de um lado os possíveis benefícios da aprendizagem significativa crítica conjugada à discussão de sistemas axiológicos, como enunciado por Salvi e Batista (2008), concebemos o uso do princípio da interação social e do questionamento (Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas) conjugado aos problemas existentes no ensino de evolução biológica (influências axiológicas, religiosas, filosóficas, míticas, etc...) buscando utilizar esse tipo de abordagem em nossa construção de uma sequência didática.

1.5 DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS E EPISTEMOLOGIA ESPECÍFICA DA BIOLOGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A investigação da proposta didática para o ensino de evolução sugerida neste trabalho também é estruturada nos aportes da Didática das Ciências. Todavia, antes de dissertarmos sobre este assunto, julgamos serem necessárias algumas definições terminológicas em decorrência da polissemia de alguns dos termos que utilizamos doravante.

Assumimos como definição para *Didática* aquela assumida por Adúriz-Bravo (2001). Segundo ele, Didática consiste em um metadiscurso ou um discurso de segunda ordem, ou seja, a disciplina que tem por objeto de estudo a prática nas aulas. Desse modo, temos a Didática como uma disciplina acadêmica que está intimamente ligada aos processos de ensino e de aprendizagem.

Por meio da expressão *Didática das Ciências*, nos reportamos a “um conjunto de atividades, que “vão desde a investigação científica em si até a prática da Educação Científica” (ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 370-371). Essas atividades são tão diversas quanto inter-relacionadas e sua finalidade é contribuir com a Educação Científica e seus desdobramentos.

Entendemos por *Sequência Didática* um:

Conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (ZABALA, 1998, p. 18).

Tomando como equivalentes os termos *unidade didática*, *unidade de programação* e *unidades de intervenção pedagógica*, Zabala (1998) refere-se às

seqüências didáticas que são construídas para finalidades educacionais especiais, haja vista que os modos como são configuradas determinam e diferenciam as práticas educativas. Estas seqüências, além de reunirem a complexidade da prática que envolve aspectos do ensino e da aprendizagem, funcionam como instrumentos pertinentes à Educação Científica por envolverem também os aspectos fundamentais de uma intervenção reflexiva, como planejamento, aplicação e avaliação.

Então, após as definições necessárias, passamos para algumas reflexões pertinentes aos enfoques desses termos (temas) relacionando-os a nossa proposta.

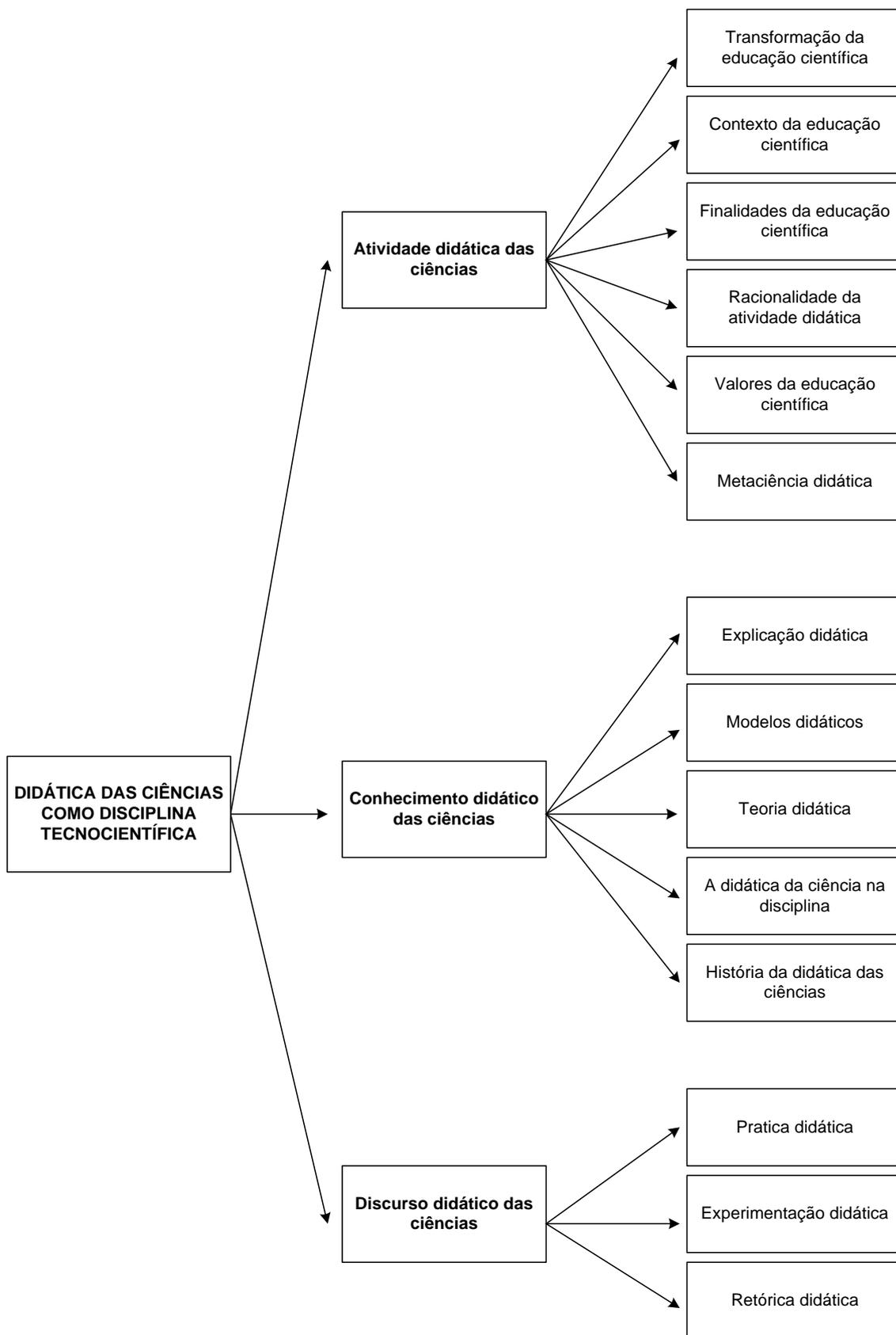
Ao iniciarmos um estudo epistemológico – ainda que de pequeno espectro – sobre a Didática das Ciências, uma pergunta se faz pertinentemente: o que se sabe, atualmente, acerca dessa disciplina? A bem da verdade, diversos são os modelos epistemológicos pelos quais professores de ciências podem analisar a Didática da Ciência atual.

Para Adúriz-Bravo (2001, p. 291), três são os aspectos fundamentais neste tipo de reflexão:

- I. Compreender a ciência como uma atividade de intervenção sobre a realidade;
- II. Compreender a ciência como uma estrutura de conhecimento que deriva desta atividade;
- III. Compreender a ciência como um discurso escrito que teoriza sobre as questões empíricas;

Para cada um dos aspectos acima destacados existem diversos subaspectos correspondentes, por sua vez, a razoáveis modelos teóricos para uma análise epistemológica da Didática das Ciências. Abaixo, (figura 01), observamos um resumo dos aspectos tratados atualmente pela Didática das Ciências.

Figura 1 – Subaspectos da Didática das Ciências



Fonte: Adúriz-Bravo (2001, p. 292).

Destes quatorze subaspectos apresentados por Adúriz-Bravo, evidenciamos três como sendo mais pertinentes e favoráveis à construção de nossa proposta, uma vez que neles encontramos elementos compatíveis às nossas intenções pedagógicas. São eles:

1ª *A ciência como atividade contextualizada*: o entendimento da ciência como uma atividade multicontextual implica em consequências diretas a sistemas de relações entre ciência e sociedade. Nesta perspectiva, são consideradas – no âmbito da atividade científica – questões tecnológicas, axiológicas e a disseminação científica como elementos importantes de uma análise epistemológica da Didática das Ciências. Assim, atividades didáticas passam a contemplar a diversidade do contexto educacional (ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 297).

2ª *A ciência como atividade valorada*: partindo do pressuposto de que a ciência é um empreendimento humano, discussões epistemológicas acerca dos valores são importantes. Como vimos anteriormente, como atividade humana, o conhecimento científico, está sujeito às influências axiológicas próprias do contexto sócio-cultural da humanidade. Uma análise epistemológica razoável da Didática da Ciência requer, portanto, uma atenção especial aos sistemas de valores, sejam eles cognitivos ou não, e sua relação direta com as práticas científicas. Os estudos dessa relação podem, inclusive, contribuir para o próprio entendimento da visão histórica da Didática das Ciências (ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 302).

O estudo dos valores da ciência é importante para se construir uma visão adequada de sua história. Entende-se que os valores que guiam uma disciplina científica mudam ao longo do tempo e, com eles, o que se considera ou não científico em cada época (CHALMERS 1992; IZQUIERDO 1999 apud ADÚRIZ-BRAVO, 2001 p. 302, tradução nossa).

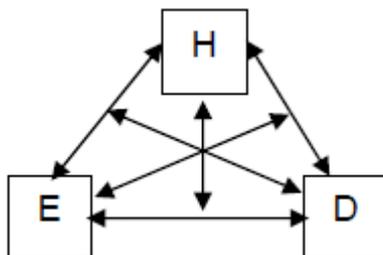
Segundo Adúriz-Bravo (2001), alguns dos valores particulares da Educação Científica estão imersos nas bases atuais da Didática das Ciências. Eles são compreendidos como produtos culturais passíveis de mudança no decorrer do tempo. Entre eles, destacamos: a *democratização* do Ensino de Ciências – que deve ser entendida “como o valor subjacente à construção da Didática das ciências como uma disciplina científica”. Outro valor importante é a *normatividade* – sua expressão garante a organização conceitual da Didática das Ciências. Por fim, mas não com menor importância, destacamos o valor *valorização positiva da ciência e da tecnologia* – um valor incentivador ao desenvolvimento individual e coletivo, “a maior liberdade em um sistema democrático e a melhor inserção social dos cidadãos” (ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 304).

3ª *A ciência como atividade transformadora*: segundo Adúriz-Bravo (2001, p. 294), vários autores como Hacking, Artigas, Estany e Echeverría, suscitam a discussão da ação transformadora da ciência no que diz respeito à realidade natural e cultural do mundo. Nesta perspectiva, Echeverría (1995), esclarece que a ciência – como uma forma de representação do mundo – possui a capacidade de intervir sobre ele e “esta caracterização nos provê de uma ferramenta poderosa para demarcar a ciência de outros tipos de representações, menos eficazes para intervir a grande escala” (ECHEVERRÍA apud ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 294-295).

Mas, seria possível, em favor dos objetivos deste trabalho (como a construção de uma sequência didática) relacionar esses subaspectos da Didática das Ciências a conhecimentos históricos e epistemológicos também estruturantes à nossa proposta?

De acordo com Torres e Badillo (2007, p. 94) essa integração é possível. Esses autores sugerem um triângulo de relações entre essas áreas (Figura 2) no qual as letras H, E e D representam História, Epistemologia e Didática das Ciências, respectivamente

Figura 2 – Triângulo de relações: História, Epistemologia e Didática das Ciências.



Fonte: Torres e Badillo (2007, p. 94).

Segundo eles, que se baseiam também em outros autores, a relação História-Epistemologia determina a maneira pela qual as reconstruções históricas podem ser construídas. Essa relação possibilita a pesquisadores, professores e alunos um entendimento acerca daquilo que pode apresentar-se de modo distorcido do conhecimento científico pelo qual a formulação de teorias e modelos tornou-se necessária e também pelas questões problemáticas de cada tempo.

No que diz respeito à relação História-Didática das Ciências, balizados também nas opiniões de Izquierdo (1998), Gallego Badillo e Gallego e Torres (2003), os autores evidenciam que a História, no contexto educativo, é

indispensável para que os estudantes possam compreender os motivos que justificam a elaboração de teorias e modelos científicos que constituem-se objetos de estudo nas salas de aula. Por este motivo, é mister que professores em formação, seja ela inicial ou continuada, tenham acesso a conhecimentos de História.

Já a relação Epistemologia-Didática das Ciências, uma vez explicitado o tipo de didática que se faz referência – seja ela de tendência empírico-positivista e tecnicista ou dedutivista-construtivista – poderá contribuir com a prática educativa em diferentes perspectivas, assumindo um caráter instrumental ou fundamentando metodologicamente as disciplinas.

As flechas internas do triângulo representam a complexidade das relações propostas. Para estas flechas, os autores, considerando ainda os aportes de Adúriz-Bravo e Izquierdo (2002), Gallego Badillo (2004), esclarecem:

[...] a aproximação epistemológica (E) que se assume, afeta a relação entre história (H) e didática (D), já indicada. Isto é, a teoria ou modelo científico que se faz objeto de trabalho em aula estarão marcados por essa opção que, conseqüentemente, determinará o tipo de conteúdo curricular e os trabalhos que o professor de ciências fará com seus estudantes. A concepção que da didática (D) das ciências se tenha elaborado, reclamará e será solidária com uma classe de perspectivas epistemológicas (E) e históricas (H). Isso significa que estabelecida uma posição didática, esta não se compatibilizará com qualquer versão histórica. Essa relação, uma vez aceita, considera e deixa claro que a didática (D) encontra-se no mesmo plano de importância que a história e a epistemologia. [...] a versão histórica (H) que se adota [...] influenciará nas relações entre epistemologia (E) e didática (D) por razões que são apresentadas ao longo deste artigo [...]. Não obstante, deve ser esclarecido que as mudanças e as aproximações epistemológicas (E), nas versões acerca da história (H) e nas concepções em torno da didática das ciências (D), geram gradualmente perturbações nas relações sobre as quais incidem internamente, e que a longo prazo, por sua vez, modificam tais relações (TORRES; BADILLO, 2007, p. 95).

Deste modo, Gallego Badillo (2004) motivam e incentivam a construção de propostas no Ensino de Ciências capazes de utilizar e usufruir das relações apresentadas na triangulação acima.

Mas, será possível realizar um empreendimento dessa natureza? Pensando significativamente que sim, nos propusemos a refletir sobre essas relações em uma proposta didática que possibilitasse uma Educação Científica mais

integral, segundo o que sugere as articulações componentes do triângulo em questão.

Do ponto de vista dessas relações, além dos contributos da História e da Filosofia da Ciência (já apresentados anteriormente), queremos melhor explicitar a perspectiva epistemológica que pretendemos articular com a Didática das Ciências neste estudo.

Em muitos países da Europa e da América, por influência do Positivismo Lógico, para o qual à Biologia era atribuído um caráter simplesmente classificatório (típico do século XVIII), o ensino de Biologia está focado no conhecimento de entidades, processos, propriedades e fenômenos, mediante a memorização de informações sem estruturas epistemológicas claras. Consequentemente, são omitidas as estruturas teóricas capazes de configurar uma identidade à Biologia como disciplina.

A bem da verdade, no decorrer do século XX duas grandes e opostas tendências teóricas estabeleceram-se para o entendimento da epistemologia das ciências naturais. A primeira delas é chamada de *tendência clássica*. Nela, visões reducionistas – advindas de concepções do século XIX – sugeriram que a Biologia pudesse ser entendida segundo os modelos epistemológicos da Física. Tal tendência, por atribuir pouca ênfase aos episódios históricos da Biologia, introduziu versões simplificadas dos acontecimentos históricos ao ensino da ciência em questão (ADÚRIZ-BRAVO; ERDURARN, 2003, p. 10).

Segundo Adúriz-Bravo e Erduran (2003), diferentemente, a outra tendência denominada *atual* suscitou a emergência da denominada *Epistemologia Específica da Biologia*. Nesta visão, ao se promover estudos sobre os problemas conceituais particulares e característicos dos acontecimentos históricos da Biologia, poder-se-á contribuir, em todos os níveis educativos com novas e significativas propostas para o ensino de Biologia, recuperando sua estrutura teórica própria centrada na natureza de seus modelos.

Em todo o mundo, muitos tem sido os esforços – nos estudos sobre os currículos – para melhor fundamentar epistemologicamente as ciências ensinadas. No que compete ao campo da investigação didática ligada a História e Filosofia da Ciência, que contribui aproximando essas áreas à Educação Científica, diversas propostas foram e continuam sendo apresentadas evidenciando os

benefícios da inserção da Epistemologia e da História da Ciência no ensino de Biologia.

Entretanto, em grande parte dessas propostas os conteúdos biológicos são utilizados apenas como “exemplos de aplicação de modelos epistemológicos formais de caráter geral” (ADÚRIZ-BRAVO; ERDURARN, 2003, p. 12). A este tipo de proposta didática, esses mesmos autores denominam como apenas *relacionadas com a Biologia*.

Mas de que modo esperamos articular a Epistemologia específica da Biologia à nossa proposta? Em consonância às reflexões de Adúriz-Bravo e Erduran (2003), acreditamos que por meio de uma sequência didática – propositadamente construída – poderemos conduzir os estudantes a uma investigação sobre e como o conhecimento biológico (no que diz respeito à evolução biológica) se constituiu epistemologicamente no decorrer da História. Pensamos que este empreendimento seja necessário à educação biológica geral, uma vez que toda a Biologia é estruturada e organizada segundo pressupostos evolutivos.

Propiciamente, o tema Evolução, na opinião de Adúriz-Bravo e Erduran (2003, p. 12) é um exemplo concreto de conteúdo por meio do qual se pode chegar a modelos epistemológicos específicos “indissoluvelmente unidos à natureza particular da modelização biológica como distinta da Física e da Química”.

Seguidamente, apresentamos os aspectos metodológicos que balizaram este trabalho e, posteriormente, partimos para a fundamentação teórica do mesmo.

CAPÍTULO 2 APORTES METODOLÓGICOS

2.1 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA

Considerando a temática de nossa investigação bem como os objetivos pretendidos com a mesma, optamos por desenvolver uma pesquisa qualitativa de cunho interpretativo. Segundo os autores Bogdan e Biklen (1994), entre outros, diversas são as estratégias de investigação que podem ser adotadas no contexto de uma pesquisa como essa. Todas elas, no entanto, convergem para a riqueza de dados descritivos, o interesse pelo processo e o estudo dos fenômenos em sua complexidade e contexto natural.

Nessa perspectiva, realizamos uma pesquisa documental em referenciais das áreas de Ensino e Didática das Ciências, História, Filosofia e Axiologia da Ciência, Aprendizagem Significativa Crítica e Epistemologia da Biologia, a partir dos quais coletamos as informações apresentadas e discutidas neste trabalho.

2.2 A CONSTRUÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Para o estudo do processo de construção (e a construção propriamente dita) de uma sequência didática para o ensino de evolução biológica, utilizamos os aportes da Didática das Ciências, uma vez que, segundo Astolfi e Develay (1995, p. 36):

As pesquisas em didática têm explorado de maneira sistemática diversos campos conceituais das ciências experimentais, tais como respiração, reprodução, energia, calor, temperatura, fotossíntese... e esclarecem dados com os quais todo projeto de aculturação científica deve de uma maneira ou de outra compor. De forma tal que ensinar um conceito de Biologia, Física ou Química, não pode mais se limitar a um fornecimento de informações e de estruturas correspondendo ao estado da ciência do momento, mesmo se estas são eminentemente necessárias.

Entendemos que as contribuições da Didática das Ciências são extremamente pertinentes aos objetivos de nossa proposta, pois, além de suportes

na elaboração final de uma sequência de ensino, buscamos entender o processo de sua construção e seus desdobramentos. Neste sentido, Adúriz-Bravo (2001, p. 370-371), esclarece que as intenções da Didática das Ciências suplantam os cuidados com os produtos finais, uma vez que compreende um conjunto de atividades diversificadas e inter-relacionadas que vão desde a investigação até a prática da Educação Científica.

Assim, partindo para um aprofundamento do arcabouço metodológico de nossa proposta, atentamos para o fato de que a sistematização de uma sequência didática constitui-se numa atividade complexa à prática educativa. Isto porque, inúmeras variáveis com possibilidade de intervenção estão envolvidas neste processo. Assim, posturas puramente compartimentalizadoras poderiam gerar uma desfragmentação de relações, contrariando os objetivos pedagógicos de nossa sequência. Isto significa que embora ela seja composta por etapas bem definidas, trabalhamos na perspectiva de seu todo.

De acordo com Zabala (1998, p. 19-20), assumimos que sequências didáticas apresentam as seguintes características:

- I. Cada sequência é voltada para objetivos específicos;
- II. Elas esquematizam as variáveis da complexa prática educativa;
- III. Os tipos de atividade, sobretudo a maneira de articulá-las, são traços diferenciais e determinantes à especificidade da proposta didática;
- IV. Indicam-nos a função desempenhada por cada uma das atividades no processo de construção do conhecimento ou da aprendizagem de diferentes conteúdos;
- V. Avaliam a funcionalidade das atividades, sua ausência ou a ênfase que se lhes deve atribuir.

A maneira pela qual as atividades podem ser articuladas é determinante ao tipo de proposta didática que se pretende construir. Um dos critérios que permitem identificar ou caracterizar a forma de ensinar, em princípio, consiste na forma com que certas atividades são propostas.

Esta noção considera a importância “das intenções educacionais na definição dos conteúdos de aprendizagem e, portanto, do papel das atividades que se propõem” (ZABALA, 1998, p. 53-54).

Por isso, é importante reconhecermos que:

[...] a identificação de fases de uma sequência didática, as atividades que a conformam e as relações que se estabelecem devem nos servir para compreender o valor educacional que têm, as razões que as justificam e a necessidade de introduzir mudanças ou atividades novas que a melhorem. Assim, pois, a pergunta que devemos nos fazer em primeiro lugar, é se esta sequência é mais ou menos apropriada, e por conseguinte, quais são os argumentos que nos permitem fazer esta avaliação? (ZABALA, 1998, p. 55).

[...] o que podemos dizer dessa sequência além da constatação de sua complexidade? Vale a pena complicar tanto? Contribui para melhorar a aprendizagem dos alunos? (ZABALA, 1998, p. 55).

[...] que avaliações podemos fazer desta sequência e que razões a justificam? (ZABALA, 1998, p. 55).

Certamente, inúmeros são os tipos de seqüências didática possíveis para o ensino, cada uma delas com objetivos diferentes, específicos. Mas as variáveis desses objetivos são comuns a grande parte delas e consistem, principalmente, nos seguintes aspectos:

- a) O grau de participação dos alunos;
- b) O grau de intervenção do professor;
- c) Os tipos de atividades, uma vez que cada uma apresenta um papel didático distinto.

Assim, apresentamos um exemplar genérico de unidade didática, com a finalidade de evidenciar os diversos aspectos do ensino contemplados na mesma. Ressaltamos também que este mesmo exemplar constituiu-se de base para nossa sequência, uma vez que as devidas adaptações (às nossas intenções) foram feitas.

Este modelo genérico pode ser encontrado no livro de Antoni Zabala (1998, p. 58) *A Prática Educativa: como ensinar*. Ele é composto pelas seguintes fases:

1ª) Apresentação por parte do(a) professor(a) de uma situação problemática relacionada com o tema:

- O professor desenvolve um tema entorno de um fato/acontecimento, destacando os aspectos problemáticos e os que são desconhecidos pelos alunos.
- Os conteúdos do tema podem ir de encontro com conflitos sociais, históricos, diferença de interpretação de obras literárias ou

artísticas, até o contraste entre um conhecimento vulgar de determinados fenômenos biológicos e possíveis explicações científicas.

2ª) Proposição de problemas ou questões:

- Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, expõem as respostas intuitivas ou suposições sobre cada um dos problemas e situações propostos.

3ª) Explicitação de respostas intuitivas ou suposições:

- Os alunos, coletivamente, dirigidos e ajudados pelo professor, deliberam sobre as respostas intuitivas.

4ª) Proposta das fontes de informação:

- Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, propõem as fontes de informação mais apropriadas para cada uma das questões: o próprio professor, uma pesquisa bibliográfica, uma experiência, uma observação, uma entrevista, um trabalho de campo.

5ª) Busca da Informação:

- Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, realizam a coleta dos dados que as diferentes fontes lhes proporcionaram. A seguir selecionam e classificam estes dados;

6ª) Elaboração das conclusões:

- Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, elaboram as conclusões que se referem às questões e aos problemas propostos.

7ª) Generalização das conclusões e síntese:

- Com as contribuições do grupo e as conclusões obtidas o professor estabelece as leis, os modelos e os princípios que se deduzem do trabalho realizado;

8ª) Exercícios de memorização:

- Os estudantes, individualmente, realizam exercícios de memorização que lhes permitem lembrar dos resultados das conclusões, da generalização e da síntese;

9ª) Prova ou exame:

- Na classe, todos os alunos respondem às perguntas e fazem os exercícios do exame durante uma hora;

10ª) Avaliação:

- A partir das observações que o professor fez ao longo da unidade e a partir do resultado da prova, este comunica aos alunos a avaliação das aprendizagens realizadas (ZABALA, 1998, p. 58).

Para que possamos realizar uma análise dessa sequência, fez-se necessário distinguirmos a aprendizagem dos conteúdos segundo as tipologias sugeridas por Zabala (1998, p. 41). São elas:

- 1) Conteúdos Factuais
- 2) Conteúdos Procedimentais
- 3) Conteúdos Atitudinais

O primeiro caso, segundo Zabala (1998, p. 41), corresponde ao “conhecimento dos fatos, acontecimentos, situações, dados e fenômenos concretos e singulares”. A singularidade e o caráter descritivo e concreto definem este tipo de conteúdo. São exemplos de conteúdos factuais: a localização de um rio, datas, fatos históricos, símbolos químicos, entre outros. É importante destacar que considera-se que um estudante tenha aprendido um conteúdo factual quando ele o puder reproduzir e essa reprodução ocorrer de forma literal. As atividades utilizadas neste tipo de conhecimento baseiam-se em cópias por meio das quais os conteúdos são integrados às estruturas do conhecimento.

O segundo caso compreende uma série de ações devidamente organizadas e voltadas para objetivos específicos. São exemplos de conteúdos procedimentais: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, traduzir, entre outros. Embora tais conteúdos apresentem um denominador comum (serem ações ou conjuntos de ações) evidenciamos que são diferentes o bastante para assumirem distintas funções no processo de aprendizagem.

O terceiro caso abrange diversos conteúdos que, por sua vez, dividem-se em três grandes grupos com naturezas diferenciadas, mas integrados entre si:

- 1º) *Grupo dos Valores*: correspondem a princípios ou ideias éticas capazes de fazer com que as pessoas julguem e emitam opiniões sobre as condutas e seu sentido. Portanto, é incorporado neste tipo de conteúdo o caráter subjetivo. Segundo Zabala (1998), são exemplos desse tipo de conteúdo a solidariedade, o respeito ao próximo, a responsabilidade, a liberdade, etc...

2º) *Grupo das Atitudes*: compreende as tendências ou intenções pelas quais as pessoas assumem condutas mediante valores determinados. Citamos como exemplo, o cumprimento dos deveres escolares, a conscientização ambiental e a cooperação necessária em um trabalho de grupo.

3) *Grupo das Normas*: consiste em padrões de comportamento aos quais devemos nos submeter em um dado contexto social. Essas regras compõem um pacto para a vivência dos valores coletivamente compartilhados, ou seja, aquilo que pode ou não ser feito em um determinado grupo.

Interessante notar que, em detrimento de suas diferenças, estes conteúdos mantêm uma relação: “cada um deles está configurado por componentes cognitivos (conhecimentos e crenças), afetivos (sentimentos e preferências) e condutuais (ações e declarações de intenção)” (ZABALA, 1998, p. 45). Entretanto, suas incidências dar-se-ão, em maior ou menor grau, independentemente de estarmos considerando valores, atividades ou normas.

Em suma, temos que

[...] a aprendizagem dos conteúdos atitudinais supõem um conhecimento e uma reflexão sobre os possíveis modelos, uma análise e uma avaliação das normas, uma apropriação e elaboração do conteúdo, que implica na análise dos fatores positivos e negativos, uma tomada de posição, um envolvimento afetivo e uma revisão e avaliação da própria atuação (ZABALA, 1998, p. 48).

Entre as diversas unidades didáticas sugeridas por Zabala (1998), escolhemos este modelo genérico (anteriormente apresentado) devido a alguns fatores que consideramos importantes. Entre eles, citamos a presença dos diversos tipos de conteúdos, a saber, conceituais, procedimentais e atitudinais. Além disso, pensamos que este tipo de sequência favorece uma constante participação dos alunos no que diz respeito ao diálogo, o debate, o trabalho em equipe e a pesquisa – elementos relevantes para uma aprendizagem significativa crítica e reflexiva. Não obstante isso, esta sequência problematiza um conjunto de conflitos (tanto coletivos quanto individuais) no âmbito da convivência social da sala de aula que podem

conduzir os estudantes ao exercício da tolerância e do respeito aos diferentes e inevitáveis pontos de vista.

Devemos também, ao longo deste trabalho, melhor situar o papel dos professores nesta sequência de ensino, conscientizando-os a respeito de cada fase da proposta, pois, reconhecendo a diversidade de etapas que a compõem, será mister assegurar que os objetivos desejados não sejam perdidos de vista.

Deste modo, adotamos esta unidade como modelo básico àquela que apresentaremos posteriormente, a fim de que, como se espera, ela possa favorecer aos estudantes uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos evolutivos.

2.3 CUIDADOS HISTORIOGRÁFICOS

Para muitos leitores, realizar uma reconstrução histórica sobre um tema tão explorado como o Darwinismo pode parecer genuína perda de tempo em pesquisa. Afinal, que teríamos nós de acrescentar a uma história já contada centenas de vezes? Não seria mais viável tomarmos como base as inúmeras reconstruções já existentes? Sem dúvida, estas são questões razoáveis que merecem argumentação.

Sabemos que para pesquisadores iniciantes, como neste caso, aconselha-se investir em temas menos pesquisados e que viabilizem descobertas e/ou novas interpretações dos objetos de estudo da ciência, pois, estudar temas demasiadamente abordados exige do pesquisador, entre outras coisas, experiência, conhecimento e tempo disponível para investigação. As fontes são inúmeras e os enfoques, os mais variados.

Neste sentido, autores como Martins (2005, p. 308) argumentam que:

[...] em uma pesquisa, não faz sentido repetir coisas que já foram feitas, ou chegar a conclusões já aceitas por todos, sem acrescentar nada de novo. Uma pesquisa deve procurar trazer novos conhecimentos históricos ou criticar e corrigir conhecimentos antigos.

Entretanto, para o que pretendemos apresentar nesta dissertação, reconstruir, ainda que não em absoluto, os principais eventos históricos do

Darwinismo, constitui algo fundamental à pesquisa. O que queremos não se restringe a elaborar mais uma reconstrução histórica do tema, e sim, fazer tão somente a nossa reconstrução histórica do tema, que à luz de cuidados historiográficos – decisivamente estruturantes e necessários aos empreendimentos dessa natureza – nos ajudarão a reconstruir alguns eventos históricos do Darwinismo, considerando particularidades não evidenciadas comumente. Queremos, portanto, olhar o Darwinismo com nossos próprios olhos, segundo o nosso ponto de vista, questionando, conjecturando e discutindo algumas de suas inúmeras controversas.

Além do mais, entendemos que reconstruções históricas precisam ser constantemente reavaliadas a fim de que compreensões incorretas dos eventos históricos não sejam responsáveis pela criação de mitos que, muitas vezes, são aceitos e transmitidos indiscriminadamente.

Para Mayr (1998), o principal motivo pelo qual as histórias devem ser constantemente revisadas “consiste em que, em qualquer tempo determinado, elas meramente refletem o estado atual do conhecimento; elas dependem da maneira como o autor interpretou o conhecimento [...], da sua própria estrutura conceitual” (MAYR, 1998, p. 15). Essa necessidade fica ainda mais evidente quando são feitas comparações entre as publicações de historiadores da ciência para um mesmo tema que, em muitos casos, apresentam enfoques e conceitos significativamente díspares.

“Tudo o que muda no tempo tem, por definição, uma história”. Com essas palavras Mayr (1998, p. 15) ratifica a importância do estudo das mudanças históricas do mundo científico. Segundo ele, o papel central a ser desempenhado pela ciência consiste na compreensão do mundo em que vivemos por meio da solução de problemas.

Assim, estudar a História da Ciência significa estudar os problemas da ciência, bem como, suas soluções ou tentativas. Além disso, suas funções estendem-se a outras competências, como o esclarecimento da evolução dos princípios científicos que sustentam as estruturas conceituais do conhecimento. Ao contrário do que muitos pensam, estudar e refletir sobre o passado da ciência não significa ignorar seus conflitos atuais, uma vez que grande parte dos problemas discutidos na contemporaneidade arrastou-se de séculos predecessores. Assim,

tornar-se-ia impossível compreender tais conflitos (evolutivos) sem um mínimo conhecimento histórico.

A reconstrução histórica apresentada neste trabalho baliza-se em pressupostos básicos da historiografia. Martins (2005), entre outras coisas, adverte para os seguintes cuidados:

- Devem-se evitar reconstruções meramente descritivas, focadas em datas e contendo informações desnecessárias. Nesses tipos de reconstruções, muitas vezes são apresentadas figuras de gênios, donos exclusivos do saber, enquanto as contribuições de outras pessoas são desconsideradas. No caso de trabalhos voltados ao estudo de cientistas específicos como Einstein, Darwin e Lavoisier, é comum encontrar críticas àqueles que não aceitavam suas ideias. Contudo, “é preciso estudar não apenas os vencedores, mas também derrotados, verificando quais os argumentos que apresentavam contra as novas ideias. Muitas vezes, os argumentos eram excelentes” (MARTINS, 2005, p. 314).
- Evitar o anacronismo, ou seja, julgar os fatos passados segundo parâmetros atuais. Aqueles que se propõem fazer História da Ciência não devem ignorar o contexto social do período em que pretendem desenvolver pesquisas, a fim de que estejam familiarizados com a situação histórico-social da época. “Não se pode criticar autores antigos utilizando argumentos e fatos muito posteriores” (MARTINS, 2005, p. 314).
- Não se deve utilizar a História da Ciência de forma ideológica, ou seja, em favorecimento de intenções nacionalistas, políticas ou religiosas;
- Evitar o apudismo, responsável por ratificar informações advindas de fontes secundárias sem conferi-las nas fontes primárias. Muitos autores podem cometer erros históricos. Considerar citações secundárias pode significar assumir interpretações erradas e disseminá-las. É tarefa do historiador, portanto, revisar constantemente as obras de outros historiadores, pois, “toda narração histórica é uma seleção ou ‘recorte’ da história. Ao fazer este recorte, o historiador pode selecionar e descrever apenas os fatos que corroborem o seu ponto de vista e ocultar os fatos que entrem em conflito” (MARTINS, 2005, p. 315).

De fato, com nossa reconstrução histórica do Darwinismo, não pretendemos buscar – segundo os aportes da História da Ciência – soluções para seus problemas clássicos. Entretanto, como evidencia Kragh (2001), pretendemos por meio do estudo de sua história, compreender de forma mais razoável questões científicas contemporâneas, como em nosso caso, o atual contexto dos conceitos evolutivos.

Além disso, concordamos que conhecimentos adquiridos por meio de estudos fundamentados na História da Ciência podem contribuir para a percepção de tendências e relações entre os eventos científicos e o reconhecimento de que os moldes científicos atuais decorrem de antigas escolhas socialmente condicionadas entre muitas alternativas.

2.4 ANÁLISE DOCENTE DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA – ENTREVISTAS E QUESTIONÁRIOS

Para a validação de nossa sequência didática, buscamos a colaboração de professores de Biologia das esferas Básica e Superior de ensino – da cidade de Londrina/PR –, segundo o estabelecimento dos critérios: fossem biólogos de formação; trabalhassem ou tivessem trabalhado com o ensino de evolução por um período mínimo de cinco anos; fossem disponíveis a entrevistas e se dispusessem a analisar nosso material.

O percurso metodológico para coleta e análise dos dados foi realizado em duas etapas. Em primeiro lugar, encontramos com cada um dos professores voluntários a fim de esclarecê-los dos objetivos de nossa pesquisa, haja vista que “o investigador explicita os seus interesses e tenta que os sujeitos que vai estudar cooperem consigo” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 115).

Posteriormente, foi entregue a estes professores a sequência de ensino elaborada para que cada um deles fizesse uma análise da mesma por meio de um questionário semi-estruturado, acompanhado de um roteiro de análise. Nossa intenção consistiu em submeter a sequência construída a docentes da área a fim de que os mesmos emitissem pareceres que abonassem a efetividade e os benefícios do material, bem como apontassem falhas e sugestões.

Num segundo momento, realizamos a coleta e análise dos questionários que se encontra pormenorizada no capítulo cinco, segundo os aportes da análise textual discursiva.

Em relação a este instrumento de validação, é capital justificar que optamos por questionários semi-estruturados em detrimento de aplicações em sala de aula, devido ao período de término de nossa pesquisa (Fevereiro de 2010), concluir-se em tempo incompatível ao calendário escolar que prevê, tradicionalmente, o ensino da temática abordada no último bimestre do ano letivo.

De nossa parte, porém, fica o interesse e o compromisso de realizar uma aplicação, tão logo nos for possível.

Por fim, considerando as informações acima delineadas, destacamos novamente as características qualitativas deste estudo: os dados empíricos compreendem as respostas obtidas por meio das entrevistas e dos questionários; o foco de interesse consiste no processo, ou seja, pesquisa e identificação de polêmicas no ensino de evolução e a investigação e construção de uma sequência didática para o ensino deste tema.

2.4.1 As Entrevistas

Na primeira fase de tomada de dados, realizamos entrevistas com os professores voluntários, objetivando investigar sua formação inicial e em serviço, além de sua experiência no ensino de evolução a fim de construir seu perfil profissional (APÊNDICE B).

Tais entrevistas, obedecendo aos pressupostos da pesquisa qualitativa, preconizaram a interação social, o diálogo e a compreensão do assunto investigado. De acordo com Bogdan e Biklen (1994, p. 135), “nas entrevistas semi-estruturadas fica-se com a certeza de se obter dados comparáveis entre os vários sujeitos”.

2.4.2 Os Questionários

Na segunda fase de coleta de dados, encontramos novamente com os professores voluntários para entregar-lhes um roteiro para análise da sequência, incluindo um questionário sobre a mesma que, por seu turno, deveria ser respondido após a leitura e apreciação do roteiro e da sequência propriamente dita. Abaixo, enunciaremos as dezessete perguntas que compuseram este questionário.

- *De acordo com sua experiência, o tempo (em aulas) sugerido para a aplicação da sequência é apropriado?*
- *O modo como o conteúdo “evolução biológica” está apresentado nas etapas da sequência é adequado? Sim ou não? Especifique.*

- *Há clareza nas explicações (para o professor) sobre como realizar cada etapa da sequência apresentada e as atividades nelas incluídas?*
- *Os textos utilizados na 5ª etapa da sequência estão bem elaborados? A linguagem é apropriada? Comente.*
- *As atividades sugeridas (em classe e extraclasse) são adequadas? O que você mudaria ou acrescentaria?*
- *De acordo com sua opinião, o modo como os valores cognitivos estão inseridos na sequência (em atividades, textos e questões) é didaticamente apropriado? Comente.*
- *Segundo sua análise, há algum tipo de dificuldade (por parte do professor), na visualização dos valores cognitivos implícitos nas atividades dos alunos? Comente.*
- *Ao longo da sequência didática é possível observar o índice (frequência) com que os valores cognitivos vão “aparecendo” nas atividades dos alunos? Comente.*
- *A sequência instrui os professores para realizarem tal observação? Comente.*
- *Como você avalia o envolvimento dos alunos em todo percurso da sequência?*
- *E o envolvimento do professor?*
- *Os recursos utilizados (vídeo, computador, etc...) são pertinentes? Contribuem positivamente com a proposta? Comente.*
- *Quanto às atividades complementares (das etapas 8 e 9 sequência), são viáveis? São apropriadas?*
- *As avaliações sugeridas em cada etapa, como você avalia?*
- *Existem aspectos importantes do conteúdo “evolução biológica” que não são abordados na sequência? Quais?*
- *Você vê vantagens na sequência apresentada em relação ao modo como os livros didáticos (que você conhece) apresentam o mesmo conteúdo? Se sim, que vantagens são essas?*
- *Há críticas e/ou sugestões que gostaria de evidenciar?*

Sobre o processo de validação dessas questões, evidenciamos que ocorreu por meio da aquiescência de dois biólogos que atuam nos níveis Médio e

Superior de Ensino. Sobre o roteiro para análise da sequência, apresentamo-lo integralmente nos apêndices C, D, E, F e G deste trabalho.

2.5 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA PARA UMA COMPREENSÃO DOS DADOS

As práticas de análise e compreensão de textos constituem ações bastante antigas na humanidade sendo utilizadas, em princípio, como meios eficazes para interpretação de sonhos, textos religiosos (Bíblia), explicação de obras literárias e análise de cartas e práticas astrológicas, cujos verdadeiros sentidos de significação exigiam, muitas vezes, estudos capazes de suplantar mensagem de duplo sentido ou discursos simbólicos e polissêmicos cujos significados originais apresentavam-se de forma não evidente (BARDIN, 2004).

Recentemente, as técnicas de análise de conteúdo especializaram-se de forma expressiva atingindo o nível de “abordagens metodológicas” admitidas, por seu turno, em diversas áreas da ciência, com a finalidade de contribuir para apreciações sistematizadas e objetivas das informações pesquisadas.

Entre os ramos de especialização definidos para este tipo de abordagem, encontra-se a *análise textual discursiva* que tem sido largamente utilizada em pesquisas qualitativas, contribuindo significativamente para a compreensão de dados obtidos por meio de diferentes tipos de investigação, como entrevistas, questionários e relatórios.

Sobre este tipo de abordagem metodológica, Moraes (2003, p. 192) esclarece que:

[...] pode ser compreendida como um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma seqüência recursiva de três componentes: a unitarização – desconstrução dos textos do corpus; a categorização – estabelecimento de relações entre os elementos unitários; e por último o captar de um novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada.

De acordo com Moraes (2003, p. 191-192), este tipo de empreendimento metodológico está organizado em quatro etapas subsequentes, a saber:

- a) **Desmontagem dos textos ou unitarização:** consiste no processo de análise pormenorizada dos materiais sob estudo, subdividindo-os até se chegar a unidades constituintes. Nessa primeira etapa são realizadas a fragmentação dos textos e a codificação das análises; a reescrita de cada análise a fim de que assumam significados; e a atribuição de um título (nome) para cada unidade produzida.
- b) **Estabelecimento de relações ou categorização:** nesta fase as unidades obtidas na etapa anterior são combinadas e classificadas para serem (re)unidas em grupos mais complexos, ou seja, em categorias;
- c) **Captação do novo emergente:** após uma análise aprofundada dos dados pormenorizados e (re)unidos em conjuntos característicos, uma nova compreensão poderá surgir desses dados. Informações implícitas poderão emergir mediante o percurso completo das etapas anteriores. Assim, novas compreensões tanto quanto suas críticas e validações são previstas para etapa. O resultado desse processo será um metatexto que representará o produto de uma nova combinação de elementos;
- d) **Processo de auto-organização:** todo o percurso acima descrito para análise de dados é apresentado sumariamente como um processo racionalizado e planejado a partir do qual novas compreensões poderão surgir. Entretanto, mesmo diante de um processo considerado auto-organizado, é mister evidenciar a presença do fator “imprevisibilidade” nos resultados finais originais.

Neste trabalho faremos o tratamento e a interpretação dos dados que coletamos por meio dos questionários, de acordo com os aportes apresentados da análise textual discursiva.

Seguindo a ordenação estrutural de eventos acima descrita, esclarecemos que tanto as categorias e suas respectivas unidades de análise, quanto o metatexto elaborado por meio das mesmas, encontram-se apresentados no capítulo cinco desta dissertação.

A seguir, no capítulo abaixo, partimos para a apresentação de nossa reconstrução histórica do Darwinismo.

CAPÍTULO 3

UMA RECONSTRUÇÃO HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICA DO PENSAMENTO EVOLUTIVO

3.1 PENSAMENTO EVOLUTIVO ANTES DE DARWIN

Antes de iniciarmos este capítulo – em consonância aos cuidados historiográficos apresentados no capítulo dois – pensamos ser importante destacar as principais fontes que fundamentam essa reconstrução histórica: George (1985), Futuyama (1992), Mayr (1998, 2004, 2006), Lenay (2004), Ridley (2006), Regner, (2006), Almeida Filho (2008), entre outros. Segundo estes referenciais, seguiremos com a reconstrução de alguns episódios históricos da evolução biológica.

Algumas das primeiras especulações a respeito da origem dos seres vivos decorrem da cultura grega nas figuras dos filósofos jônios Thales (624-548 a.C.), Anaximandro (611-547 a.C.) e Anaxímenes (588-524 a.C.). Eles e demais seguidores, já naquele tempo, buscavam relacionar os fenômenos da natureza a fatores naturais, em detrimento de explicações do campo sobre-humano.

Posteriormente, embora pouco preservado, o pensamento filosófico de Empédocles (490-435 a.C.), que durou por mais de dois mil anos, trouxe grandes contribuições à ciência que hoje denominamos Biologia. Segundo sua síntese, combinações variadas entre quatro elementos – ar, água, terra e fogo – eram responsáveis por compor todo o mundo material.

Neste período, duas grandes e distintas tradições filosóficas haviam se estabelecido: a de Heráclito (540-470 a.C.), baseada no princípio da mutabilidade e a de Demócrito (460-370 a.C.), que sustentava a imutabilidade dos átomos, componentes de tudo o que existe no mundo. Este último, sobretudo, contribuiu significativamente com alguns assuntos da Biologia e, inclusive, diversos pesquisadores acreditam que tenha exercido influência sobre muitas das ideias de Aristóteles.

De acordo com Mayr (1998, p. 108),

Aparentemente, ele foi o primeiro a colocar um problema que dividiu os filósofos desde então: a organização dos fenômenos,

particularmente no mundo vivo, resulta puramente do acaso, ou é ela uma necessidade, devida à estrutura dos componentes elementares, os átomos?”

Platão (427-346 a.C.), posteriormente, desenvolveu grandes estudos no campo da geometria ao discorrer sobre a essencialidade das formas geométricas (um quadrado é sempre diferente de um polígono ou de um triângulo). Sua lógica, porém, serviu de base para uma corrente filosófica extremamente deletéria à Biologia: o essencialismo.

Aristóteles (384-322 a.C.), por sua vez, é considerado aquele que tenha contribuído mais significativamente com a Biologia antes de Darwin. Quando jovem, além de ter sido educado por médicos, ficou por cerca de três anos na ilha de Lesbos, dedicando-se à compreensão dos organismos marinhos. Seu papel na História da Biologia é reconhecido por ser considerado o primeiro a diferenciar algumas das áreas dessa ciência, além de escrever sobre elas.

Segundo Mayr (1998, p. 10), Aristóteles “foi o primeiro a descobrir o grande valor heurístico da comparação, e é legitimamente celebrado como o fundador do método comparativo”. Durante sua vida, chegou a dedicar um livro inteiramente à Biologia e detalhou um grande número de espécies. Ainda que não tenha formalmente sugerido uma classificação para os animais, os critérios que utilizou nesse empreendimento conduziram-no, por exemplo, a ordenar os invertebrados de modo superior a Carl Linnaeus (1707-1778), que o fez dois mil anos depois.

Uma característica importante de Aristóteles é evidenciada por Mayr (1998, p. 110):

Muito mais do que seus predecessores, ele era um empírico. As suas especulações sempre se reportam às observações por ele feitas. Em certa ocasião... ele afirma de modo muito claro que a informação que procede dos nossos sentidos tem primazia sobre aquilo que nos diz a razão. Sob esse aspecto ele estava todo um mundo afastado dos assim chamados aristotélicos entre os escolásticos, que racionalizavam todos os problemas.

De todas as características, porém, a mais evidente em Aristóteles corresponde à sua busca por “causas” ou “causalidades”. Além das questões que reportavam-se a “como”, ele ficou profundamente intrigado com a questão dos

porquês, que contribuíram eficazmente na História da Biologia com sua perspectiva heurística, além de fomentar, posteriormente, as teorizações da Biologia evolutiva.

Na sua opinião, os seres vivos não eram simplesmente originados de matéria bruta. Outro fator/princípio deveria estar presente no desenvolvimento complexo de um organismo. O termo que ele escolheu para denotar este fator/princípio foi *eidos* que, por sua vez, ocupava para Aristóteles o mesmo lugar que o programa genético ocupa na Biologia atual, segundo Mayr (1998).

A bem da verdade, ele pensou que substâncias naturais eram capazes de agir por suas próprias forças e que os fenômenos naturais eram processos ou manifestações deles. Nesse sentido, considerando que todos os processos tinham um fim, Aristóteles ponderou ser o estudo dos fins um elemento capital para o exercício de compreensão da natureza.

Entretanto, a crença de Aristóteles em um mundo perfeito afastava qualquer teorização com perspectivas evolutivas. Segundo Mayr (1998), embora ele tenha desenvolvido uma importante filosofia da Biologia, equivocou-se ao imaginar que tanto o microcosmo quanto o macrocosmo poderiam ser tratados do mesmo modo, aplicando seu pensamento biológico à física e à cosmologia. (Posteriormente, nos séculos XVI, XVII e XVIII, autores como Francis Bacon e Descartes não pouparam críticas a essas considerações de Aristóteles).

Após Aristóteles, diversos personagens deram continuidade ao desenvolvimento das questões biológicas. Entre eles, citamos Theophrasto (371-268 a.C.) e Dioscórides (50-70 d.C.) na descrição e classificação das plantas; Plínio (23-79 d.C.) no campo da Zoologia e Galeno (131-200 d.C.) nos conhecimentos anatômico-fisiológicos.

Muito tempo depois (meados do século XIV), as navegações, a Reforma e a revolução científica nas Ciências Físicas, entre outras coisas, evocaram uma interpretação mais racional para as questões da natureza, suplantando as vigentes explicações sobrenaturais. Entretanto, da Antiguidade até a Renascença, após Lucrécio e Galeno, não houve acontecimentos de maior relevância para a Biologia.

Na Renascença, a história natural e a anatomia despertaram grande interesse em muitos homens da ciência. Assim, viagens em busca de “novos

mundos” tiveram um papel importante. A esse respeito, Mayr (1998, p. 117) acrescenta:

A influência libertadora das viagens, eventualmente, se fez sentir. Ela começou com as cruzadas, continuou com as viagens dos mercadores venezianos (como a visita de Marco Pólo à China) e com as travessias dos navegadores portugueses, e culminou com a descoberta do Novo Mundo por Colombo (1492).

Justamente por consequência dessas viagens, foi possível reconhecer a enorme diversidade de espécies animais e vegetais existentes no mundo, fato que motivou, além de outras obras, a publicação de inúmeras histórias naturais enciclopédicas por autores como Wotton, Gesner e Aldrovandi.

Importante destacar que, segundo Futuyma (1992), o período da renascença ainda é marcado por alguns estudos no campo da anatomia que, subsequentemente, estabeleceram noções fisiológicas necessárias à compreensão das questões evolutivas.

Para Mayr (1998, p. 117-118):

[...] a ciência aplicada, isto é, a tecnologia e as artes da engenharia, preparou o caminho durante a Renascença, para um modo inteiramente novo de encarar as coisas. A mecanização da imagem do mundo [a visão mecanicista do mundo], que resultou desse movimento, alcançou uma primeira culminância no pensamento de e Galileu (1564-1642) e na de seus estudantes associados. A natureza era para eles um sistema ligado a leis da matéria em movimento. O movimento era o cerne de todas as coisas e tudo devia ter uma causa mecânica [expressão acrescida pelo autor].

Em outras palavras, podemos dizer que este período da História da Ciência foi marcado por um apelo predominantemente experimental e observacional ao desenvolvimento científico que, de certo modo, contribuiu para a compreensão das regularidades dos fenômenos, segundo leis naturais.

Para a Biologia, não foram muitas as contribuições provenientes dessa aproximação mecanicista. O que pode ser destacado são as mensurações do volume de sangue (por Harvey) e alguns estudos anatômicos sobre locomoção (um ramo fisiológico de favorável interesse aos estudos mecanicistas). Essa abordagem intensificou-se ainda mais com a publicação dos *Principia* de Newton, no ano de 1687.

Com essa visão, fenômenos biológicos passaram a ser interpretados de acordo com explicações físicas “como a explicação do sangue quente nos mamíferos e nos pássaros, como sendo devida à fricção do sangue nos vasos sanguíneos” que foi aceita por mais de cento e cinquenta anos (MAYR, 1998, p. 119).

René Descartes (1596-1650) foi um dos filósofos que contribuiu intensamente para a disseminação dessa abordagem mecanicista. Sua compreensão dos organismos (como uma classe de autômatos ou máquinas), porém, encontrou fortes oposições entre os biólogos. De acordo com Mayr (1998, p.120):

[...] as afirmações de Descartes de que os organismos não passam de meros autômatos, que a espécie humana difere deles pelo fato de ter uma alma, que toda a ciência deve estar baseada na Matemática e muitos outros dos seus enunciados dogmáticos sumários, ao se comprovarem completamente errôneos, constituíram-se em pedra de moinho no pescoço da Biologia, cujos efeitos (na controvérsia mecanicismo-vitalismo) perduram até o final do século XIX. [...] A maioria das suas conclusões fisiológicas foi alcançada mais pela dedução do que pela observação e o experimento.

O esforço em fornecer explicações mecanicistas para os mais diversos fenômenos do mundo estava voltado para a tentativa de se chegar a uma unidade da ciência, a fim de compreendê-la segundo um número mínimo de leis. A descoberta da diversidade de espécies, no entanto, minou essa tentativa ao popularizar a riqueza e a heterogeneidade de detalhes dos organismos.

Mas a revolução científica, por outro lado, foi responsável pelo desenvolvimento de diversos instrumentos importantes aos estudos biológicos, como os microscópios – que possibilitaram a visualização de microorganismos invisíveis a olho nu –, fazendo emergir novos ramos de investigação para a Biologia.

Seguidamente, além de pesquisas com os organismos, outras descobertas efervesceram na Biologia, entre as quais destacamos os estudos científicos com insetos por Francesco Redi (1668), comprovando que os mesmos não são resultado de geração espontânea, mas de ovos de fêmeas fertilizadas.

Essas descobertas cada vez mais frequentes, incentivaram um número ainda maior de exploradores a realizar viagens transoceânicas para exploração da diversidade animal e vegetal, frutificando no surgimento de

incontáveis coleções biológicas que, por sua vez, conduziram os pesquisadores à era da classificação, sobretudo com Lineu (1707-1778).

Além disso, estudos sobre a diversidade das espécies levaram muitos pesquisadores, em detrimento de explicações criacionistas, a enxergarem evidências que, posteriormente, favoreceram as teorizações de Darwin sobre evolução.

Segundo Mayr, além de Lineu, Georges Buffon (1707 -1788), com a obra *Histoire naturelle* (História natural), exerceu grande influência sobre as ideias biológicas com reflexões fortemente liberais em áreas como a cosmologia, a embriologia e a história da Terra. “Ele por certo nunca avançou na teoria da evolução, mas indubitavelmente preparou o terreno para Lamarck” (MAYR, 1998, p. 125).

As transformações no mundo científico da época ainda continuavam intensas. Os mundos orgânico e inorgânico estavam sendo criteriosamente estudados pelos filósofos. Os telescópios haviam aberto um novo e interessante campo de investigação – o universo infinito – ao mesmo tempo em que a vida era observada em gotas d’água nos microscópios.

Emmanuel Kant, na Alemanha, chegou a formular uma teoria sobre a evolução cósmica, publicada na obra *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels* (História universal da natureza e teoria do céu), em 1755. Neste livro, Kant argumentou que a partir de forças físicas que atuavam sobre a matéria, todo aparato do universo havia sido criado. Ele chegou até mesmo considerar que uma teoria semelhante pudesse ser aplicada ao mundo orgânico, mas retroagiu no argumento após reconhecer que, neste caso, os princípios deveriam ser extremamente diferentes.

Neste mesmo período, o já acima citado Conde de Buffon desenvolvia estudos sobre a idade e a origem da Terra. Ao concluir que a mesma havia se formado gradualmente, durante um vasto período temporal, sofreu duros ataques da Igreja, obrigando-se a abdicar dos resultados de suas pesquisas (GEORGE, 1985).

Segundo George (1985), havia também inúmeros experimentos sendo realizados no campo de investigação da imutabilidade e da criação, chegando a Universidade de Munique premiar a tese de Carl Gärtner sobre “*As causas da imutabilidade das espécies*”.

Já por volta de 1770, havia se estabelecido uma sociedade (a Sociedade Lunar) em Birmingham, composta por diversos especialistas como James Watt (1736-1819), Matthew Boulton (1728-1809), Josiah Wedgwood (1730-1795), Joseph Priestly (1733-1804) e Erasmus Darwin (1731-1802), avô de Charles Darwin, que se reuniam informalmente para discutir os problemas científicos e as teorias provocantes do momento.

Mas foram Erasmus Darwin e outro pesquisador, Jean-Baptiste de Lamarck (1744-1829), os causadores das maiores agitações entre os círculos filosóficos, pois:

Erasmus Darwin convenceu-se de que os animais mudavam de forma e se transformavam em novas espécies – a mudança era provocada pela transmissão de caracteres adquiridos durante a vida de um indivíduo – e de que toda a vida, enfim, provinha do mar. [...] Em 1809, Lamarck havia finalmente publicado a *Philosophie Zoologique* (“Filosofia Zoológica”) na qual afirmava categoricamente acreditar que todas as coisas vivas haviam-se desenvolvido, por causas naturais, de outras coisas vivas (GEORGE, 1985, p. 12-13).

Figura 3 – Jean-Baptiste de Lamarck



Fonte: Landow (2007).

Lamarck, considerando os estudos de Buffon, após fazer uma reclassificação dos organismos, chegou a alguns questionamentos. Por que as asas de alguns pássaros eram tão longas enquanto de outros eram tão curtas? Por que algumas possuíam bicos curvos e outras, retos? Suas asserções foram categóricas:

[...] no decorrer de uma vida, um pássaro esforçava-se por adquirir algumas coisas: havia pássaros que queriam ser pernaltas e pássaros que queriam comer nozes. Assim, os pernaltas se esforçavam ao máximo para esticar as pernas e entrar na água mais profunda e os quebra-nozes se esforçavam ao máximo para partir nozes maiores e mais duras. As pernas se alongavam e os bicos se fortaleciam enquanto os pássaros se empenhavam cada vez mais em atingir seus objetivos, e uma parte desse progresso circulou na corrente sanguínea até alcançar as células reprodutoras e ser transmitida às suas descendências (GEORGE, 1985, p. 13).

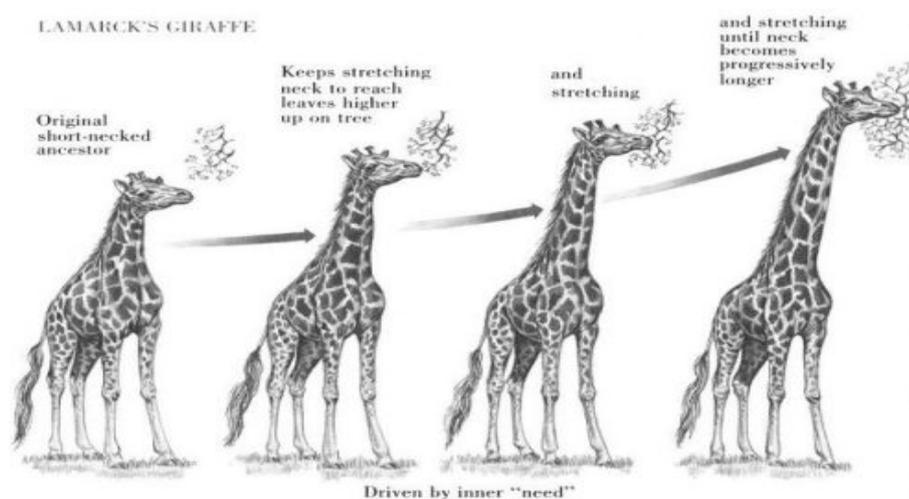
Certamente, as proposições de Lamarck incomodaram e fizeram com que as discussões sobre evolução biológica assumissem um lugar central na comunidade científica da época, predominantemente fixista, ou seja, crente na forma fixa e imutável das espécies. Porém, ninguém antes de Darwin havia chegado a uma teoria tão logicamente satisfatória para explicar as mudanças das espécies (RIDLEY, 2006).

Segundo Ridley (2006, p. 31), Lamarck imaginava que “as linhagens das espécies persistiam indefinidamente, mudando de uma forma para outra”. Desse modo, essas linhagens nem se ramificavam e nem se extinguíam. A explicação que Lamarck utilizou para justificar essa asserção dividiu-se em duas partes, correspondentes a dois mecanismos. O principal deles era a chamada “força vital”, uma força intrínseca aos organismos que os levava a gerar descendentes com características diferentes de si, de modo que, ao longo de gerações, o acúmulo dessas diferenças era responsável por originar novas espécies.

O outro mecanismo é o da “herança de caracteres adquiridos”, segundo o qual, as espécies poderiam se transformar à medida que modificações adquiridas pelos organismos (individualmente) ao longo da vida fossem transmitidas aos seus descendentes. O exemplo (hoje clássico) que Lamarck utilizou para assegurar este princípio baseia-se em uma discussão acerca do tamanho do pescoço das girafas. Segundo ele,

[...] girafas ancestrais haviam se esticado para atingir folhas mais altas nas árvores. O esforço fez com que seus pescoços se tornassem levemente maiores. Seus pescoços mais longos foram herdados pela sua prole, a qual iniciou a sua vida com uma propensão a ter pescoços mais longos do que os de seus progenitores. Depois de muitas gerações de alongamento de pescoço, o resultado foi o que vemos hoje (RIDLEY, 2006, p. 32).

Figura 4 – Evolução do pescoço das girafas segundo Lamarck



Fonte: (AS IDEIAS...2009).

Por vezes, as afirmações de Lamarck chegaram a ser caricaturadas devido ao fato de muitos não aceitarem o “esforço” das girafas como uma ação consciente e desejada. Entretanto, é mister ressaltar que a teoria, de fato, não assumia esse “esforço” consciente por parte dos organismos, apenas defendia a flexibilidade no desenvolvimento individual e a herança dos caracteres adquiridos.

Ridley (2006), apresenta Lamarck como uma pessoa de gênio não amigável. Georges Cuvier (1769-1832), apresentava-se como seu maior rival. Muitos dos estudos de Lamarck (que também eram importantes nas áreas de química e meteorologia) não chegaram a ser prestigiados a ponto de ele achar, em 1809, que havia uma silenciosa conspiração contrária às suas ideias. Grande parte dos meteorologistas e químicos da época ignorava seus estudos. Cuvier, na ocasião da publicação de *Philosophie Zoologique* (LAMARCK, 1809) chegou, inclusive, a providenciar que ele fosse saudado em silêncio.

Segundo Futuyma, as ideias de Lamarck foram rejeitadas não apenas porque

[...] ele abraçava a herança das características adquiridas, mas porque os principais naturalistas de então não reconheciam a evidência da evolução. Particularmente Georges Cuvier (1769-1832), o fundador da anatomia comparada e um dos biólogos e paleontólogos mais respeitados do século XIX, criticou duramente Lamarck argumentando que o registro fóssil não revelava séries graduais intermediárias e ancestrais e descendentes, e que os organismos são tão harmoniosamente construídos e perfeitamente adaptados que qualquer mudança destruiria a integridade de sua organização (FUTUYMA, 1992, p. 4).

Entretanto, o impacto causado pela obra de Lamarck ressoou longinquamente, embora não tenha sido aceita por muitos cientistas de sua época não convencionados à herança dos caracteres adquiridos. Seus méritos, porém, não podem ser esquecidos, haja vista que ele foi o primeiro a discorrer sobre as mudanças adaptativas dos organismos, além de ter contribuído no campo da Botânica e da Zoologia, entre outros.

Segundo Mayr (1998), credita-se a Lamarck o fato de haver inaugurado uma nova era da Biologia com a sua teoria da Evolução Biológica, e por haver cunhado o termo “Biologia” em 1802 (proposto independentemente também por Burdach, em 1800, e por Treviranus, em 1802).

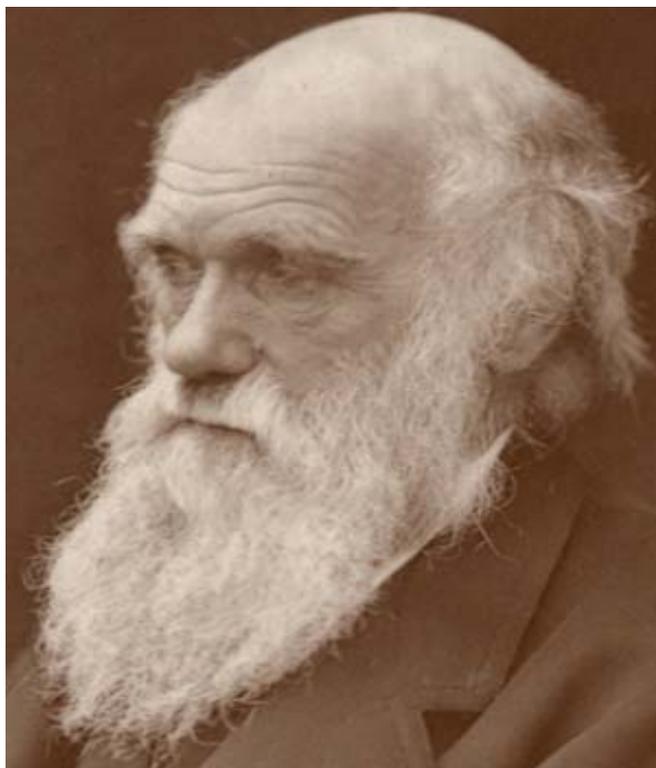
Não obstante isso, embora Lamarck seja recorrentemente lembrado como “errado” nas explicações evolutivas, a História da Ciência mostra-nos que é fundamental reconhecer o legado científico por ele deixado à Biologia. Além do mais, a herança das características adquiridas (um dos mecanismos de sua teoria), foi ratificada e incorporada pelo naturalista Charles Darwin (1809-1882), em sua polêmica teoria que, por sua vez, inaugurou uma nova era na compreensão do pensamento evolutivo.

Complementarmente, é importante registrar que a influência da herança Lamarckiana (de que as características adquiridas pudessem ser herdadas) passou a ser questionada e refutada vigorosamente após o biólogo alemão August Weismann (1833-1914), apresentar evidências e argumentos teóricos sugerindo que somente a seleção natural (darwiniana), de fato, justificava a evolução (RIDLEY, 2006, p. 37).

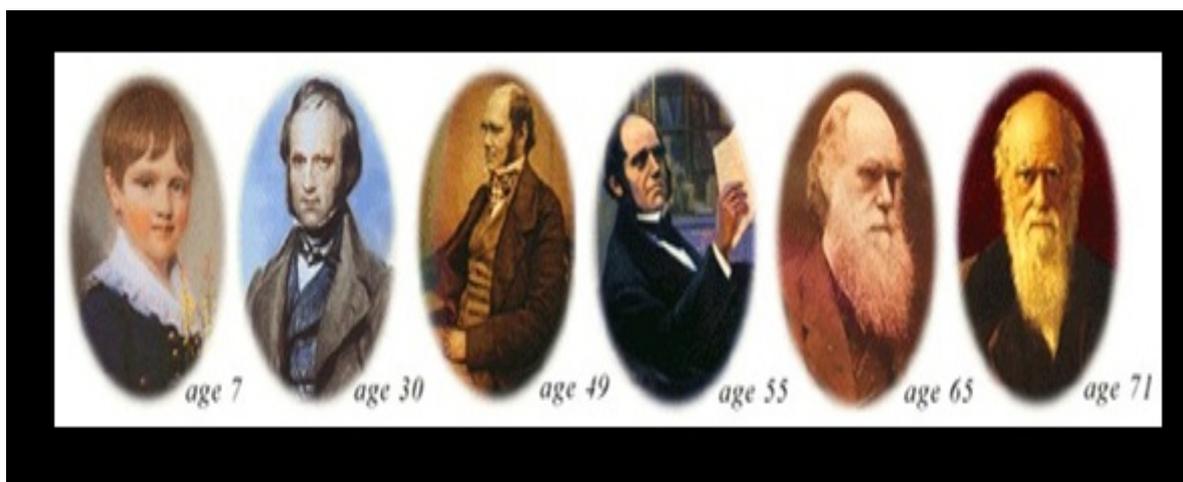
3.2 PENSAMENTO EVOLUTIVO A PARTIR DE DARWIN

Charles Robert Darwin nasceu em 12 de fevereiro de 1809 em Shrewsbury, Inglaterra. Filho de médico decidiu também estudar medicina na Universidade de Edimburgo. Aos dezoito anos, porém, após assistir a duas cirurgias realizadas sem anestesia (uma delas com uma criança), abandonou a carreira para nunca mais voltar. Seu pai, Robert Darwin, decepcionado e receoso de ver o filho na ociosidade, sugere a Darwin ingressar na vida religiosa, com pastor da Igreja Anglicana. Foi aí que ele partiu para Cambridge (LENAY, 2004).

Figura 5 – Charles Robert Darwin



Fonte: Van Wyhe (2002).

Figura 6 – Charles Robert Darwin - fases

Fonte: Universidade Nova Lisboa (2009)

Em 1827, Darwin conhece o reverendo John Henslow (1796-1861), professor de botânica que, posteriormente, tornou-se um grande amigo. Henslow, frequentemente promovia viagens aos seus alunos a fim de realizar estudos de botânica, entomologia, química, mineralogia e geologia.

Em um dos jantares organizados por Henslow, em sua casa, Darwin conheceu o filósofo William Whewell (1794-1866), cujos trabalhos epistemológicos, juntamente com os de John Herschel, influenciaram-no profundamente.

Segundo Lenay (2004), Darwin leu por algumas vezes a obra de Herschel *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (O Discurso preliminar sobre o estudo da filosofia natural), publicada em 1830. Neste livro, de acordo com Herschel, as investigações científicas deveriam ser realizadas segundo métodos hipotético-dedutivos, ou seja, o pesquisador em princípio, formula leis universais e axiomas e depois por meio de deduções inversas, determina as consequências e proposições específicas que derivam dessas hipóteses mais gerais. Assim, pode-se observar se elas permitem uma predição correta de novas observações.

Além disso, Darwin interessou-se também pelos relatos de viagem de Alexander von Humboldt (1769-1859), que o motivaram a participar de uma expedição ao País de Gales juntamente com o famoso geólogo Sedgwick (1785-1873).

Em 19 de agosto de 1831, quando retornou dessa viagem, Darwin recebeu uma carta enviada por Henslow que mudou os rumos de sua vida. Nela, Henslow havia proposto o nome de Darwin como naturalista para participar de uma viagem de dois anos (ao longo das ilhas da América do Sul) acompanhando o capitão FitzRoy (1805-1865), que tinha como missão realizar levantamentos hidrográficos. Embora contrariando o pai, Darwin partiu em 27 de dezembro de 1831 no navio intitulado *Beagle*.

Figura 7- Navio Beagle



Fonte: Universidade Nova Lisboa (2009).

Entre os anos de 1832 e 1836, o Beagle navegou para cima e para baixo da costa da América do Sul, cartografando as águas: navegando para o Arquipélago de Galápagos, cruzando o Pacífico até a Nova Zelândia e Austrália, contornando o Cabo da Boa Esperança e tocando a América do Sul antes de voltar (GEORGE, 1985, p. 22).

Durante a viagem, que ao final durou quatro anos e nove meses, Darwin coletou inúmeros espécimes de vida terrestre. Com suas observações (nas selvas brasileiras, nos pampas argentinos, nos Andes, atc...), percebeu as adaptações que aconteciam em cada ambiente e estava perplexo com as peculiaridades da distribuição geográfica das mesmas. Nas ilhas Galápagos, por exemplo, ao realizar uma coleta de pássaros, Darwin, em princípio, não se preocupou em fazê-la ilha por ilha, sobretudo porque não idealizou a importância que a fauna e a flora teriam para ele futuramente.

Figura 8 – Rota da Viagem do Beagle



Fonte: Darwin's Home Page (2009).

Ao coletar diversos tentilhões, Darwin não tinha certeza de que todos pudessem ser de uma mesma espécie. Porém, retornando para a Inglaterra (em 1837), ao consultar alguns ornitólogos, reconheceu que se tratava de espécies diferentes. Por esse motivo, rememorou suas cadernetas de anotações (utilizadas durante a viagem) e começou a escrever sobre as possíveis origens das espécies. Neste momento, ele começava a perceber que a origem e a adaptação ao meio eram processos muito relacionados. Seus cadernos de notas revelam, inclusive, como ele considerou as ideias de Lamarck rejeitando-as posteriormente, por falharem na questão da adaptação. Seu objetivo, além de explicar a mudança das espécies era esclarecer porque elas eram bem-adaptadas (RIDLEY, 2006).

Figura 9 – Tentilhões



Fonte: Universidade Nova Lisboa (2009).

Segundo Lenay, a noção de adaptação ocupava um lugar central no pensamento de Darwin. “Sempre fiquei impressionado por uma tal faculdade de adaptação e, até que se pudesse explicá-la, parecia-me quase inútil demonstrar, por um viés indireto, que as espécies se haviam modificado” (DARWIN, 1985 apud LENAY, 2004, p. 51)

Assim, Darwin passou a trabalhar na elaboração de uma teoria abordando a questão da seleção e dos mecanismos evolutivos. Surpreendentemente, os motivos que o despertaram à lógica da seleção natural foram descobertos em seus cadernos de notas. Entre as anotações, encontram-se reflexões acerca da obra de Thomas Robert Malthus (1766-1834), *An Essay on the Principle of Population* (Um Ensaio sobre o princípio das populações) publicado em 1798, a qual Darwin havia lido e confrontado com sua experiência observacional.

Darwin sempre declarou a importância da demonstração de Malthus sobre o crescimento exponencial das populações. Segundo o princípio Malthusiano, populações que não fossem controladas teriam seu tamanho duplicado a cada vinte e cinco anos, ou aumentado em razão geométrica. Por consequência lógica, uma

quantidade fixa de alimentos disponíveis resultaria, inevitavelmente, em uma disputa pela existência.

O que se pode observar na literatura do assunto é que o processo de elaboração propriamente dito da teoria da seleção natural, além de ter sido demorado, envolveu uma série de refutações de teorias alternativas, das quais, Darwin soube extrair informações que contribuíram na construção de sua própria.

[...] em 1839, muitas questões permaneciam em suspenso. De início, era preciso continuar os estudos dos mecanismos da reprodução para compreender as variações hereditárias, mesmo que não se buscasse ligá-las diretamente a um valor adaptativo. Era preciso também verificar se havia na natureza a variabilidade individual tão grande quanto as espécies domésticas. Além disso, no plano teórico, Darwin ainda não estava convencido de que o princípio da seleção era suficiente para explicar a separação das espécies e sua divergência na árvore da evolução (LENAY, 2004, p. 72-73).

Assim, por muito tempo, Darwin optou por não publicar nenhuma de suas ideias a fim de consolidar sistematicamente sua teoria. Além disso, ele se preocupava com a repercussão da mesma na sociedade. Ao mesmo tempo em que desejava o prestígio científico, não queria chocar os seus. Por esses motivos, segundo Lenay (2004), Darwin encontrou-se por vezes em meio a crises de ansiedade, choros histéricos e enfermidades. Entretanto, a descendência das espécies por meio da seleção natural não podia, decisivamente, ser suavemente recebida naquele contexto intelectual.

Por volta de 1858, após vinte anos de estudo e pesquisa, Darwin recebeu de um jovem, o naturalista Alfred Russel Wallace (1823-1913), um texto contendo uma explicação para a origem das espécies muito parecida com a sua própria: *On the Tendency of Varieties to the Depart Indefinitely from the Original Type* (Da tendência das variedades a se afastarem indefinidamente do tipo original).

Com esse fato, Darwin encontrou-se em uma situação dramática. O que poderia fazer? Retardar a publicação de Wallace? Publicar seus estudos de décadas com um colega quinze anos mais jovem?

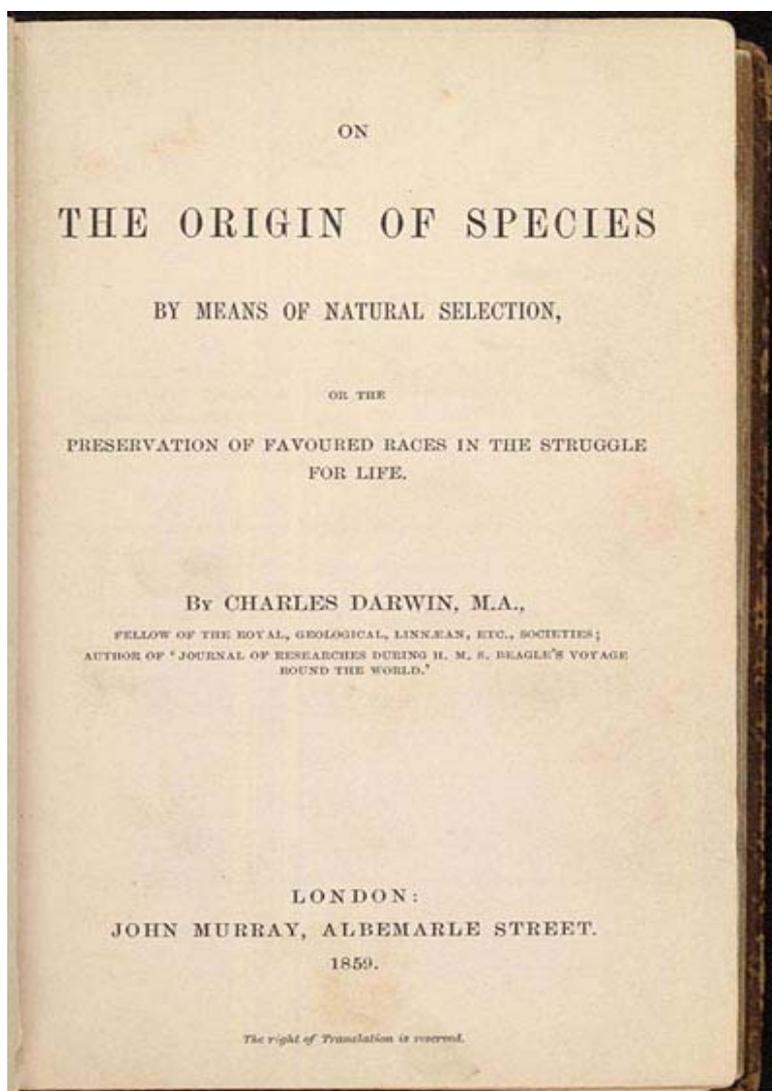
O dilema foi resolvido pelos amigos de Darwin Lyell e Hooker que encontraram a seguinte solução:

[...] em 1º de julho de 1858, diante da Sociedade Lineana de Londres, fizeram ler simultaneamente ao texto de Wallace, um

extrato do manuscrito que Darwin havia escrito em 1844, e uma passagem de uma carta endereçada em 1857 a Asa Gray na qual descrevia sucintamente suas idéias (LENAY, 2004, p. 88).

Entretanto, as publicações de Wallace e Darwin não tiveram a repercussão esperada no meio científico. Então, em 24 de novembro de 1859, Darwin publicou um resumo de seu livro *A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida*, que, de fato, repercutiu e repercute até os dias de hoje.

Figura 10 – Livro original “A origem das Espécies”



Fonte: Van Wyhe (2002).

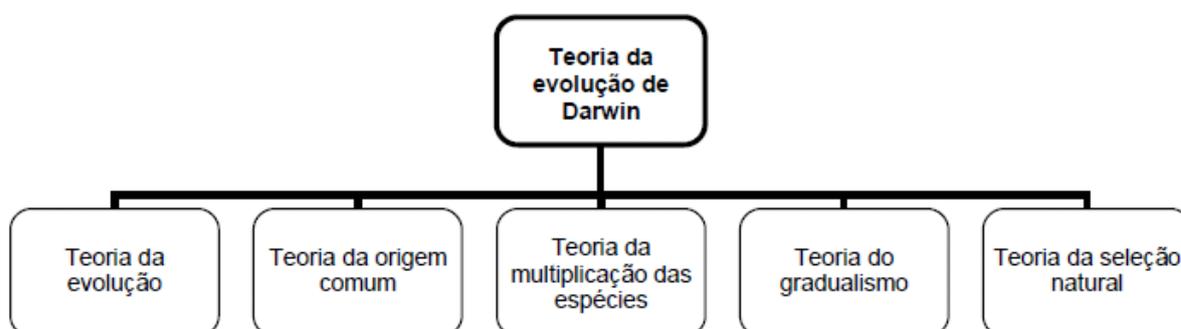
Wallace é reconhecido como co-propositor do principal mecanismo da evolução biológica – seleção natural – pois sua teoria foi tão cuidadosamente formulada quanto a de Darwin. Porém, Wallace, apesar de ter continuado seus estudos sobre tópicos evolutivos por boa parte de sua vida, nunca fez nenhuma publicação tão expressiva como Darwin (2003) em *A Origem das Espécies*.

A importância da obra (*A Origem das Espécies*) foi significativa para o desenvolvimento de uma nova compreensão da Biologia. Não apenas nessa área, mas em grande parte do pensamento humano, Darwin situou o universo dos seres vivos no domínio das leis naturais. Com este livro, ele conseguiu convencer muitos intelectuais acerca da existência da evolução biológica, estabelecendo a seleção natural como a teoria capaz de explicá-la.

Embora na época o grau de adesão a Darwin tenha sido consideravelmente grande, sua ideia original da evolução por seleção natural, como veremos posteriormente, foi desacreditada até o final dos anos vinte do século XX.

Segundo Mayr (2006, p. 36-37), o que se denomina frequentemente por “teoria da Evolução de Darwin” ou “Darwinismo” refere-se a um pacote de teorias que, embora trabalhem articuladamente, apresentam bases epistemológicas diferentes. De acordo com sua análise, ainda que desconsiderando (mas não ignorando) algumas das múltiplas teorias darwinianas, o paradigma darwiniano é composto por cinco teorias principais (figura 11), a saber, teoria da evolução, teoria da origem comum, teoria da multiplicação das espécies, teoria do gradualismo e teoria da seleção natural.

Figura 11 – Teoria da evolução



Fonte: Do autor

Almeida e Falcão (2005), a partir de uma interpretação lakatosiana, explicam que o núcleo firme desse programa de pesquisa (sobretudo no que diz respeito à seleção natural), consiste em uma hipótese observacional que focaliza a abundante variedade dos organismos. Para Darwin, segundo estes autores, essas variações sofreriam a ação de um tipo de “seleção”: a seleção natural. Além disso, dezessete teorias específicas e hipóteses auxiliares compunham o cinturão protetor do núcleo firme deste programa de pesquisa. De todas elas, porém, três foram criadas por outros naturalistas. Um deles foi o já citado Jean-Baptiste Lamarck, de quem Darwin admitiu a ação do meio como fator provocador à variação. As outras teorias tratavam da questão da hereditariedade de características adquiridas e do uso e desuso de órgãos e partes do corpo.

Ao que sabemos, Darwin considerou a seleção natural um processo razoavelmente simples. Seu enunciado básico pode ser assim descrito: por haver luta pela sobrevivência entre os organismos, o nível de mortalidade de cada geração será alto. Deste modo, apenas os “melhores” sobreviverão. A natureza, por sua vez, provê um contingente infinito de variações e, devido à sobrevivência dos “melhores”, os avanços evolutivos acontecem.

Nas palavras do próprio Darwin:

[...] dei o nome de seleção natural ou de persistência do mais apto à conservação das diferenças e das variações individuais favoráveis e à eliminação das variações nocivas. As variações insignificantes, isto é, que não são nem úteis nem nocivas ao indivíduo, não são certamente afetadas pela seleção natural e permanecem no estado de elementos variáveis, como as que podemos observar em certas espécies polimorfas, ou terminando por se fixar, graças à natureza do organismo e às das condições de existência (DARWIN, 2003 p. 94).

[...] pode dizer-se, metaforicamente, que a seleção natural procura a cada instante e em todo o mundo, as variações mais ligeiras; repele as que são nocivas, conserva e acumula as que são úteis; trabalha em silêncio, insensivelmente, por toda a parte e sempre, desde que a ocasião se apresente para melhorar todos os seres organizados relativamente às suas condições de existência orgânicas e inorgânicas (DARWIN, 2003, p. 98).

Como se pode notar, em princípio, o que Darwin denominou de “seleção natural” referiu-se a qualquer atributo que favorecesse a sobrevivência, tal como o melhor uso dos recursos, uma melhor adaptação às mudanças climáticas,

uma resistência superior às doenças e uma maior habilidade para escapar dos inimigos.

Segundo Mayr (1998), a seleção natural era composta por três inferências que se baseavam em cinco fatos decorrentes do que compreendemos (hoje em dia) como ecologia de populações e fenômenos relativos à hereditariedade.

A estrutura lógica dessa composição, resumimos no quadro abaixo.

Quadro 1 – Estrutura lógica da teoria da seleção natural

Fatos	Inferências	Especificações
1º Fato		As espécies em geral apresentam elevado potencial de fertilidade. Logo, as populações cresceriam exponencialmente se todos os organismos nascidos obtivessem êxito reprodutivo.
2º Fato		Populações podem ser consideradas estáveis, salvo flutuações anuais menores e flutuações ocasionais maiores.
3º Fato		Os recursos disponíveis são restritos. Em um meio ambiente hipoteticamente estável, os recursos permaneceriam constantes.
	1ª Inferência	Se o tamanho de uma população permanece estável mesmo com um aumento no número de indivíduos e com quantidade limitada de recursos disponíveis, significa que os indivíduos dessa população estão em constante disputa pela sobrevivência.
4º Fato		Todos os indivíduos de uma população possuem variações individuais. (o que confere a ela uma grande variabilidade).
5º Fato		Ainda sobre essa variação: grande parte dela é transmitida por hereditariedade.
	2ª Inferência	A luta pela sobrevivência não pode ser entendida como um processo a esmo, mas dependente, também, do acervo hereditário dos indivíduos sobreviventes. O que constitui, portanto, o processo de seleção natural é essa sobrevivência desigual.
	3ª Inferência	Ao longo das gerações, a seleção natural conduzirá as populações a mudanças graduais e contínuas. Tais mudanças produzirão novas espécies.

Fonte: Mayr (1998, p. 536).

É bem provável que em toda história das ideias em Biologia ninguém tenha construído um conceito tão original e ousado para explicar os processos envolvidos na adaptação dos seres vivos. Darwin, porém, no início da formulação de sua teoria ainda pensava que a seleção natural pudesse produzir uma adaptação praticamente perfeita. Entretanto, ao analisar deficiências na estrutura e na função dos organismos, a ideia de perfeição enfraqueceu-se.

Por volta do ano de 1837, Darwin já havia se convencido de que as espécies eram modificáveis e que sua multiplicação ocorria por meio de processos naturais. Suas conclusões levaram-no, em detrimento de argumentos sobrenaturais e teológicos, a dar explicações naturais para a “aparente harmonia e adaptação do

mundo orgânico”. Os cadernos de notas utilizados por Darwin descrevem os caminhos por ele percorridos até chegar à evolução por seleção natural. Ele, inclusive, chegou a definir uma data para marcar o dia desse momento de iluminação: 28 de setembro de 1838. Alguns autores, porém, ao reconhecerem a complexidade da teoria, questionam sua concepção como fruto de um único momento (MAYR, 1998).

Se há um ponto de convergência entre os estudiosos da seleção é que essa teoria evoluiu vagarosamente. Sua estrutura lógica envolvia tantas noções complexas que mesmo o próprio Darwin chegou a incoerências e contradições.

Para Mayr (2004, p. 127-130), a seleção natural (assim como a expressão “Darwinismo”), pode ser mais bem compreendida quando visualizada como um pacote de subteorias (figura 12) que, embora muitas delas não tenham sido elaboradas pelo próprio Darwin, apresentam um altíssimo nível de compatibilidade com suas ideias originais. Entre elas estão: a teoria da existência perpétua de um excedente reprodutivo, a teoria da herdabilidade de diferenças individuais e a teoria do caráter descontínuo dos determinantes da hereditariedade.

Figura 12 – Subteorias da teoria da seleção natural



Fonte: Do Autor

3.3 ALGUMAS OBJEÇÕES

A seleção natural, de todas as teorias darwinianas, foi vítima da mais intensa resistência. Sua rejeição foi considerada quase universal. Os intelectuais da época recusavam-se a aceitar que processos naturais pudessem substituir o mundo projetado por Deus. Todavia, a teoria da seleção natural não somente derrubou as

causas finalistas de origem sobrenatural como também o determinismo puramente orgânico do mundo.

Um dos fatores responsáveis pela rejeição das teorias Darwinianas consistiu no conflito das mesmas com as ideologias dominantes do período em questão. A Europa, nos trezentos anos que antecederam a divulgação de *A Origem das Espécies*, encontrava-se envolta por uma revolução intelectual, alimentada pelas Revoluções Científicas (sec. XVI e XVII) e pelo Iluminismo (sec. XVIII).

Por desafiar, então, muitas das crenças vigentes à época, as teorias darwinianas encontraram austera resistência. Entre elas, destacam-se (concernentes ao dogma cristão) a crença num mundo imutável; a crença num mundo criado; a crença em um mundo projetado por um criador sábio e benigno; a crença numa posição única da humanidade na criação.

Mas não foram somente teólogos e leigos que manifestaram resistência. Muitos fatores ideológicos também exerceram influências favoráveis à negação da evolução por meio da seleção natural. Nenhum, entretanto, foi tão bem articulado quanto a filosofia do essencialismo – que havia influenciado o pensamento ocidental por mais de dois milênios – sustentando a ideia de que os fenômenos da natureza apresentavam essências imutáveis (MAYR, 2006, p. 40).

A teoria da seleção natural havia, de fato, suprimido a necessidade de um criador para as coisas do mundo. A explicação lógica da adaptação dos organismos por forças puramente materiais havia excluído Deus do contexto da criação. Os argumentos da teologia natural, conseqüentemente, foram sendo progressivamente neutralizados.

Um dos maiores embates entre o Darwinismo e a Igreja aconteceu em junho de 1860. Os personagens foram Thomas Huxley e Samuel Wilberforce, bispo de Oxford. Segundo uma crítica anônima:

[...] a supremacia original do homem sobre a Terra, a capacidade humana de articular uma linguagem, o dom da razão, o livre-arbítrio e a responsabilidade do homem... tudo é igual e totalmente irreconciliável com a degradante noção da grosseira origem daquele que foi criado à imagem de Deus (WILBERFORCE, 1860 apud DENNETT, 1998, p. 65).

Entre o rol de objeções, sabemos também que os debates científicos promovidos durante o período darwiniano esbarraram em resistências do campo

moral. Muitas eram as controvérsias exaltadas que envolviam as discussões sobre a teoria. Segundo Dennett “um dos motivos de todo esse fervor é que tais debates sobre questões científicas são em geral distorcidos pelo temor de que a resposta “errada” possa ter intoleráveis implicações morais” (DENNETT, 1998, p. 21).

3.3.1 Oposições Metodológicas

No tocante ao escopo científico, Abrantes (2008), evidencia que além das conhecidas resistências às exposições de Darwin – pelo fato de sugerirem a ancestralidade comum das espécies e as modificações das mesmas devido à seleção natural – menos conhecidas são as críticas que se estenderam aos métodos utilizados por ele em suas pesquisas, notoriamente díspares aos padrões indutivistas da época.

Muitos cientistas desconsideraram a teoria darwiniana por a terem julgado insuficientemente apoiada nos fatos. A. Sedgwick (professor de Geologia de Darwin), R. Owen (anatomista renomado) e J. S. Henslow (botânico e mineralogista) exemplificam tal asserção. Embora tenham reconhecido aspectos positivos, criticaram a desconsideração do método indutivo na teoria de Darwin, argumentando que tanto a descendência com modificação quanto o mecanismo da seleção natural, não teriam sido provados em termos de fatos ou induzidos a partir destes.

Afinal, tais críticas haviam-se suscitado pelo fato de Darwin ter utilizado – em detrimento do método indutivo – o denominado “método de hipóteses”, atualmente conhecido como método hipotético-dedutivo.

De acordo com Lenay (2004), a preferência de Darwin por este método foi influenciada pela leitura da obra de Herschel *Preliminary Discourse on the Study of a Natural Philosophy* (1830), (já anteriormente apresentada neste trabalho), que sugeria investigações científicas para as quais o pesquisador, em princípio, formularia leis universais e axiomas e, posteriormente, por meio de deduções inversas, determinaria as consequências e proposições específicas que derivariam dessas hipóteses mais gerais. Assim, poder-se-ia observar se as mesmas permitiam uma predição correta de novas observações.

Especificamente em relação às oposições metodológicas, quase uma década após a publicação de *A Origem*, Darwin ratificou publicamente o emprego do método hipotético-dedutivo em favor do princípio da seleção natural,

alegando que nas investigações científicas, ao se levantar uma determinada hipótese capaz de explicar várias e independentes classes de fatos, a mesma poderia ser elevada à condição de 'teoria' (deveras fundamentada), como o princípio da seleção natural que (entre outros fatores) poderia ser provado em correspondência analógica à formação de raças domésticas (ABRANTES, 2008).

3.3.2 Críticas de Lorde Kelvin

Além das objeções metodológicas, muitas outras permearam as discussões que emergiram junto às teorias Darwinianas. O físico William Thomson (1824-1907), também conhecido como Lorde Kelvin, cujo papel no desenvolvimento da termodinâmica é notável, questionou a idade da Terra ao ter acreditado demonstrar que a mesma não poderia ser tão antiga quanto descrevia a geologia de Charles Lyell e, por extensão, Darwin.

Charles Darwin estava convicto de que a viabilidade da seleção natural – como um processo regido por leis naturais – estaria condicionada à existência de um tempo geológico suficientemente amplo para que sua atuação ocorresse de forma progressiva. Para isso, sustentou-se no trabalho de Charles Lyell “*Princípios da Geologia*”, o qual demonstrava (com base em cálculos sobre erosão) que a Terra possuía um tempo geológico consideravelmente extenso (compatível com o pleito da seleção natural).

Lord Kelvin, contrariando a proposta de Lyell e Darwin, baseado em seus conhecimentos de termodinâmica, chegou a uma estimativa enormemente dessemelhante para o tempo da Terra, mediante cálculos aplicados ao estudo do tempo de vida solar:

Ele calculou a energia gravitacional de um objeto com massa e raio iguais aos do Sol e dividiu o resultado pela taxa pela qual o Sol dissipa energia. Este cálculo deu um tempo de vida solar de somente 30 milhões de anos. A estimativa correspondente para a energia química era de um tempo muito mais curto, pois os processos químicos libertam pouca energia (KING, 2008, p. 1).

Com esses cálculos, Kelvin contrariou as estimativas de Darwin – baseadas no estudo da diversidade dos organismos – que sugeriam um tempo de vida em bilhões de anos para o sol e também para a Terra.

Ao inferir que Darwin havia se equivocado na idade do Sol, Lord Kelvin concluiu que ele havia cometido o mesmo equívoco ao estimar o tempo necessário para a viabilidade da evolução por meio da seleção natural.

Por certo, a força analítica da argumentação de Kelvin abalou o pensamento de Darwin, chegando o mesmo a confessar a Wallace (por carta), que as opiniões de Kelvin representavam um de seus problemas mais complexos.

Naquela ocasião, Darwin reagiu introduzindo fatores como “a transmissão dos caracteres adquiridos pelo costume, ou, ainda, uma misteriosa tendência a variar na mesma direção” a fim de suavizar as objeções temporal-geológicas (LENAY, 2004, p. 107).

Nos dez anos que precederam a morte de Darwin, duas correntes permaneciam estudando essa questão. De um lado, estudos geológicos ratificavam as acepções de Kelvin. De outro, pesquisas paleontológicas somavam evidências em favor da evolução gradual das espécies.

Somente alguns anos depois, Ernest Rutherford chegou à conclusão de que grandes quantidades de energia eram liberadas a partir da radiação de partículas alfa por substâncias radioativas. Diante de tal descoberta, Rutherford concluiu que a duração da vida no planeta era compatível com o tempo “reclamado” por alguns pesquisadores para a vida da Terra, o que assegurou a Lyell e Darwin a garantia de terem apresentado um parecer mais correto acerca dos tempos geológicos.

Assim, apenas vinte anos após a morte de Darwin, a descoberta da radioatividade possibilitou uma resolução para o problema: o reconhecimento de que Kelvin havia ignorado (em seus cálculos) a radioatividade que alimenta o calor terrestre.

3.3.3 Objeções de Mivart

Outro exemplo ainda pouco citado envolve restrições sobre alguns aspectos das teorias darwinianas por parte do zoólogo e anatomista britânico George Jackson Mivart (1827-1900). Em uma série de artigos, Mivart focou suas críticas em duas questões básicas: o papel da seleção natural – que ele considerava apresentar problemas insuperáveis – e o desenvolvimento de uma visão sistêmica e

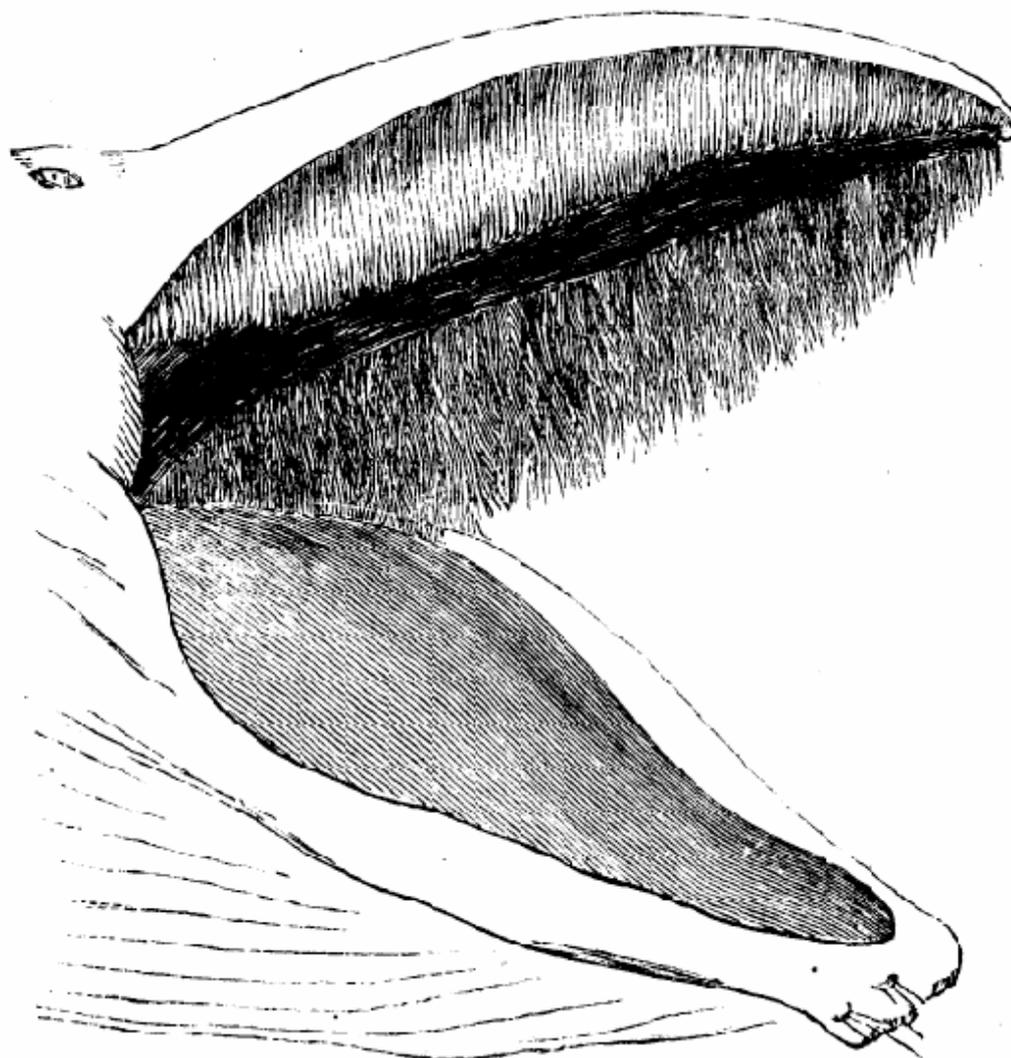
sintética da origem das espécies capaz de harmonizar aspectos científicos, filosóficos e religiosos.

3.3.3.1 As barbatanas de alguns cetáceos

Uma das principais críticas de Mivart consistiu em discutir se a seleção natural poderia ou não explicar a origem e o desenvolvimento de barbatanas presentes na boca de alguns grupos de cetáceos – que desempenham a função de filtrar e depurar a água, a fim de reter microorganismos característicos à sua dieta. Segundo Almeida Filho (2008), para criticar o papel da seleção natural na origem e no desenvolvimento de tais barbatanas, Mivart partiu para uma análise detalhada da boca desses animais indagando como uma estrutura tão complexa poderia ter-se originado, comparando-os com outros grupos de animais provavelmente aparentados. Suas conclusões foram de que seria impossível conceber a barbatana dessas baleias apenas por meio da seleção natural.

A réplica de Darwin, incorporada na sexta edição de *A Origem* consistiu também em uma análise anatômica cuidadosa, tomando como exemplar empírico a baleia da Groenlândia (*Balaena mysticetus*), que também pertence ao grupo das baleias filtradoras.

Figura 13 – Barbatanas na boca de uma baleia



Fonte: Mivart (1871, p. 52)

Figura 14 - Barbatana parcial de baleia



Fonte: Mivart (1871, p. 52).

O exercício de Darwin consistiu em comparar as placas de barbatana dessas baleias às bocas lamelares (bicos) dos marrecos-de-bico-de-colher (*Spatula clypeata*), e, após uma analítica ação comparativa anatômico-fisiológica, concluiu que gradações em cetáceos poderiam ter resultado nas placas de barbatana das baleias da Groenlândia. Darwin “ressaltou não existir a mínima razão de se duvidar que cada etapa nessa escala possa ter sido tão útil a certos cetáceo antigos, como as funções das partes mudando lentamente durante o progresso do desenvolvimento, como ocorrem com as gradações nos bicos de diferentes membros da família do pato” (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 79).

Em relação à réplica de Darwin a Mivart, autores como Almeida Filho (2008), consideram insuficientes – para explicações evolutivas de origem e

desenvolvimento de estruturas – a utilização de analogias entre o bico de aves (patos) e as barbatanas de mamíferos (baleias). De acordo com Almeida Filho (2008), registros fósseis deveriam sustentar os argumentos Darwinianos para o caso das baleias.

3.3.3.2 Os olhos dos peixes achatados

Outra discussão importante entre Darwin e Mivart consistiu no debate a respeito do desenvolvimento e do deslocamento dos olhos dos peixes achatados (*Pleuronectidae*).

Tanto quanto Darwin, Mivart acreditava na ação gradualista da seleção natural para a justificação da evolução orgânica. No entanto, argumentava que a mesma não seria única e exclusivamente capaz de explicar o desenvolvimento e o deslocamento dos olhos dos *Pleuronectidae*.

Darwin não havia oferecido uma explicação para um caso tão específico como este. Sua argumentação mais próxima encontra-se no capítulo 6 de *A Origem*, oferecendo explicações acerca de órgãos com grande complexidade, como no caso dos olhos.

Segundo Almeida Filho (2008, p. 53), Darwin havia se interessado em investigar o modo pelo qual um nervo ótico poderia tornar-se sensível à luz. Para ele, “o órgão mais simples que poderia ser chamado de olho consistiria de um nervo ótico cercado por células pigmentares recoberto por uma pele transparente, mas sem nenhuma lente ou corpo refratário”.

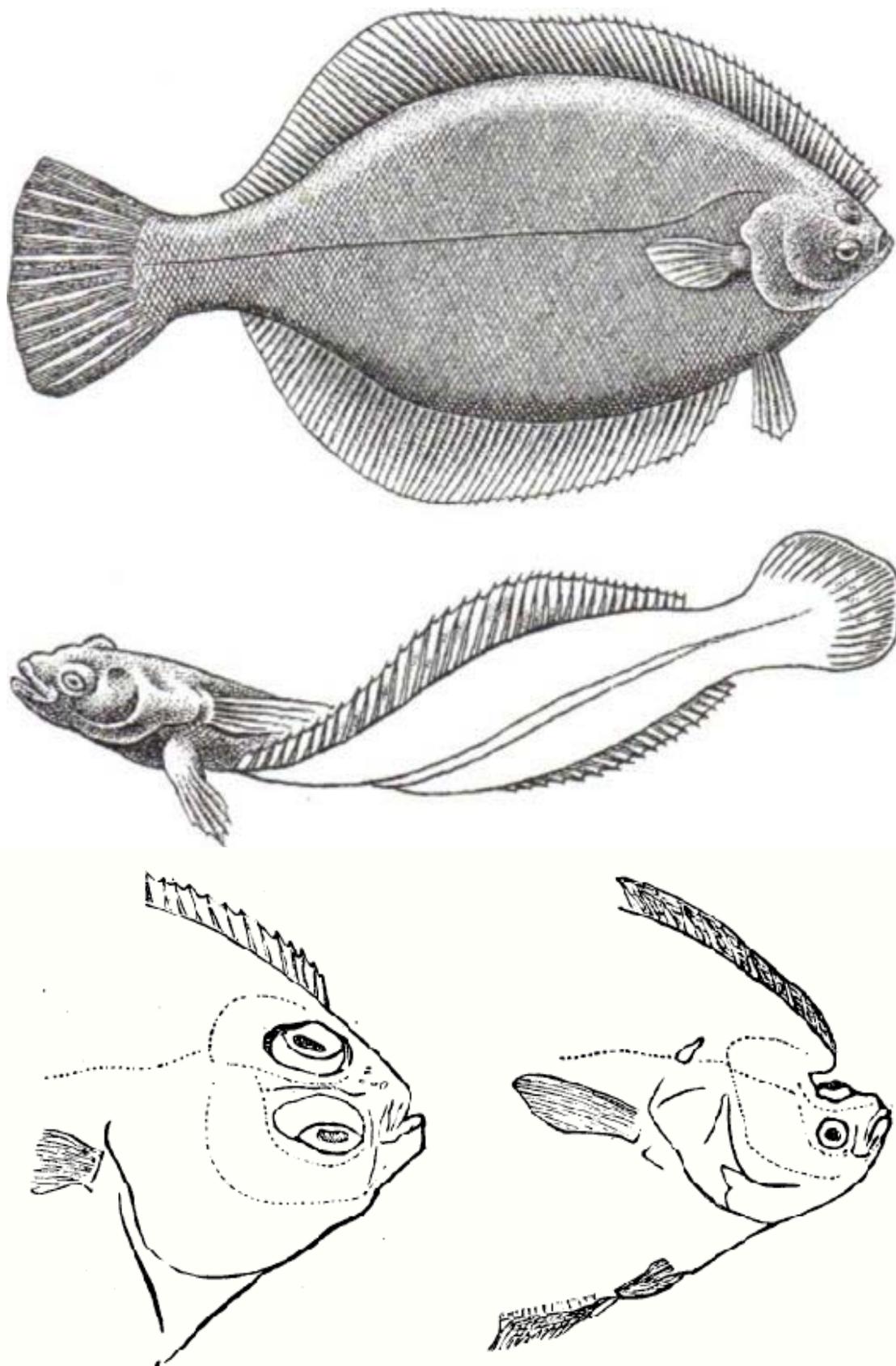
Estudando, inicialmente, alguns tipos de organismos inferiores (desprovidos de quaisquer tipos de nervos, porém, sensíveis à luz), Darwin chegou a conjecturar a possibilidade de que alguns dos elementos constituintes desses organismos pudessem agregar-se e formar nervos com determinada sensibilidade. Para ele, até mesmo alguns grupos de células pigmentares (também desprovidas de nervos), poderiam – em princípio – ser considerados órgãos simples de visão, capazes de promover distinção entre presença e ausência de luz.

Então, baseado também nas descrições de outros pesquisadores, Darwin inicia a elaboração de um argumento para explicar o desenvolvimento do olho, partindo de estudos com animais marinhos, como certas estrelas-do-mar e os olhos compostos de alguns insetos. Suas conclusões foram de que a teoria da

descendência com modificação seria responsável pelo desenvolvimento de tal estrutura:

[...] sempre observando atentamente cada mudança ligeira nas camadas transparentes; e preservando cuidadosamente cada alteração que, sob variadas circunstâncias, de algum modo ou em algum grau, sejam capazes de produzir uma imagem mais distinta. Nós devemos supor cada novo estágio do instrumento será multiplicado por milhões de vezes; sendo cada um preservado até que um olho melhor seja produzido, e então os olhos antigos serão todos destruídos. Nos seres vivos, a variação produzirá pequenas alterações, a geração irá multiplicá-los quase que infinitamente, e a seleção natural irá escolher com infalível capacidade cada aperfeiçoamento (DARWIN, 1872, p. 227 apud ALMEIDA FILHO, 2008, p. 58).

Figura 15 – Olhos dos peixes achatados



Fonte: Darwin (2003, p. 49).

A objeção de Mivart às conclusões de Darwin para o caso da origem e o desenvolvimento dos olhos dos peixes achatados (como o linguado e a solha, por exemplo), voltou-se para a condição assimétrica de suas cabeças e de seus olhos. Mivart argumentou que nos filhotes desses animais, os olhos localizam-se um de cada lado da cabeça. Porém, em estágio adulto, os mesmos olhos dispõem-se pareamente em um mesmo lado da cabeça.

Partindo deste ponto e, além de considerar que tais organismos tivessem uma origem geológica bastante recente, Mivart apresenta duas questões controversas às argumentações de Darwin:

- ◆ Para o caso de uma explicação de caráter saltacionista, se esta condição (dois olhos de um mesmo lado da cabeça), fosse aceita como resultado de uma origem súbita, a perpetuação de tal característica seria incabível no âmbito da seleção natural;
- ◆ Para um caso hipotético de desenvolvimento gradual (deslocamento gradual de um dos olhos), seria um empreendimento bastante improvável e incapaz de sugerir qualquer vantagem aos *Pleuronectidae*. Tal possibilidade de transformação, portanto, seria incipiente (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 58).

Com o desígnio de responder às críticas, Darwin – além de recorrer aos estudos de outros pesquisadores – inicia um estudo bastante detalhado sobre a anatomia, o comportamento e os estádios de desenvolvimento dos *Pleuronectidae*. Quanto às suas conclusões acerca das características anatômicas, destacou:

- Os peixes achatados (*Pleuronectidae*) apresentam uma desarmonia corporal característica. Na maioria dos casos sua disposição ventral ocorre sobre o lado esquerdo. Contudo, há casos em que a situação inversa também acontece. Em outros casos, ainda, as disposições podem mudar ao longo das diversas fases de desenvolvimento desses organismos;
- Quanto aos olhos, quando em animais jovens, estão realmente dispostos em regiões opostas da cabeça, em harmonia com os dois lados do animal. Na fase adulta, porém, o olho localizado ao lado inferior da cabeça (futura parte ventral), desloca-se

lentamente até a parte superior da cabeça, pois, de outro modo, não poderia ser usado pelo peixe, haja vista que em sua posição original acabaria encoberto pela estrutura corporal e sujeito às agressões provocadas pelos detritos do leito arenoso do mar.

A partir dessas colocações, Darwin justificou suas afirmações anteriores e respondeu as críticas, sugerindo que os *Pleuronectidae* apresentariam tal disposição ocular, além de sua estrutura corporal assimétrica e achatada, em função de seus hábitos de vida, para os quais – por força da seleção natural – destacam-se alguns fatores (embora não únicos), responsáveis pela conservação de tais vantagens, como “a proteção de seus inimigos, e a facilidade para se alimentar no solo [arenoso]” (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 69).

De acordo com Almeida Filho (2008), reconhece-se que as controvérsias entre Mivart e Darwin, como as acima consideradas, são interessantes na medida em que esclarecem aspectos da recepção da teoria e enriqueceram os debates e as explicações sobre os processos evolutivos em geral.

3.4 PARA UMA COMPREENSÃO DOS ARGUMENTOS DARWINIANOS

De acordo com Regner (2006), as acepções teóricas enunciadas por Darwin em seu *corpus* teórico (e porque não também aquelas por ele sugeridas em resposta às inúmeras críticas), podem ser mais bem estudadas e compreendidas mediante a observação de três princípios básicos que se instauraram, neste caso, como uma forma inovadora e sofisticada, por parte de Darwin (dada sua visão integradora), de tentar promover uma integração entre o real e o imaginário a fim de se chegar ao esclarecimento de questões relativas à origem dos seres vivos. Segundo essa autora, tais princípios são:

- I. **Razão** – normalmente é entendida como a capacidade de relacionar e elaborar argumentos capazes de sustentar a defesa daquilo que se acredita. Em uma visão mais tradicional, a razão (que sustenta determinadas afirmações), é dividida em duas classes:

[...] “lógicas” (aquelas que se referem à demonstração, ao que pode “sem contradição” ser pensado, ou que seja necessariamente obtido como conclusão de um argumento) ou “empíricas” (aquelas que se referem ao teste empírico, àquilo que é dado na experiência) (REGNER, 2006, p. 307).

Nos trabalhos de Darwin, além das acepções lógicas e empíricas há a inserção de uma conotação mais específica apresentada e caracterizada pela própria condição biológica dos seres vivos. Assim, é possível encontrar uma multiplicidade de significados para “razão” em Darwin, como destaca Regner:

- ✓ razão como faculdade de deliberar;
- ✓ razão como faculdade que estrutura certo raciocínio;
- ✓ razão como uma condição natural ao homem como ser biológico;
- ✓ razão como produto da faculdade cognitiva;
- ✓ razão como aquilo que provê explicação do porquê, da causa de dado fenômeno.

De acordo com a autora,

[...] a “racionalidade humana”, construindo uma “rede” de razões, age no estabelecimento de relações não apenas linearmente. Sua visão integradora manifesta-se na estratégia argumentativa estrutural de sua obra: o peculiar *movimento todo-parte* que integra prospectiva e retrospectivamente os argumentos parciais (capítulos) e o “um longo argumento” (como Darwin caracteriza o esforço explicativo da *Origem* [...] em uma entrelaçada narrativa. Ao permitir o estabelecimento de relações não-lineares, permite definir relações de determinação do significado do todo pelas partes e, ao mesmo tempo, das partes a partir do todo. Não se trata de uma “racionalidade” cuja satisfação se esgote nos padrões dedutivos e indutivos tradicionais (REGNER, 2006, p. 312-313).

- II. **Experiência** – no escopo da natureza dos seres vivos, a experiência apresenta um importante valor pedagógico: ela significa aprendizagem e capacitação para a sobrevivência. Porém, inúmeras são as dimensões possíveis no que diz respeito à “experiência darwiniana”. Uma delas, por exemplo, está ligada ao fator competência. Ao longo da obra de Darwin é comum encontrar referências a pesquisadores/agricultores/criadores de

animais “experientes”. Experiência essa que significava ter familiaridade, conhecimento sobre determinado assunto – em outras palavras – ter competência. Entretanto, pelo fato de poder existir dissenso entre opiniões (mesmo entre os mais experientes), a experiência é submetida a determinados procedimentos, por meio dos quais torna-se possível avaliar as evidências. Usualmente, os procedimentos empíricos mais utilizados compreendem a *observação* e o *experimento*. No primeiro caso, Darwin, ao buscar por evidências, recorre a diferentes tipos de fontes valendo-se, inclusive, de estudos de outros pesquisadores:

[...] na investigação de pombos domésticos, por exemplo, apela a criadores, antiga enciclopédia chinesa, escritos de autores romanos clássicos, Gênesis bíblico, filia-se a clube de criadores, etc... Observações elucidam o objeto investigado, sejam os efeitos da denudação das áreas graníticas [...] ou as afinidades que conectam diferentes seres vivos (REGNER, 2006, p. 315).

Em relação ao segundo caso (o experimento), infere-se que compreenda uma situação em que fenômenos possam ser reproduzidos (até mesmo de forma imaginária), sob condições controladas, com o objetivo de testar ou refinar hipóteses:

[...] assim, Darwin, “descobre por experimentos” que as abelhas comuns são quase indispensáveis à fertilização das violetas [...] e informa que foi “experimentalmente provado” por Mr. Tegetmeier que de 12 a 25 libras de açúcar são consumidos por uma colméia de abelhas para a secreção de uma libra de cera (REGNER, 2006, p. 316).

[...] antes dos experimentos que realizou junto com Mr. Berkeley sobre meios de transporte de sementes por longas distâncias, não se sabia nem mesmo a que distância sementes poderiam resistir à ação injuriosa das águas do mar. [...] Experimentos revelaram que várias sementes germinaram depois de 12 a 21 horas no estômago de diferentes aves e que duas sementes de beterraba germinaram depois de retidas por dois dias e 14 horas (REGNER, 2006, p. 316).

Para Darwin, os testes experimentais transcenderam, inclusive, os limites da chamada “prova experimental”. Sua outra função consistia no falseamento de teorias ou hipóteses contrárias e concorrentes:

A hipótese que pretende falsear a teoria darwiniana pode ser crescentemente destituída de sua aparente corroboração, enfraquecida e até inviabilizada, como no caso do pretenso finalismo “externo” de estruturas criadas para deleite do homem ou do criador. A impossibilidade de se falsear a teoria darwiniana pode ainda ocorrer pela impossibilidade de provar que a evidência corroborada não seja possível, como no caso da formação de órgãos complexos [...] e da ação da seleção natural na preservação e acumulação de variações úteis apenas ao seu portador (REGNER, 2006, p. 317-318).

Outro ponto importante, de acordo com a autora em questão, diz respeito ao estabelecimento de certos “critérios” na experiência darwiniana, cuja função consistia em impedir a presença de equívocos e suposições explicativas quaisquer. Por este motivo, Regner evidencia um conjunto de fatores que – trabalhando articuladamente – corroboravam para a credibilidade dos resultados das experiências de Darwin, segundo sua própria dinâmica de trabalho. Entre eles, encontram-se: análise textual da evidência; avaliação dos fatores possivelmente interferentes no desenho e condução dos experimentos; realização de séries de experimento; exame das condições de falseamento e avaliação do alcance das predições.

III. **Imaginação** – surge no contexto darwiniano como uma estrutura articuladora entre a razão e a experiência, sobretudo no aspecto dos procedimentos inovadores em Darwin, como:

a) *Utilização de casos exemplares* – fornecem recursos para avaliar méritos da teoria a fim de se obter, por meio do estudo de casos exemplares, um ajustamento de suposições e conclusões:

[...] não se trata, porém, de utilizar o estudo de casos exemplares como base indutiva para legitimar hipóteses explicativas. O estudo de caso exemplar implica outro pressuposto: o da adequação e confiabilidade da extensão dos resultados por força do caráter representativo dos fatos estudados. Essa representatividade depende de vários fatores. No caso dos pombos domésticos, por exemplo, a escolha teve a ver com a facilidade de manuseio da evidência, disponibilidade de acesso à vasta gama de fontes, oportunidade de sujeição a princípios cientificamente aceitos (como o da reversão a caracteres ancestrais) e, em especial, a aplicação, em algum grau, das diversas razões que o levaram a crer na origem comum com modificação das diversas raças de pombo doméstico a outros casos (REGNER, 2006, p. 321).

- b) *Utilização de diagramas* – indiretamente, os diagramas permeiam toda a extensão da teoria darwiniana, agindo como teste para seu poder explicativo operacionalizado e esquematizado em sínteses conceituais:

[...] sua utilização ótima está na classificação, permitindo “ver” um fundamento real, genealógico provido pela descendência com modificação, que confere sentido pleno a “sistema natural” [...]. Permite visualizar no processo de comunidade de descendência com modificação, a ação de princípios fundamentais da teoria, como o da divergência de caracteres [...] juntamente com o de extinção [...] e fatos-chave da Morfologia e Embriologia. Permite, ainda, justificar a natureza circuitica das relações de afinidades e o gradualismo no surgimento e extinção das espécies (REGNER, 2006, p. 322).

- c) *Utilização de ilustrações* – é um recurso no qual torna-se possível perceber mais claramente a força do fator “imaginação” nas explicações de Darwin, sobretudo no caso das ilustrações imaginárias, agregando-se o papel das metáforas como àquela utilizada por Lyell na sustentação da teoria pela evidência geológica. As ilustrações funcionam em muitos casos (na teoria darwiniana) como “experimentos mentais” que, por meio de situações imaginárias, favorecem a compreensão de inúmeras questões:

[...] as ilustrações servem à corroboração da teoria, fornecendo exemplos, elucidando exceções ou estendendo a aplicação de seus enunciados. Ilustrações referem-se à ação da seleção natural como agencia dotada de poder causal [...] a produção de resultados em razão de sua utilidade, adaptação ou aperfeiçoamento [...] no enfoque de semelhanças e diferenças morfológicas [...] analógicas ou reais [...] ou na reconstituição de cadeias de descendência [...] com o concurso da extinção na explicação de distinções classificatórias (REGNER, 2006, p. 322).

- d) *Utilização de metáforas* – coube à originalidade de Darwin incluir metáforas como elementos substantivos em seu trabalho teórico, não somente para a introdução de conceitos (seleção natural), mas para corroborar efetivamente com algumas acepções de sua teoria: “A metáfora darwiniana deixa de ser mero recurso de estilo. A relação “literal/metafórico” é dinamizada em novos

moldes, tornando-se ambos parte de um mesmo processo cognitivo (REGNER, 2006, p. 324)

Com base nesses três princípios básicos e estruturantes do trabalho de Darwin (razão, experiência e imaginação), segundo Regner, torna-se mais fácil compreender sua visão explicativa e integradora que admitia, já na coleta de dados, o aporte de diversificadas e inovadoras estratégias de pesquisa, capazes de prover e nutrir o poder explicativo de suas conjecturas, constituindo um “exemplo privilegiado de atividade científica criativa” (REGNER, 2006, p. 325)

Neste ponto, retomamos o importante papel do já citado August Weismann (1833-1914). Ele, responsável por refutar a teoria da herança dos caracteres adquiridos (de Lamarck), foi um dos primeiros pesquisadores a testar (por meio de experimentos) a seleção e a influência ambiental, expondo lagartas de diferentes colorações a predadores potenciais em substratos com cores diferentes.

Em 1909, quando foi celebrado o décimo quinto aniversário da publicação de *A Origem das Espécies*, Weismann publicou um manifesto defendendo e evidenciando o poder da seleção natural que, naquele período, era fortemente criticada por pesquisadores como De Vries, Bateson, Johannsen e outros.

A respeito de Weismann, Mayr comenta:

[...] ele compreendeu que a fonte da variação genética era o grande desconhecido no processo de seleção e que uma teoria detalhada da herança era a necessidade do momento. Mesmo que ele tenha malgrado em encontrar aquela necessidade, a preparação intelectual que ele deu a esta área possibilitou a teoria Mendeliana prosperar (MAYR, 2006, p. 131).

Mesmo diante da lógica explicativa da teoria de Darwin, algumas lacunas fortaleciam a rejeição da evolução por meio da seleção natural. O ponto mais vulnerável às críticas era a ausência de explicações consistentes para os mecanismos de hereditariedade (compatíveis com a teoria da evolução das espécies). Entretanto, Darwin morreu antes encontrar uma solução para esse ‘enigma’.

Ironicamente, as respostas para as questões da hereditariedade já haviam sido encontradas pelo religioso Gregor Mendel (1822-1884), e por ele

anunciadas no ano de 1865. Ao aplicar conhecimentos matemáticos a estudos de Biologia, Mendel demonstrou – por meio do cultivo de ervilhas – que a presença de diferentes caracteres, em gerações consecutivas, seguia uma determinada proporção estatística deduzida por meio da observação. Assim, após alguns anos, uma sequência de inúmeras e repetidas experiências lhe permitiram estabelecer as leis que regem a hereditariedade. Entretanto, suas descobertas foram ignoradas durante muitos anos e nem mesmo Darwin chegou a conhecê-las.

Apenas por volta de 1900, os botânicos De Vries, Correns e Tschermak, trabalhando independentemente, publicaram estudos sobre a questão da hereditariedade, fazendo emergir as descobertas que Mendel havia antecipado há trinta e cinco anos. Antes disso, teorias finalistas, neolamarckistas e saltacionistas ainda eram amplamente reconhecidas e utilizadas.

A partir de então, entre os anos de 1930 e 1950, nos Estados Unidos, um movimento denominado *Síntese Evolutiva* estabeleceu os alicerces atuais da Biologia evolutiva. Correspondendo à tendência positivista de unificação da ciência, esse movimento trabalhou pela união das diferentes áreas da Biologia na perspectiva evolutiva.

Este período não foi caracterizado por grandes descobertas, mas por uma significativa organização de conhecimentos, refutação das teorias remanescentes contrárias à seleção natural e, sobretudo, por uma educação recíproca entre as áreas da Biologia.

Para exemplificar, citamos a reciprocidade científica estabelecida entre naturalistas e geneticistas. Os primeiros aceitaram a herança rígida¹ – nunca branda – dos geneticistas, ou seja, o genótipo é constante, não pode ser modificado pelo ambiente ou pelo estilo de vida. Em termos moleculares, “a informação nas proteínas não pode conduzir-se para o ácido desoxirribonucléico”. Além disso, aceitaram também os caracteres particulados², outra descoberta do campo da Genética (MAYR, 2006, p. 135).

A incorporação dos conhecimentos provenientes da Genética foi fundamental para que grandes teorias evolutivas adversas à seleção natural fossem

¹ Teoria que afirma que o material genético é constante (rígido) e não pode ser afetado pelo estilo de vida ou pelo ambiente.

² Muitos naturalistas haviam dividido os caracteres em mendelianos (particulados), os quais não consideravam evolutivamente importantes, e, graduais ou combinados que, como Darwin, eles consideravam como sendo o verdadeiro material da evolução.

rejeitadas. Entre elas, o Neo-Lamarckismo, a Ortogênese, a Nomogênese, a Aristogênese, o Princípio Ômega e as teorias da Evolução Saltacional. Além disso, com a descoberta de que cada indivíduo possui uma carga genotípica singularmente heterogênea, o essencialismo também foi refutado.

De um lado, porém, mendelianos diziam que o surgimento de novas espécies somente poderia ocorrer por meio de mudanças drásticas. De outro, os estudos de Darwin, consideravam a existência de dois tipos de variação: as drásticas e as pequenas, sendo estas últimas, responsáveis pela evolução.

O dilema, evidentemente estabelecido, dissolveu-se no início do século XX com os estudos de pesquisadores como Nilsson-Ehle, East, Castle e Morgan. Suas pesquisas mostraram que em todos os graus de diferença, o mesmo mecanismo genético era responsável pelas mutações.

Deste modo, o ponto central da síntese evolutiva consistiu no desenvolvimento de um consenso sobre a natureza da mudança genética, ou seja, sobre o entendimento de como ocorrem mudanças nos seres vivos.

Ainda neste período, um considerável contingente Lamarckista ainda permeava os selecionistas. Com o passar dos anos, porém, cada vez mais os resistentes perdiam força retórica.

Os desdobramentos das novas descobertas dos mecanismos evolutivos, no período da síntese, acabaram por sancionar o conceito Darwiniano de que a seleção natural, ao agir sobre as variações dos indivíduos, resulta em mudanças evolutivas adaptativas.

Atualmente, a Biologia considera significativa a função dos processos estocásticos³ no entendimento das variações. Ao contrário dos primeiros Neo-Darwinistas e, por consonância, do próprio Darwin, biólogos modernos fizeram uma releitura que ampliou o papel do acaso. A compreensão é de que além de atuar na geração de indivíduos singulares – e genotipicamente novos – devido à ação da recombinação gênica e das mutações, atua também no “processo probabilístico determinante ao sucesso reprodutivo de certos indivíduos” (MAYR, 2006, p. 135).

O entendimento desses processos resulta na dissolução de ideias de perfeição. Em outras palavras, ainda que a seleção natural seja considerada um

³ Processos que consistem de uma série de etapas, cada uma das quais é aleatória quanto à direção.

algoritmo que atue na otimização das espécies, uma sequência incontável de fatores contrários inviabilizam qualquer ideal de perfeição.

A bem da verdade, a síntese reestruturou os alicerces da Biologia evolutiva ao não restringir o entendimento da evolução aos mecanismos da teoria da evolução. Ao contrário, seu maior feito foi ampliar as descobertas Darwinistas a outras searas do conhecimento científico. Desse modo, da síntese evolutiva resultaram dois processos concomitantemente contrários e complementares. Ao mesmo tempo em que objetivou estruturar e unificar o conhecimento biológico sobre a perspectiva da evolução Darwiniana, estendeu e ampliou esse conhecimento unificado a outras áreas das Ciências Biológicas.

Ao contrário do que possa ser erroneamente veiculado, a síntese evolutiva não consiste na simples singamia entre conhecimentos mendelianos e a Biologia evolutiva. Isto porque, além dos geneticistas e naturalistas terem que compartilhar informações específicas de cada uma de suas áreas, conceitos e fatos da história natural – não existentes nos estudos dos geneticistas – compunham as bases da Biologia evolutiva.

Uma contribuição importante dos naturalistas foi aproximar da nova síntese os conhecimentos geográficos que entre muitas contribuições, cooperou no tratamento de problemas como “a multiplicação das espécies, a existência de espécies politípicas⁴, o conceito biológico de espécie e o papel das espécies e da especiação na macroevolução” (MAYR, 2006, p. 138).

Ainda segundo Mayr (2006, p. 138), outra contribuição dos naturalistas foi a inserção do “pensamento populacional na genética”. Fundamentado na unicidade do indivíduo dentro da população, salvo raras exceções – como a poliploidia⁵ – cabe a asserção de que os fenômenos evolutivos são genéticos e populacionais simultaneamente.

Em suma, o papel de grande parte dos naturalistas foi trabalhar na mudança do pensamento reducionista dos geneticistas para uma visão mais integral e complexa. Segundo eles, a evolução não corresponde somente a uma “mudança na frequência dos genes da população”, mas em um processo que se relaciona ao

⁴ Espécies que costumam se diferenciar em raças ou ecotipos.

⁵ Aumento, geralmente uma duplicação, do número de cromossomos com relação ao número que é normalmente encontrado nas células somáticas, devido à duplicação dos cromossomos do núcleo, não seguido por uma divisão celular.

mesmo tempo a órgãos, comportamento e às interações dos indivíduos e populações (MAYR, 2006, p. 138).

Com o desenvolvimento da Biologia Molecular, não incomuns eram as críticas atribuídas à Biologia evolutiva clássica. Inegavelmente, a Biologia Molecular descobriu e explicou muito. Uma dessas descobertas deixou inúmeros pesquisadores perplexos: “genes são sistemas altamente complexos constituídos de éxons⁶, íntrons⁷ e sequências flanqueadas⁸. Há inúmeros tipos de genes, alguns aparentemente não tendo função alguma” (MAYR, 2006, p. 150).

De fato, a Biologia Molecular continua ainda hoje contribuindo extraordinariamente nas explicações das causas evolutivas, sobretudo no que diz respeito à variação genética. As descobertas recentes mais importantes são:

- I.O programa genético não fornece por si só o material de construção de novos organismos, mas apenas o plano para se fazer o fenótipo.
- II.O caminho dos ácidos nucleicos às proteínas é uma rua de mão única. As proteínas e a informação que eles adquirem não são traduzidas de volta em ácidos nucleicos.
- III.Não apenas o código genético, mas, de fato, a maioria dos mecanismos moleculares básicos é o mesmo em todos os organismos, dos procariotos mais primitivos para cima.
- IV.Muitas mutações (mudanças nos pares de bases) parecem ser neutras ou quase neutras, isto é, sem efeitos evidentes sobre o valor seletivo do genótipo, mas isto varia de gene para gene.
- V.Uma análise comparativa crítica das mudanças moleculares durante a evolução nos fornece um grande número de informações apropriadas para a reconstrução da filogenia⁹. Isto é particularmente útil se a evidência morfológica não é decisiva. Os caracteres moleculares, todavia, são também vulneráveis a homoplasia – produção paralela ou convergente dos mesmos caracteres ou fenótipos (MAYR, 2006, p. 150).

As descobertas da Biologia Molecular, porém, não alteraram a essência do conhecimento Darwiniano. O que ocorreu e continua ocorrendo é interpretado como o início de uma nova síntese entre esses dois campos, uma simbiose perfeita. Segundo Mayr, o estudo da estrutura do genótipo e a função do desenvolvimento são as duas fronteiras que mais avanços trarão ao campo da

⁶ Sequências de pares de base num gene que participam da codificação de peptídeos.

⁷ Sequências de pares de base não codificadoras e que são descartadas antes da tradução dos ácidos nucleicos em proteínas.

⁸ Que estão unidas lado a lado.

⁹ A origem e a subsequente evolução de táxons superiores: a história das linhagens evolutivas.

Biologia. Sobre essas fronteiras, noções reducionistas e simplistas prejudicam o aprofundamento de alguns assuntos.

Pesquisas recentes revelaram à Biologia a existência de diferentes classes de genes, cada uma contendo uma função específica tanto em relação à ontogenia¹⁰ quanto à evolução. Acredita-se que alguns desses genes estejam ligados em unidades funcionais controladoras do desenvolvimento que representam domínios circunscritos que caracterizam uma “estrutura hierárquica para o genótipo”. Esses domínios são sinalizados via evidências indiretas entre as quais destaca-se o fenômeno intitulado “Evolução em Mosaico” que expressa evolução independente de domínios de genótipo diferentes (MAYR, 2006, p. 159).

Descobertas da Biologia Molecular esclareceram também que não há diferentes taxas evolutivas entre diferentes moléculas, mas, uma mesma molécula, possui capacidade para alterar em diversos estágios sua própria taxa no decorrer da evolução de uma linha filética.

Entretanto, muitos cientistas reconhecem que seleção natural, embora continue como pano de fundo às explicações da evolução nos níveis molecular e dos organismos, não possui um espectro de ação absoluto. Estudos mais recentes apontam para uma tendência progressiva ao que se denomina “congelamento genotípico”, um campo ainda obscuro para a Biologia (MAYR, 2006, p. 160)

Algumas evidências sinalizam, por exemplo, que táxons antigos possuem genótipos altamente integrados ou altamente congelados, o que explicaria o fato de que nenhum filo tenha sido originado desde o Cambriano.

É importante salientar que as restrições atuam sobre todos os níveis hierárquicos e que grande parte da variação geográfica abarca mudanças quantitativas menores que não são capazes de alterar o genótipo significativamente.

Segundo Mayr (2006, p. 160), com pesquisas sobre o congelamento genotípico, biólogos tentam explicar questões do tipo:

- Na evolução dos peixes pulmonados “quase toda a reconstrução anatômica desta nova classe de peixes ocorreu durante vinte e cinco milhões de anos, enquanto quase nenhuma mudança ocorreu nos duzentos milhões de anos subseqüentes”.

¹⁰ Desenvolvimento de um organismo desde a fertilização do ovo (zigoto) até o adulto.

- “Morcegos divergiram dos insetívoros em poucos milhões de anos, mas sua morfologia pouco mudou durante os últimos quarenta milhões de anos”. O mesmo estende-se aos pássaros, baleais e outros.

Além do congelamento genotípico, o entendimento do papel dos programas somáticos¹¹ dissolveu as bases tradicionais que explicavam que “o desenvolvimento é programado pelo genótipo” e, conseqüentemente, o ponto final da trajetória do gene seria o fenótipo. A bem da verdade, outros programas somáticos existem e devem ser considerados. Os programas do comportamento são alguns desses exemplos. A dança do pássaro macho no ritual de corte não é programada genotipicamente. Trata-se de um “programa secundário traçado no sistema nervoso central durante a ontogenia” (MAYR, 2006 p. 160-162).

A importância dos programas somáticos está na influência que exercem na evolução morfológica. Entretanto, estudar o desenvolvimento não é uma atividade considerada fácil já que envolve questões extremamente complexas no domínio genotípico e inúmeros programas somáticos.

Em continuidade, os anos posteriores à síntese foram marcados por inúmeras controvérsias – um comportamento comum entre seguimentos da ciência que estão em processo de estruturação. Geneticistas, sistematas e historiadores naturais sinalizavam alguns problemas no entendimento de processos evolutivos tanto do ponto de vista interno à suas áreas, quanto entre as explicações concorrentes entre as mesmas.

Dos diversos temas controversos destacamos:

- ✓ O papel do gene na seleção;
- ✓ Diversidade orgânica;
- ✓ Macroevolução;
- ✓ Genótipo e interação gênica;
- ✓ Hierarquia na evolução;
- ✓ Frequência relativa das mutações neutras;
- ✓ Quantidade de variação devido ao equilíbrio;
- ✓ Gradualismo filético na formação de táxons superiores;
- ✓ A validade da seleção de grupo;

¹¹ Uma estrutura ou um estágio no desenvolvimento que fornece informação para dar continuidade ao desenvolvimento ou a outras atividades.

- ✓ A extensão da adaptação;
- ✓ O papel da competição;
- ✓ A frequência da espécie simpátrica;
- ✓ Evolução contínua ou pontuada;
- ✓ Proporção alopátrica da especiação;
- ✓ A unidade da seleção;
- ✓ Questões da variação genética estocada na população.

Entretanto, essas questões (algumas ainda em discussão), não causaram comprometimentos à essência Darwinista. Se algo prejudicou os representantes da síntese, foram algumas de suas argumentações incompletas e simplistas. O próprio Darwin havia comentado sobre o pluralismo dos processos evolutivos. Contudo, muitos evolucionistas o negligenciaram.

O pós-síntese, na perspectiva Lakatosiana, poderia ser compreendido da seguinte maneira: teorias e hipóteses que compunham o cinturão protetor passavam por processos de revisão, adaptação e modificação, enquanto o núcleo da teoria – seleção natural – permanecia inabalado.

Quanto aos arquitetos da síntese, algumas críticas lhes foram dirigidas pelo fato de terem anunciado soluções às pendências concernentes a evolução. Eles, porém, respondiam dizendo que jamais tiveram tal pretensão, que muitas questões permaneciam abertas e que sua contribuição consistiu basicamente na elaboração do paradigma Darwiniano que “parecia ser suficientemente robusto para não ser ameaçado pelos enigmas ainda não resolvidos” (MAYR, 2006, p. 141-142).

Sem demonstrar preocupação com os ataques de cunho idealista, amplamente refutados por diversos autores de peso, é prudente considerar aqueles indicados por alguns dos próprios biólogos evolucionistas.

Contra a síntese, alguns alegam:

[...] as descobertas da Biologia Molecular são incompatíveis com o Darwinismo; as novas pesquisas sobre especiação mostram que outros modos de especiação são mais comuns e mais importantes do que a especiação geográfica, a qual os Neo-Darwinianos afirmam ser o modo prevalecente; Teorias evolutivas recentemente propostas são incompatíveis com a teoria sintética; a teoria sintética, devido ao seu ponto de vista reducionista, é incapaz de explicar o papel do

desenvolvimento na evolução. Mesmo se rejeitarmos a asserção reducionista do gene como unidade da seleção, em prol daquela que considera o indivíduo, o Darwinismo também será incapaz de explicar o fenômeno num nível hierárquico acima do indivíduo, ou seja, a macroevolução; ao adotar o 'programa adaptacionista', e negligenciar os processos estocásticos e as restrições sobre a seleção, particularmente aquelas propostas pelo desenvolvimento, a Síntese evolutiva faz uma imagem enganosa da mudança evolutiva (MAYR, 2006, p. 141-142).

Todas essas questões, entretanto, têm sido refutadas por vários evolucionistas que justificam a existência dessas visões como resultado de interpretações superficiais dos conhecimentos estabelecidos pela síntese.

Uma das mais severas críticas, a de que a evolução Darwiniana é devida à seleção natural das mutações aleatórias, desconsidera que desde Darwin, biólogos orgânicos reconhecem como unidade de seleção o indivíduo em sua totalidade.

Outro mal entendido está na abrangência do termo "aleatório". De modo simples, os artífices da síntese esclarecem que quando a palavra é usada com a idéia de "variação", significa tão somente que não é uma resposta às necessidades do organismo.

Outras críticas questionaram a prematuridade da síntese. Seus propositores alegaram que até aquele momento a Biologia Molecular não havia conhecido a natureza química do genótipo e, tão pouco, a estrutura cromossômica eucariótica. A resposta dos arquitetos (da síntese) foi dizer: "qualquer revolução científica ou síntese tem que aceitar toda espécie de caixa preta, pois se tivermos que esperar que todas as caixas pretas sejam abertas, nunca teremos qualquer avanço conceitual" (MAYR, 2006, p. 142-143).

Neste sentido, grande parte dos estudos empenhados em refutar a síntese entrou em declínio por falta de consistência argumentativa ou por desconhecimento da diversidade e complexidade dos processos envolvidos.

O rol de críticos à síntese não se restringe aos biólogos. Karl Popper, em sua trajetória como filósofo da ciência, ocupou-se consideravelmente com o estudo do problema da "demarcação". Estabelecendo critérios de cientificidade como a refutação e o poder preditivo de teorias, buscou promover uma distinção clarificada entre o que considerava ciência e não ciência.

Como vemos em Ferreira (2005), as críticas de Popper voltadas ao Darwinismo entendem-no enquanto teoria científica. Seu interesse pelas questões evolutivas é observado nas obras *The poverty of historicism* (1957); *Objective Knowledge: an avolutionary approach* (1972); e, principalmente em *Darwinism as a metaphysical research programme* (1974), além de diversas conferências ministradas sobre o assunto.

É capital ressaltar que as questões levantadas por ele reportam-se fundamentalmente aos conhecimentos biológicos advindos da teoria sintética da evolução e não ao Darwinismo originalmente proposto por Darwin.

Popper elaborou diversas acepções contrárias ao produto teórico da síntese. Contudo, grande parte dessas proposições já havia sido estudada por outros autores que acabaram esclarecendo cada uma delas.

Pressão seletiva interna e externa, pressão seletiva sobre características fenotípicas moldadas pelo comportamento, a existência de distintos tipos de genes determinantes ao comportamento, a autonomia, a habilidade e muitas outras questões levantadas por Popper, já haviam sido explicadas por cientistas como Mayr, Osborn, Baldwin, Morgan e Dobzhansky.

Os adversários de Popper rebatiam as críticas alegando que ele – no que se reporta aos estudos evolutivos – havia incorrido em simplificações apriorísticas graves. Além disso, suas ideias eram restritamente aplicadas aos exemplares animais, enquanto plantas e microorganismos eram desconsiderados.

Ao citar, porém, que por meio da “solução de problemas”, maiores explicações poderiam ser dadas ao “valor de sobrevivência” e à “teleologia”, a contribuição teórica de Popper foi considerada – por muitos – relevante ao debate filosófico de questões pendentes da síntese. Segundo ele, “o valor da sobrevivência não pode ser reduzido em temor tautológico a sobreviver”. Além disso, Popper dizia que “a evolução seria uma realidade emergente e irreduzível das entidades biológicas, descritível em termos físico-químicos, mas nunca explicável nesses termos” (FERREIRA, 2005, p. 321).

De acordo, portanto, com sua perspectiva, seria tautológico afirmar que as espécies vivas estão adaptadas ao ambiente. Em contrapartida, a teoria da evolução compreende explicações que conduzem ao entendimento de que os seres vivos atuais estão “quase” adaptados, o que difere bastante de uma proposição tautológica.

Recentemente, críticas de base criacionistas têm questionado o ensino da teoria da evolução, utilizando argumentos Popperianos para sustentar seu discurso.

O fato é que esse tipo de atitude ignora por completo o alto grau de complexidade das questões filosóficas envolvidas por Popper no que é tangente à síntese. Isto porque ele jamais reconheceu anticientificidade na teoria da evolução. Salvo alguns pormenores por ele destacados, Popper considerou o Darwinismo como um inestimável programa de pesquisa.

Suas críticas, ao contrário das asserções criacionistas, não questionam a existência dos fenômenos explicitados na síntese. Questionam apenas algumas explicações dadas a estes fenômenos.

Já no início dos anos noventa, Popper reconhece ter exagerado em suas qualificações sobre o Darwinismo, uma retratação acanhada de suas simplificações apriorísticas que em nada desqualificaram a essência Darwinista. Ao contrário, enriqueceram e estimularam o saudável e imprescindível debate científico (FERREIRA, 2005).

3.5 UMA ANÁLISE AXIOLÓGICA DO PENSAMENTO EVOLUTIVO DE DARWIN

Considerando o compromisso dessa pesquisa com o estudo das questões axiológicas que possam influenciar a compreensão dos estudantes, no que diz respeito às atuais explicações científicas sobre a evolução biológica, apresentamos também neste capítulo, uma reflexão acerca dos valores cognitivos expressos na teoria da evolução de Darwin, segundo os conhecimentos adquiridos durante a reconstrução histórica anteriormente apresentada.

Para tal exercício, desenvolvemos uma sucessão específica de eventos, composta de cinco etapas, cuja função consistiu em dirigir e orientar nossa reflexão. A seguir apresentamos cada uma dessas etapas.

- 1^a) **Estudo da teoria:** a primeira etapa de nosso estudo envolveu um aspecto fundamental para nossa análise: a aquisição de conhecimentos sobre a teoria em questão. Entendemos ser elementar a compreensão de seu conteúdo, enunciado, proposições e inferências. Assim, durante a própria

reconstrução histórica que realizamos sobre o assunto, estudamos e pesquisamos sobre o “corpus” da teoria da evolução de Darwin.

- 2^a) **Investigação do contexto:** o compromisso de compreender a atividade científica segundo seu contexto histórico-social remeteu-nos ao conhecimento das circunstâncias externas à teoria – os acontecimentos sociais, científicos, econômicos, religiosos e culturais que delinearão o pano de fundo de sua composição. Para promovermos, então, uma reflexão acerca de alguns valores cognitivos visualizados na teoria da evolução de Darwin, pensamos ser necessário não apenas o conhecimento de seu enunciado, mas também parte do contexto de sua apresentação a fim de melhor compreendermos os motivos pelos quais a mesma chegou a ser rejeitada e posteriormente reconhecida. Esta etapa estimulou-nos à percepção da influência de fatores externos à elaboração, consolidação e aceitação de tal teoria. Assim, sobrepomos a mesma ao seu contexto histórico-social, confrontando e submetendo suas informações a esses conhecimentos.
- 3^a) **Reflexão sobre os fatores de aceitação:** esta etapa compreendeu outro ponto importante à nossa reflexão: o (re)conhecimento dos motivos responsáveis pela aceitação da teoria. Tal compreensão se nos apresentou como um bom caminho para a sugestão prévia de quais valores cognitivos poderiam ser listados. Esperávamos encontrar nos motivos que levaram a comunidade científica a ratificar (ou então rejeitar) tal teoria, uma lista prévia de valores cognitivos presentes (ou sustentados) na mesma. Mas como chegar a tal (re)conhecimento? Seguindo um dos pressupostos da aprendizagem significativa crítica, já mencionados neste trabalho, a saber, o papel dos questionamentos na interação ensino-aprendizagem, algumas questões problematizaram

nossa percepção dos valores cognitivos na teoria em questão. Elas, antes incômodas, converteram-se em perspicazes colaboradoras de nosso estudo, pois, possibilitaram-nos refletir sobre a recepção e a aceitação social da teoria. Dentre as já citadas, recordamos: por quais motivos a seleção natural demorou tanto para ser aceita? Porque sua rejeição foi praticamente universal durante tantos anos? Porque esta, de todas as teorias darwinianas, encontrou maior resistência ainda que dotada de uma concisa lógica explicativa? Porque até mesmo os naturalistas a evitaram? O que levou essa teoria a ser oficialmente reconhecida pelos cientistas? Porque foi e continua sendo considerada importante para a ciência?

- 4^a) **Valores cognitivos e sua listagem prévia:** Nesta etapa, revisamos nosso entendimento a respeito dos valores cognitivos segundo os aportes de Lacey (1998, 2000, 2003, 2008), com algumas colaborações de Fernandez (2006). Com base neles, elaboramos uma lista prévia de valores cognitivos visualizados na teoria (segundo nossa percepção), com atenção à sua disposição hierárquica, ou seja, o grau de manifestação de cada valor cognitivo específico. Em outras palavras, ante o conhecimento do corpus teórico e seu contexto histórico-social, buscamos visualizar valores cognitivos como: adequação empírica, consistência, simplicidade, consiliência¹², fecundidade, poder explicativo, verdade e certeza na teoria.
- 5^a) **Consolidação das escolhas:** segundo os referenciais deste trabalho e tantos outros já citados para a análise dos valores, nesta etapa, justificamos a escolha dos valores cognitivos visualizados, além de segregarmos e excluirmos os valores que,

¹² O termo “consilience” foi utilizado originalmente em 1840 por William Whewell, na obra *The philosophy of the inductive sciences*, em sua reflexão sobre a existência de bases comuns de explicações para diferentes áreas do conhecimento. No Brasil, Edward Wilson (1999), introduziu o neologismo “consiliência” no livro *A unidade do conhecimento: consiliência*, utilizando o termo como palavra-chave para se reportar à unificação do saber (apud CRUZ, 2001).

em última apreciação, não cumpriram as funções explicativas esperadas. É importante destacarmos que a lista de valores cognitivos apresentada nesta dissertação não compreende, evidentemente, a totalidade de valores envolvidos na aceitação da teoria. A seleção natural, como qualquer outra teoria, não possui um espectro de ação absoluto. Analisar, pois, os meandros e as particularidades de sua epistemologia requer, por conseguinte, uma pesquisa ainda mais profunda. Além disso, cientes de que as proposições da teoria evolutiva incomodaram muitos cientistas da época (convenientemente inclinados às repostas sobrenaturais e divinas), acreditamos que outros tipos de valores estiveram em jogo nos processos de apresentação, refutação e aceitação da mesma. Talvez estes, em anuência a preconceitos filosóficos, muito mais que a falta de demonstrações científicas, possam ser responsabilizados pela letargia dos cientistas contemporâneos a Darwin, impedindo-os de perceber o quanto sua teoria estava certa.

Deste modo, para a teoria da seleção natural de Darwin, elencamos os valores cognitivos abaixo listados que trazem consigo alguns ‘recortes’ de nossa reconstrução histórica, a fim de corroborarem nosso elenco.

VALOR COGNITIVO “ADEQUAÇÃO EMPÍRICA”: as conjecturas lançadas por Darwin, sustentadas por sua grande experiência observacional e influenciadas pelos estudos de Malthus, fizeram-no chegar a uma proposição científica para explicar as mudanças dos seres vivos. Após a publicação de suas ideias, Darwin procurou responder as críticas de seus pares fundamentando-se cuidadosamente em estudos científicos e aportes empíricos. Para justificar a expressão do valor cognitivo *adequação empírica*, portanto, destacamos alguns dos eventos apresentados em nossa reconstrução histórica que, por sua vez, ratificam a presença desse valor cognitivo na teoria em questão:

- a) *O caso da comparação entre a origem e o desenvolvimento das placas de barbatana das baleias da Groenlândia (*Balaena mysticetus*) e os*

bicos dos marrecos-de-bico-de-colher (Spatula clypeata), na controvérsia estabelecida com George Jackson Mivart: Darwin, tomando como exemplar empíricos as baleias da Groenlândia (Balaena mysticetus), animais também filtradores, comparou as placas de barbatana dessas baleias às bocas lamelares (bicos) dos marrecos-de-bico-de-colher (Spatula clypeata), e, após uma analítica comparação anatômica e fisiológica, concluiu que gradações em cetáceos poderiam ter resultado nas placas de barbatana das baleias da Groenlândia. Assim, Darwin “ressaltou não existir a mínima razão de se duvidar que cada etapa nessa escala possa ter sido tão útil a certos cetáceo antigos, como as funções das partes mudando lentamente durante o progresso do desenvolvimento, como ocorrem com as gradações nos bicos de diferentes membros da família do pato” (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 79).

- b) A explicação para o desenvolvimento e o deslocamento dos olhos dos peixes achatados (Pleuronectidae) – outra controvérsia estabelecida com George Jackson Mivart: para fundamentar seu argumento, Darwin – além de recorrer aos estudos de outros pesquisadores – desenvolveu uma pesquisa bastante detalhada sobre a anatomia, o comportamento e os estádios de desenvolvimento dos Pleuronectidae. Com base, portanto, em estudos científicos, Darwin conseguiu justificar o papel da seleção natural no desenvolvimento e no deslocamento dos olhos dos peixes achatados. Ele rebateu essa crítica sugerindo que os Pleuronectidae apresentariam sua disposição ocular (além de sua estrutura corporal assimétrica e achatada), em função de seus hábitos de vida, para os quais – por força da seleção natural – destacam-se alguns fatores (embora não únicos), como sendo responsáveis pela conservação de tais vantagens, como “a proteção de seus inimigos, e a facilidade para se alimentar no solo [arenoso]” (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 69).*
- c) A controversa anunciada pelo físico Willian Thomson (Lord Kelvin), questionando a idade da Terra sugerida por Charles Lyell, ratificada*

por Darwin: fundamentado em estudos próprios, Lord Kelvin contrariou as estimativas de Darwin baseadas no trabalho de Charles Lyell “Princípios da Geologia” e também no estudo da diversidade dos organismos que sugeriam um tempo de vida em bilhões de anos para o sol e para a Terra. Ao inferir que Darwin havia se equivocado na idade do Sol, Lord Kelvin concluiu que ele havia cometido o mesmo erro ao estimar o tempo necessário para a viabilidade da evolução por meio da seleção natural. Naquela ocasião, Darwin reagiu introduzindo fatores como “a transmissão dos caracteres adquiridos pelo costume, ou, ainda, uma misteriosa tendência a variar na mesma direção” a fim de suavizar as objeções temporal-geológicas (LENAY, 2004, p. 107). Alguns anos depois, porém, estudando a radiação de partículas, Ernest Rutherford retificou a proposição de Lord Kelvin demonstrando cientificamente que a duração da vida no planeta seria legitimamente compatível com o tempo de vida da Terra sugerido por Lyell e Darwin, assegurando a estes (ainda que posteriormente) a garantia de terem apresentado um parecer mais correto acerca dos tempos geológicos.

Além dos exemplares acima citados, a fim de melhor fundamentarmos a presença do valor cognitivo adequação empírica, na teoria Darwiniana, é mister arrazoarmos sobre o significado do termo “experiência” nas acepções teóricas de Darwin.

Segundo Regner (2006), usualmente, os procedimentos empíricos mais utilizados na ciência são a *observação* e o *experimento*. Para o primeiro caso, Darwin, ao buscar por evidências, recorreu a diferentes tipos de fontes valendo-se, inclusive, de estudos de outros pesquisadores, como Charles Lyell para o caso da idade da Terra ou obras enciclopédicas para os estudos com pombos, como podemos conferir:

[...] na investigação de pombos domésticos, por exemplo, apela a criadores, antiga enciclopédia chinesa, escritos de autores romanos clássicos, Gênesis bíblico, filia-se a clube de criadores, etc... Observações elucidam o objeto investigado, sejam os efeitos da denudação das áreas graníticas [...] ou as afinidades que conectam diferentes seres vivos (REGNER, 2006, p. 315).

Em relação ao segundo caso (o experimento), infere-se que compreenda uma situação em que fenômenos possam ser reproduzidos (até mesmo de forma imaginária), sob condições controladas, com o objetivo de testar ou refinar hipóteses,

[...] assim, Darwin, “descobre por experimentos” que as abelhas comuns são quase indispensáveis à fertilização das violetas [...] e informa que foi “experimentalmente provado” por Mr. Tegetmeier que de 12 a 25 libras de açúcar são consumidos por uma colméia de abelhas para a secreção de uma libra de cera (REGNER, 2006, p. 316).

Como também já mencionamos na reconstrução histórica, para Darwin, os testes experimentais transcendiam, inclusive, os limites da chamada “prova experimental”. Sua outra função consistia no falseamento de teorias e hipóteses contrárias e concorrentes. Nas palavras de Regner:

[...] a impossibilidade de se falsear a teoria darwiniana pode ainda ocorrer pela impossibilidade de provar que a evidência corroborada não seja possível, como no caso da formação de órgãos complexos [...] e da ação da seleção natural na preservação e acumulação de variações úteis apenas ao seu portador (REGNER, 2006, p. 317-318).

Ainda na perspectiva de uma justificação para a presença do valor cognitivo *adequação empírica*, outro ponto importante e também já citado, diz respeito ao estabelecimento de certos “critérios” na experiência darwiniana, cuja função consistia em impedir a presença de equívocos e suposições explicativas quaisquer. Assim, Regner evidencia um conjunto de fatores que – trabalhando articuladamente – corroboravam para a credibilidade dos resultados das experiências de Darwin, segundo sua própria dinâmica de trabalho. Neles, ratificamos – evidentemente – a presença do valor cognitivo *adequação empírica* na teoria de Darwin. Entre eles, citamos: a análise textual da evidência; a avaliação dos fatores possivelmente interferentes no desenho e condução dos experimentos; a realização de séries de experimento; o exame das condições de falseamento e, por fim, a avaliação do alcance das predições.

VALOR COGNITIVO “PODER EXPLICATIVO”: segundo Mayr (1998, p. 559-560), a seleção natural é dotada de um poder explicativo tão poderoso que, superando inúmeras controversas, foi responsável por:

- a) Substituir um mundo estático por um mundo evolutivo;
- b) Negar o criacionismo;
- c) Negar a teleologia cósmica;
- d) Reconhecer o fim do antropocentrismo irrestrito para a aceitação da descendência comum da humanidade;
- e) Explicar o processo materialista básico da seleção natural que se opunha aos princípios cristãos (interação entre a variação não-direcionada e o sucesso reprodutivo oportunista);
- f) Refutar o essencialismo e aceitar o pensamento de população.

De fato, por meio da ideia de seleção natural, Darwin sugeriu uma explicação de como as espécies evoluem, ao longo do tempo, baseando-se em asserções teóricas científicas. Mas, para melhor justificarmos a presença do valor cognitivo *poder explicativo*, retomamos mais um dos princípios citados por Regner (2006), para a compreensão das proposições Darwinianas – o princípio da “*imaginação*”.

Segundo Regner, a imaginação surge no contexto darwiniano como uma estrutura articuladora entre a razão e a experiência, sobretudo no aspecto dos procedimentos inovadores em Darwin. Entre tais procedimentos, destacam-se:

a) *A utilização de casos exemplares* – fornecem recursos para avaliar méritos da teoria a fim de se obter, por meio do estudo de casos exemplares, um ajustamento de suposições e conclusões:

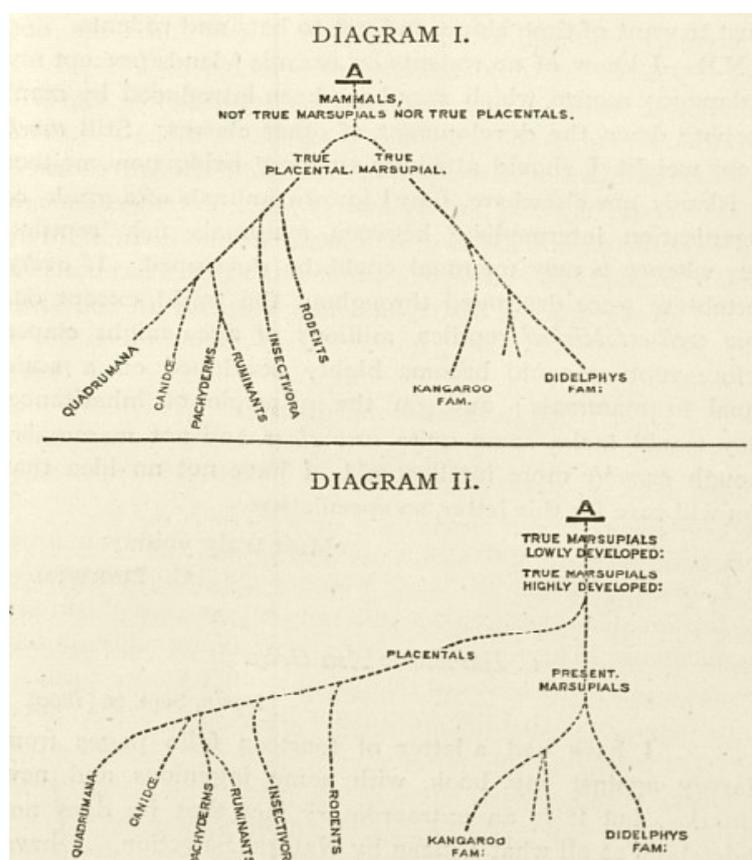
[...] não se trata, porém, de utilizar o estudo de casos exemplares como base indutiva para legitimar hipóteses explicativas. O estudo de caso exemplar implica outro pressuposto: o da adequação e confiabilidade da extensão dos resultados por força do caráter representativo dos fatos estudados (REGNER, 2006, p. 321).

b) *A utilização de diagramas* – indiretamente, diagramas permeiam toda a extensão da teoria darwiniana, agindo como teste para seu *poder explicativo* (valor cognitivo) operacionalizado e esquematizado em sínteses conceituais. Sobre tais diagramas, Regner comenta:

[...] sua utilização ótima está na classificação, permitindo “ver” um fundamento real, genealógico provido pela descendência com modificação, que confere sentido pleno a “sistema natural” [...]. Permite visualizar no processo de comunidade de descendência com modificação, a ação de princípios fundamentais da teoria, como o da divergência de caracteres [...] juntamente com o de extinção [...] e fatos-chave da Morfologia e Embriologia. Permite, ainda, justificar a natureza circúvica das relações de afinidades e o gradualismo no surgimento e extinção das espécies (REGNER, 2006, p. 322).

Exemplo de diagramas conjecturais da evolução dos mamíferos:

Figura 16 – Diagramas conjecturais da evolução dos mamíferos



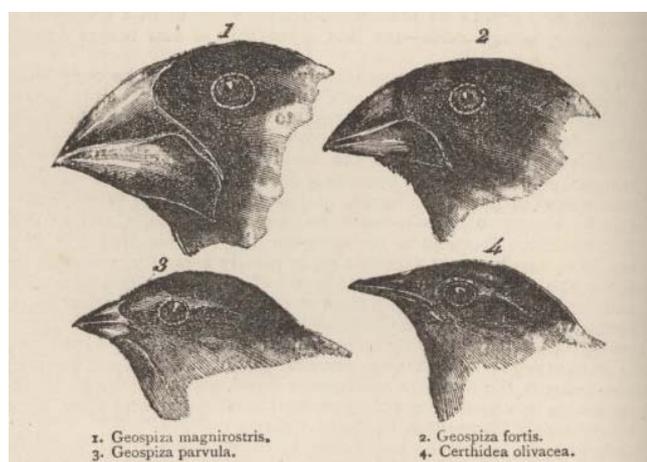
Fonte: Darwin (1887, p. 359)

c) *A utilização de ilustrações* – possibilita compreender a força do fator “imaginação” nas explicações de Darwin, sobretudo no caso das ilustrações imaginárias, agregando-se o papel das metáforas. As ilustrações funcionam em muitos casos (na teoria darwiniana) como “experimentos mentais” que, por meio de situações imaginárias, favorecem a compreensão de inúmeras questões:

[...] as ilustrações servem à corroboração da teoria, fornecendo exemplos, elucidando exceções ou estendendo a aplicação de seus enunciados. Ilustrações referem-se à ação da seleção natural como agencia dotada de poder causal [...] a produção de resultados em razão de sua utilidade, adaptação ou aperfeiçoamento [...] no enfoque de semelhanças e diferenças morfológicas [...] analógicas ou reais [...] ou na reconstituição de cadeias de descendência [...] com o concurso da extinção na explicação de distinções classificatórias (REGNER, 2006, p. 322).

Exemplo de gradação dos tentilhões-de-galápagos para as conjecturas sobre os processos de especiação e seleção natural:

Figura 17 - Tentilhões-de-Galápagos



Fonte: Darwin (1887, p. 323)

d) *A utilização de metáforas* – coube à originalidade de Darwin incluir metáforas como elementos substantivos em seu trabalho teórico, não somente para a introdução de conceitos (seleção natural), mas para corroborar efetivamente com algumas acepções de sua teoria: “A metáfora darwiniana deixa de ser mero recurso de estilo. A relação “literal/metafórico” é dinamizada em novos moldes, tornando-se ambos parte de um mesmo processo cognitivo (REGNER, 2006, p. 324).

Assim, com base nestes procedimentos inovadores de Darwin (casos exemplares, diagramas, ilustrações e metáforas) entendemos que se torna mais fácil compreender a presença de uma visão explicativa e integradora na teoria que admitia, já na coleta de dados, o aporte de diversificadas e inovadoras estratégias de pesquisa, capazes de prover e nutrir o *poder explicativo* de suas

conjecturas, constituindo um “exemplo privilegiado de atividade científica criativa” (REGNER, 2006, p. 325).

VALOR COGNITIVO “CONSISTÊNCIA”: para a época em que foi formulada, os aspectos que caracterizam o valor cognitivo *consistência* na teoria da seleção natural compreendem a coerência de suas asserções e, principalmente, a coerência entre as conjecturas sustentadas na teoria e os dados observados. A clareza utilizada por Darwin no desencadeamento lógico da teoria, bem como a coerência de suas proposições, explicam sua posterior aceitação. Como já foi descrito neste trabalho, se há um ponto de convergência entre os estudiosos da seleção é que essa teoria evoluiu vagarosamente. Por muito tempo, Darwin optou por não publicar nenhuma de suas ideias a fim de consolidá-las sistematicamente – esforço no qual reconhecemos sua preocupação com a *consistência* em suas conjecturas.

VALOR COGNITIVO “CONSILIÊNCIA”: a teoria da seleção natural mudou a maneira de compreender os organismos, suas relações entre si e com o mundo. Isto significa que muitos aspectos da teoria da seleção natural influenciaram (além da ciência Biologia), diversas áreas do conhecimento. Sua busca por respostas de questões relativas ao plano da adequação empírica, por exemplo, sugeriu novos modos de investigação científica, como a utilização do método hipotético-dedutivo. Em princípio, Darwin foi incisivamente criticado por utilizar o “método de hipóteses” sugerido por Herschel e não optar pelo clássico método indutivo, preconizado na época. Suplantando, por anos, as duras oposições metodológicas, Darwin conquistou publicamente o emprego desse método em favor do princípio da seleção natural e, conseqüentemente, suscitou sua ampla utilização em meio aos mais diversos campos da ciência que, por sua vez, utilizam-no até os dias atuais.

VALOR COGNITIVO “FECUNDIDADE”: dentre os inúmeros desdobramentos da teoria da seleção natural – no âmbito do desenvolvimento científico – observamos claramente que a mesma impulsionou vigorosamente o desenvolvimento de muitas áreas da ciência, como no caso dos estudos paleontológicos e geológicos que projetaram-se ao encontro de evidências que

pudessem dar suporte às informações apresentadas no corpus da teoria. Atualmente, sobretudo como herança do período da síntese, inúmeras são as áreas que se especializaram em resposta às descobertas de Darwin, entre as quais estão a Biologia Molecular, a Genética, a Embriologia, a Genômica e muitas outras. Consideramos que esse desenvolvimento científico, incitado pela ideia de seleção natural, justifica a presença do valor cognitivo *fecundidade*.

VALOR COGNITIVO “SIMPLICIDADE”: como também já abordamos na reconstrução histórica, ao que sabemos, o próprio Darwin considerou a seleção natural um processo razoavelmente simples, passivo de ser sintetizado em apenas algumas linhas, a saber, *por haver luta pela sobrevivência entre os organismos, o nível de mortalidade de cada geração será alto. Deste modo, apenas os “melhores” sobreviverão. A natureza, por sua vez, provê um contingente infinito de variações e, devido à sobrevivência dos “melhores”, os avanços evolutivos acontecem.* De fato, a coesão das asserções e a clareza conceitual enunciada na teoria contrastam perplexamente com a complexidade de seu enunciado. Um dos pontos mais intrigantes que chamaram a atenção da comunidade científica para a teoria darwiniana, além da condição ousada e inovadora em que a mesma apresentou, foi o fato de conseguir esclarecer de modo simples algumas questões que à época eram justificadas apenas com argumentos de ordem sobrenatural.

Assim, finalizando a justificação dos valores cognitivos visualizados na teoria de Darwin, enfatizamos a não evidenciação dos valores “**certeza**” e “**verdade**” na teoria da seleção natural. Pensamos que os critérios utilizados para a escolha dos outros valores não sejam os mesmos a serem empregados na justificação (ou determinação) desses valores, em particular.

Sabemos que discussões sobre a presença de **verdade** e **certeza** em teorias científicas demandam reflexões pertinentes ao campo da Filosofia da Ciência. Entretanto, considerando que conclusões obtidas por meio de observações, inferências e corroborações empíricas, suscitam reavaliações constantes (não obstante a utilização quase ‘normativa’ de procedimentos metodológicos racionais), ponderamos sobre a possibilidade da existência de múltiplos discursos de **verdade** e múltiplas compreensões de **certeza**, dada à diversidade de pontos de vista que podem ser obtidos nos diversos contextos do conhecimento biológico.

Assim, refletindo sobre as particularidades desses dois valores, em contraponto à legitimidade dos outros já elencados para a teoria da seleção natural, compartilhamos nossa dificuldade em reconhecê-los como pertencentes à mesma classe que os demais e, por consequência, não atribuir juízos específicos de valor, considerando-os superiores ou inferiores aos outros.

Talvez, como desdobramento deste estudo, à luz de outros aportes como, por exemplo, a lógica paraconsistente, possamos sustentar ou justificar sua presença entre os demais valores.

Por hora, pensamos que os valores **certeza** e **verdade** sejam intrínsecos – de certa forma – à própria natureza dos valores cognitivos já elencados, podendo ser classificados como “metavalores cognitivos”, ou seja, fundamentando os demais.

No capítulo subsequente, apresentamos a sequência didática construída e sua concomitante análise estrutural.

CAPÍTULO 4

SEQUÊNCIA DIDÁTICA CONSTRUÍDA E SUA ANÁLISE ESTRUTURAL

Neste capítulo, após termos percorrido as fases de problematização, levantamento de abordagens metodológicas, fundamentação teórica, reconstrução histórica do pensamento evolutivo e sua análise axiológica, articulamos tais conhecimentos e construímos a sequência didática abaixo apresentada, para o ensino de evolução biológica. Nela, evidenciamos a sequência genérica que estruturou sua configuração atual, além de promovermos uma análise de sua estrutura (com as justificativas dos referenciais), para melhor compreendermos sua estruturação. Ela assim está definida:

Nas duas primeiras linhas, nas quais se encontram as etapas e o exemplar genérico (ZABALA, 1998), apresentamos a sequência genérica sugerida por Zabala, já explicitada anteriormente neste trabalho. Nas duas linhas seguintes (etapas adaptadas e sequência didática adaptada para o ensino do conteúdo “**EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**”), encontra-se a sequência didática construída e subdividida em etapas subsequentes. Na quinta e última linha (análise estrutural da sequência adaptada), apresentamos uma análise pormenorizada da sequência construída, justificando cada evento de suas etapas segundo os aportes teórico-metodológicos da pesquisa. Essa dinâmica de apresentação acontece em todas as etapas da sequência.

Lembramos, ainda, que outra cópia da sequência construída, contendo todas as adaptações e informações necessárias aos professores aplicadores, encontra-se disponível nos apêndices C, D, E, F, e G deste trabalho. Foi esta versão da sequência que apresentamos aos professores que fizeram a análise.

Abaixo, segue a sequência construída e sua análise estrutural.

ETAPAS	1ª
<p>EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)</p>	<p><i>“Apresentação por parte do(a) professor(a) de uma situação problemática relacionada com o tema. O professor desenvolve um tema entorno de um fato ou acontecimento, destacando os aspectos problemáticos e os que são desconhecidos para os alunos. [...] Os conteúdos do tema e da situação que se coloca podem ir desde um conflito social ou histórico, diferenças na interpretação de certas obras literárias ou artísticas, até o contraste entre um conhecimento vulgar de determinados fenômenos biológicos e possíveis explicações científicas” (ZABALA, 1998, p.58-grifo nosso).</i></p>
ETAPAS ADAPTADAS	1ª INTRODUÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO
<p>SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”</p>	<p>a) O professor inicia a aula comunicando aos alunos o assunto a ser trabalhado: <u>Evolução dos seres vivos.</u></p> <p>b) Explica que num primeiro momento, todos assistirão a um vídeo do site <www.youtube.com>, que corresponde ao primeiro resultado de uma consulta com a palavra “evolução”.</p> <p>Endereço eletrônico do vídeo: http://www.youtube.com/watch?v=j7imtcWdHIA (Obtido em 13/06/2009. Duração: 3’45 min. CD em anexo)</p> <p>b) Enquanto os alunos assistem ao vídeo, o professor escreve as seguintes questões no quadro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No âmbito dos seres vivos, o que podemos entender por “evolução”? 2) Podemos concordar como as informações transmitidas pelo vídeo que assistimos? 3) Como surgiram tantas espécies de seres vivos no planeta? 4) Podemos considerar que mamíferos são mais evoluídos que bactérias? 5) Os seres humanos são descendentes dos macacos? <p>O professor explora o tema, problematiza o assunto.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – à cargo do professor;</p>
<p>ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA</p>	<p>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA Nesta etapa enfatizamos o papel dos questionamentos na interação ensino-aprendizagem. Os questionamentos correspondem a um dos elementos da aprendizagem significativa crítica, apresentando-se como fatores contributivos ao processo de construção do conhecimento. Segundo Moreira (2000), “O que mais pode um professor fazer por seus alunos do que ensinar-lhes a perguntar, se está aí a fonte do conhecimento humano?” (MOREIRA 2000, p. 7).</p> <p>DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS De acordo com os referenciais utilizados nesta pesquisa, um dos aspectos inerentes aos aportes da Didática das Ciências, para o Ensino de Ciências,</p>

	<p>consiste na capacidade de ajudar a compreender o processo de construção do conhecimento. Aqui, retomamos Adúriz-Bravo (2001), que destaca três princípios balizadores da Didática das Ciências:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Compreender a ciência como <u>Atividade de intervenção</u> sobre a <u>realidade</u>; - Compreender a ciência como uma estrutura de conhecimento que deriva desta atividade; - Compreender a ciência como um discurso escrito que teoriza sobre as questões empíricas (ADÚRIZ-BRAVO, 2001 - grifo nosso). <p>Deste modo, na primeira etapa desta sequência didática, com base nas contribuições da Didática das Ciências, pensamos que por meio dos questionamentos que compõem a problematização inicial (aqui considerados “atividades de intervenção”), o professor inicia um processo de intervenção sobre as concepções prévias dos alunos (aqui consideradas a “realidade” a ser interferida).</p> <p>VALORES COGNITIVOS</p> <p>Por meio das questões problematizadoras esperamos obter (ainda que no âmbito das concepções prévias) a presença de alguns valores nas respostas dos alunos. Na questão nº 5, por exemplo, quem pode afirmar que os seres humanos vieram dos macacos? Com base em quais estudos? Há a presença do valor cognitivo “adequação empírica” na base de uma possível resposta afirmativa para esta questão?</p>
ETAPAS	2ª
EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)	<p>“Proposição de problemas ou questões. Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, expõem as respostas intuitivas ou suposições sobre cada um dos problemas e situações propostos” (ZABALA, 1998, p. 58 - grifo nosso).</p>
ETAPAS ADAPTADAS	2ª OBTENDO CONCEPÇÕES PRÉVIAS
SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”	<p>O professor pede para que os alunos, individualmente, respondam em uma folha separada as questões apresentadas.</p> <p>AValiação: contínua – o professor (ao final da aula) recolhe as questões respondidas pelos alunos e atribui uma determinada nota a tal atividade.</p>
ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA	<p>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA</p> <p>David Ausubel (MOREIRA, 1999) ao estudar o processo de aprendizagem nas pessoas, enfatizou o conceito de <i>Aprendizagem Significativa</i> como um processo pelo qual há uma interação entre as novas informações e as estruturas de conhecimento já existentes nos indivíduos, por ele denominadas <i>conceitos subsunçores</i>. Essas estruturas funcionam como base às novas informações de modo que as mesmas, conseqüentemente a partir dessa interação, adquirem um significado.</p> <p>Com a atividade proposta nesta etapa, objetivamos <u>evidenciar os conceitos subsunçores</u> dos alunos (aqui considerados como concepções prévias), acerca da evolução dos seres vivos. Tal empreendimento é alcançado quando os alunos respondem as questões sugeridas pelo professor de acordo com o</p>

	<p>conhecimento pessoal, adquirido até então. Após tal evidenciação, espera-se que seja possível <u>trabalhar sobre</u> os conceitos prévios dos estudantes afim de que sirvam de base para a interação de novos conceitos (científicos) que pretendemos enfatizar.</p> <p>DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS Como na primeira etapa, damos continuidade ao processo de intervenção sobre as concepções prévias dos alunos (aqui consideradas a “realidade” a ser interferida). Assim, a intenção didática desta etapa é levar os alunos a materializar, por meio do registro escrito, seus conceitos subsunçores (concepções prévias).</p> <p>VALORES COGNITIVOS De posse das questões respondidas na avaliação da etapa nº 2, o professor poderá fazer uma evidenciação dos possíveis valores cognitivos que poderão aparecer nas respostas dos estudantes.</p>
ETAPAS	3ª
EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)	<i>“Explicitação de respostas intuitivas ou suposições. Os alunos, coletivamente, dirigidos e ajudados pelo professor, deliberam sobre as respostas intuitivas. (ZABALA, 1998, p.58-grifo nosso).</i>
ETAPAS ADAPTADAS	3ª DELIBERAÇÃO
SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”	<p>a) O professor pede para que os alunos dividam-se em 5 grupos e discutam as respostas de cada um dos integrantes, sugerindo a observância da existência de semelhanças e/ou diferenças significativas entre as respostas.</p> <p>b) Após tal deliberação, cada grupo expõe (em síntese) suas respostas para o restante da turma.</p> <p>c) O professor evidencia as semelhanças e/ou diferenças encontradas nas respostas dos diferentes grupos.</p> <p>d) Retomando a problematização inicial e, considerando as respostas (intuitivas) dos grupos, o professor chama atenção dos alunos para a questão: <i>Existem teorias científicas que explicam essas questões?</i></p> <p>e) O professor pergunta se os alunos conhecem e poderiam argumentar sobre <u>teorias científicas</u> que expliquem as questões problematizadas.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota à atividade em grupo.</p>
ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA	<p>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA Nos itens “d” e “e”, a problematização feita professor integra o processo de intervenção sobre as concepções prévias dos alunos, uma vez que os mesmos são instigados a pensar sobre outros tipos de explicações para as questões propostas. Aqui, nossa intenção pedagógica consiste em gerar dúvidas e incertezas nos estudantes a fim de que possam haver condições para se realizar uma aprendizagem significativa crítica dos conceitos que queremos trabalhar. Segundo Moreira (2000), por meio deste tipo de aprendizagem os alunos poderão, entre outras coisas, lidar com: “a incerteza, a relatividade, a não-causalidade, a probabilidade, a não-</p>

	<p>dicotomização das diferenças, com a idéia de que o conhecimento é construção (ou invenção) nossa, que apenas representamos o mundo e nunca o captamos diretamente” (MOREIRA, 2000, p. 6).</p> <p>DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS Esta etapa favorece uma troca de experiências entre os estudantes (itens “a” e “b” da sequência).</p> <p>Sinalizamos nesta etapa uma relação entre as tipologias de conteúdos evidenciadas por Zabala (1998), e o processo de aprendizagem. Os conteúdos atitudinais, por exemplo, estão relacionados às tendências ou intenções pelas quais as pessoas assumem condutas mediante valores determinados. Como exemplo, citamos a cooperação necessária em um trabalho de grupo como o que estamos sugerindo. Além disso, a perspectiva atitudinal reporta-se também a padrões de comportamento aos quais devemos nos submeter em um dado contexto social. Essas regras compõem um pacto para a vivência dos valores coletivamente compartilhados – em nosso caso, enfatizamos o fator “tolerância” entre as diferentes opiniões dos colegas de equipe.</p> <p>VALORES COGNITIVOS Continuamos e evidenciamos os possíveis valores cognitivos que poderão aparecer nas respostas dos estudantes. Na etapa nº 3, porém, tal evidenciação ocorre por meio dos valores evidenciados, desta vez, pelas equipes.</p>		
ETAPAS	4ª 5ª 6ª 7ª		
EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)	4ª	“Proposta das fontes de informação. Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, propõem as fontes de informação mais apropriadas para cada uma das questões: o próprio professor, uma pesquisa bibliográfica, uma experiência, uma observação, uma entrevista, um trabalho de campo” (ZABALA, 1998, p. 58, grifo nosso).	
	5ª	“Busca da Informação. Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, realizam a coleta dos dados que as diferentes fontes lhes proporcionaram. A seguir selecionam e classificam estes dados” (ZABALA, 1998, p. 58, grifo nosso).	
	6ª	“Elaboração das conclusões. Os alunos, coletiva e individualmente, dirigidos e ajudados pelo professor, elaboram as conclusões que se referem às questões e aos problemas” (ZABALA, 1998, p. 58, grifo nosso).	
	7ª	“Generalização das conclusões e síntese. Com as contribuições do grupo e as conclusões obtidas o professor estabelece as leis, os modelos e os princípios que se deduzem do trabalho realizado” (ZABALA, 1998, p. 58, grifo nosso).	
ETAPAS ADAPTADAS	4ª PESQUISA		
SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA	a) O professor sugere que as equipes façam uma pesquisa sobre o tema da aula baseando-se nas questões apresentadas inicialmente (bem como as que		

<p>O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”</p>	<p>surgirem no decorrer das discussões), <u>mas que pesquisem, principalmente, teorias científicas que expliquem a evolução dos seres vivos.</u></p> <p>Sugere também que as equipes utilizem diferentes fontes de informação. Como fontes, sugerimos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internet (ênfase na variedade de informações disponíveis neste tipo de fonte); • Biblioteca da escola; • Entrevistas com professores do colégio; • Entrevistas com alunos de outras salas; • Entrevistas com familiares. <p>b) Segue-se para a coleta de dados que deverão ser apresentados pelas equipes na aula seguinte.</p> <p>c) <u>Trabalho extraclasse:</u> os alunos, em grupo, realizam a pesquisa nas diferentes fontes;</p> <p>d) <u>Elaborando conclusões (ainda em instância extraclasse):</u> os alunos, em grupo, elaboram as conclusões que se referem às questões e aos problemas propostos segundo a pesquisa proposta.</p> <p>e) <u>Trabalho em classe: breve exposição dos resultados da pesquisa pelas equipes. (O resultado da pesquisa deve ser entregue ao professor).</u></p> <p>f) <u>Após a exposição, o professor inicia uma breve reflexão com os alunos questionando:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -Há semelhanças\diferenças significativas entre as respostas das equipes? -Podemos agrupar as respostas? (Ex. Explicações “religiosas”, “científicas”, “outras”?) <p>g) <u>O professor, juntamente com os alunos, elabora as conclusões que se referem às questões propostas.</u></p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota ao trabalho extraclasse (item “e” desta etapa).</p>
<p>ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA</p>	<p>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA</p> <p>Sugerimos diferentes fontes de pesquisa (sobretudo a internet) para os alunos porque, segundo nosso referencial de aprendizagem, por meio da aprendizagem significativa crítica os estudantes poderão, entre outras coisas, “estar abertos a mudanças, atentos as informações e tecnologias ao mesmo tempo em que consigam gerenciar essas novidades” (MOREIRA, 2000, p. 6).</p> <p>Pensamos que esse “gerenciamento de novidades” consiste na análise crítica das informações obtidas pelas diferentes mídias tecnológicas.</p> <p>Outra questão: estas etapas podem envolver discussões acerca de princípios morais e religiosos dos estudantes frente ao conteúdo científico pesquisado. Esperamos que por meio das etapas posteriores (desta sequência), as intenções, a disposição e a organização dos conteúdos e atividades sugeridos, leve os estudantes a uma reflexão sobre suas concepções, a fim de que possam, seguindo os princípios da aprendizagem significativa crítica, estar “integrados em sua cultura sem que para isso tenham que deixar-se dominar por ela e suas inerentes ideologias, ritos e crenças” (MOREIRA, 2000, p. 6).</p> <p>DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS</p> <p>Nesta etapa, enfatizamos na atividade de pesquisa (em relação as tipologias de conteúdos), os conteúdos factuais evidenciados por Zabala (1998, p. 41), que</p>

	<p>correspondem ao “conhecimento dos fatos, acontecimentos, situações, dados e fenômenos concretos e singulares”.</p> <p>A singularidade e o caráter descritivo e concreto definem este tipo de conteúdo. São exemplos de conteúdos factuais: a localização de um rio, datas, fatos históricos, símbolos químicos, entre outros. É importante destacar que considera-se que um estudante tenha aprendido um conteúdo factual quando ele o puder reproduzir e essa reprodução ocorrer de forma literal. As atividades utilizadas neste tipo de conhecimento baseiam-se em cópias por meio das quais os conteúdos são integrados às estruturas do conhecimento.</p> <p>A ação de elaborar conclusões a partir dos problemas propostos, segundo a pesquisa em questão, está inserida no âmbito da Didática das Ciências, no rol dos conteúdos procedimentais que, por sua vez, envolvem uma série de ações devidamente organizadas e voltadas para objetivos específicos. São exemplos de conteúdos procedimentais: calcular, classificar, traduzir, entre outros. Embora tais conteúdos apresentem um denominador comum (serem ações ou conjuntos de ações) evidenciamos que são diferentes o bastante para assumirem distintas funções no processo de aprendizagem.</p> <p>VALORES COGNITIVOS</p> <p>Nesta etapa continua-se a evidenciação dos valores cognitivos que poderão aparecer nas informações pesquisadas pelos estudantes.</p>
ETAPAS	
<p>EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)</p>	
ETAPAS ADAPTADAS	<p>5^a</p> <p>INTRODUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS</p>
<p>SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”</p>	<p>a) A partir das contribuições dos alunos, o professor entrega um texto (que encontra-se dividido em 5 partes – uma para cada grupo) contendo alguns dos principais aspectos do desenvolvimento do pensamento evolutivo.</p> <p>É pedido que cada grupo prepare (para a próxima aula) um seminário (uma síntese) sobre os assuntos indicados no texto que receberam. O professor evidencia que caso seja necessário, os alunos deverão pesquisar mais sobre o assunto a ser apresentado.</p> <p>(Sugerimos que os grupos realizem uma primeira leitura em sala para que eventuais dúvidas possam ser esclarecidas pelo professor)</p> <p>LEITURA DO TEXTO (em sala): <u>“Aspectos históricos do pensamento evolutivo”</u> (cada equipe com uma parte do mesmo).</p> <p>b) No trabalho extraclasse de preparação dos seminários, cada grupo deverá elaborar 3 questões (com respostas) sobre o assunto apresentado, para serem entregues no dia da exposição. Além disso, cada grupo deverá providenciar (para o dia do seminário) uma cópia de sua parte do texto para o restante da turma de forma que, ao término das apresentações, todos os alunos da classe tenham o texto completo (em suas 5 partes).</p>

	<p>AValiação: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota à participação dos alunos na leitura e interpretação dos textos.</p>
<p>ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA</p>	<p>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA Evidenciamos novamente o papel dos questionamentos na interação ensino-aprendizagem como um elemento contributivo ao processo de construção do conhecimento. Sugerimos que os alunos (em equipe) formulem questões sobre o assunto a ser apresentado nos seminários porque, segundo nosso referencial de aprendizagem:</p> <p>“O que mais pode um professor fazer por seus alunos do que ensinar-lhes a perguntar, se está aí a fonte do conhecimento humano? Quando o aluno formula uma pergunta relevante, apropriada e substantiva, ele utiliza seu conhecimento prévio de maneira não-arbitrária e não-literal, e isso é evidência de aprendizagem significativa. Quando aprende a formular esse tipo de questões sistematicamente, a evidência é de aprendizagem significativa crítica. Uma aprendizagem libertadora, crítica, detectora de bobagens, idiotices, enganações, irrelevâncias (MOREIRA 2000, p. 7).</p> <p>DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS Os textos entregues às equipes concentram explicações científicas para as questões evolutivas. Em continuidade ao processo de intervenção sobre as concepções prévias dos alunos (aqui consideradas a “realidade” a ser interferida), cabe ao professor evidenciar a importância do conhecimento científico. Muitas questões da Educação Científica estão imersas nas bases atuais da Didática das Ciências e são compreendidas, muitas vezes, como produtos culturais. Entre elas, destacamos a visão da “ciência como atividade transformadora”. Segundo Adúriz-Bravo (2001), vários autores como Hacking, Artigas, Estany e Echeverría, suscitam a discussão da ação transformadora da ciência no que diz respeito à realidade natural e cultural do mundo. Nesta perspectiva, Echeverría (1995), esclarece que a ciência – como uma forma de representação do mundo – possui a capacidade de intervir sobre ele e “esta caracterização nos provê de uma ferramenta poderosa para demarcar a ciência de outros tipos de representações, menos eficazes para intervir a grande escala” (ECHEVERRÍA apud ADÚRIZ-BRAVO, 2001, p. 294-295).</p> <p>VALORES COGNITIVOS São efetivamente utilizados nos textos entregues aos estudantes. Estes textos foram intencionalmente adaptados de forma a expressar (implicitamente) os valores cognitivos visualizados em nossa reconstrução histórica do Darwinismo. Sua expressão encontra-se demarcada no apêndice A (desta dissertação). Portanto, nesta etapa de nossa sequência, utilizamos os valores cognitivos também na condição de “guias epistemológicos” (nos textos) como instrumentos capazes de “guiar” e “filtrar” outros sistemas de valores (não cognitivos) reconhecidamente presentes e incompatíveis ao processo de ensino e de aprendizagem de conceitos de evolução biológica.</p> <p>HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA Optamos, intencionalmente, por utilizar textos elaborados segundo a perspectiva histórico-filosófica. Como já abordamos no referencial teórico deste trabalho, pautamo-nos nas vantagens pedagógicas consensualmente reconhecidas pela comunidade científica em relação a utilização deste tipo de abordagem na Educação Científica.</p>

ETAPAS	
EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)	
ETAPAS ADAPTADAS	6ª APRESENTAÇÕES E SÍNTESE
SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”	<p>a) Na aula seguinte, são apresentados os seminários. (As questões elaboradas por cada grupo são recolhidas pelo professor). O professor motiva os alunos a discutirem as informações presentes nos textos (objeto de seminário), proporcionando uma reflexão sobre as mesmas: FAZ-SE UMA SÍNTESE DE TODO CONTEÚDO.</p> <p>Em seguida, o professor anuncia que na próxima aula todos deverão trazer o texto (completo) para a realização de atividades.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota às apresentações dos seminários e também às questões elaboradas pelas equipes.</p>
ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA	<p>A análise estrutural desta etapa é homóloga à etapa anterior (nº 5), devido ao fato de que as atividades propostas na etapa nº 5 estendem-se a esta etapa.</p> <p>VALORES COGNITIVOS Por meio dos seminários o professor continuará evidenciando (agora com base em estudos científicos), os valores cognitivos presentes nas informações apresentadas pelas equipes.</p>
ETAPAS	8ª
EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)	<p><i>“Exercícios de memorização. Os estudantes, individualmente, realizam exercícios de memorização que lhes permitem lembrar dos resultados das conclusões, da generalização e da síntese” (ZABALA, 1998, p. 58-grifo nosso).</i></p>
ETAPAS ADAPTADAS	7ª ATIVIDADES
SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”	<p>a) Os estudantes, individualmente, (com a possibilidade de consultar o texto trabalhado), respondem as questões elaboradas pelos grupos e organizadas em documento próprio pelo professor.</p> <p>“ATENÇÃO”: as questões devem ser reformuladas pelo professor, segundo os seguintes tipos de perguntas: focalização, confirmação e inquirição (veja a explicação ao lado).</p> <p>b) O professor aplica o questionário aos alunos.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota ao questionário respondido pelos alunos.</p>

<p style="text-align: center;">ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA</p>	<p>APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA CRÍTICA Continuamos trabalhando com questionamentos na interação ensino-aprendizagem.</p> <p>DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS Que tipo de perguntas podem ser utilizadas nesta atividade? Nos referenciais de Didática, encontramos e sugerimos os seguintes tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • FOCALIZAÇÃO – ajudam o aluno a seguir um certo percurso de raciocínio. Ex: “qual a diferença entre isso e aquilo?” • CONFIRMAÇÃO – quando o professor quer se certificar de que os alunos leram e compreenderam o texto. Ex: “com base no autor..., o que podemos dizer sobre...” • INQUIRIÇÃO – o professor procura saber o pensamento dos alunos a respeito de determinado assunto; sua compreensão sobre o conteúdo; sua opinião. Ex: “de acordo com suas palavras, como você explica...” (PONTE; SERRAZINA, 2000). <p>VALORES COGNITIVOS Nas questões elaboradas pelas equipes o professor continua evidenciando a presença de valores cognitivos implícitos nas mesmas.</p>
ETAPAS	9ª
<p style="text-align: center;">EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)</p>	<p><i>“Prova ou exame. Na classe, todos os alunos respondem às perguntas e fazem os exercícios do exame durante uma hora” (ZABALA, 1998, p. 58, grifo nosso).</i></p>
ETAPAS ADAPTADAS	8ª FEEDBACK DAS ATIVIDADES
<p style="text-align: center;">SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”</p>	<p>a) Na aula seguinte, após correção, o professor lê e responde as questões com os alunos, proporcionando um feedback dos conteúdos estudados;</p> <p>Pensamos que a “visualização”, por parte dos alunos, das respostas incorretas (mediante seu confronto com proposições científicas), esclareça eventuais dúvidas.</p> <p>ATIVIDADE COMPLEMENTAR:</p> <p>JOGO “Guerra dos bicos” – Com a finalidade de fixar os principais conceitos estudados (especificamente a teoria da seleção natural), após a correção do questionário o professor realiza com os alunos o jogo “Guerra dos bicos” (Anexo A).</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota à participação dos alunos na correção das questões bem como na participação da atividade complementar.</p>
<p style="text-align: center;">ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA</p>	<p>VALORES COGNITIVOS</p> <p>Por meio da atividade complementar “Guerra dos bicos”, esperamos enfatizar, ludicamente, os valores cognitivos adequação empírica e simplicidade;</p>

	Nesta etapa será possível, ao professor, (<i>após todo o percurso da sequência</i>), analisar o índice de valoração dos estudantes por meio das atividades realizadas por eles ao longo da sequência e, assim, evidenciar a ocorrência ou não dos valores cognitivos que se esperava enfatizar. Pensamos que um índice progressivo da frequência desses valores em tais atividades indique, entre outras coisas, a funcionalidade desta unidade didática, confirmando ou não o poder pedagógico dos valores cognitivos nos processos de ensino e de aprendizagem no âmbito do conteúdo “Evolução Biológica”.
ETAPAS	10^a
EXEMPLAR GENÉRICO (ZABALA, 1998)	<i>“Avaliação. A partir das observações que o professor fez ao longo da unidade e a partir do resultado da prova, este comunica aos alunos a avaliação das aprendizagens realizadas” (ZABALA, 1998, p. 58-grifo nosso).</i>
ETAPAS ADAPTADAS	9^a DIVULGAÇÃO DAS ATIVIDADES
SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”	<p>ATIVIDADE COMPLEMENTAR:</p> <p>Segundo o cumprimento de todas as etapas anteriores, o professor sugere que os alunos da sala (juntamente com o professor) elaborem uma apresentação (para vídeo projeção) com os conhecimentos adquiridos sobre evolução biológica (segundo essa sequência didática) que poderá ser divulgada na internet (www.youtube.com), como resultado dos estudos desempenhados nas últimas aulas.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota à participação dos alunos na montagem e divulgação do vídeo.</p>
ANÁLISE ESTRUTURAL DA SEQUÊNCIA ADAPTADA	

No capítulo abaixo, por meio da análise textual discursiva, fazemos algumas reflexões sobre as respostas dos questionários dos professores que analisaram a unidade didática. Importante destacar que a sequência por eles analisada, ao contrário da acima apresentada, compõe-se de textos e explicações adicionais. Todos estes documentos estão disponíveis nos apêndices C, D, E, F e G desta dissertação.

CAPÍTULO 5

ANÁLISE E SÍNTESE DOS DADOS

5.1 SOBRE OS PROFESSORES QUE ANALISARAM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Embora muitas tenham sido as tentativas frustradas de encontrar professores dispostos a colaborar com nossa pesquisa (foram quase trinta os procurados), encontramos com quatro profissionais que, generosamente, assumiram o compromisso de estudar a sequência construída e, assim, contribuir com nosso estudo sobre a construção de uma unidade de ensino intencionalmente pensada para a evolução biológica.

A bem da verdade, não imaginávamos que o desinteresse dos professores por pesquisas como esta seria tão expressivo, com demonstração de descaso instantâneo e apresentação de desculpas criativas para justificar sua não participação na mesma.

Todavia, como já anunciamos, o desinteresse não foi absoluto. Alguns profissionais, abertos, solícitos e comprometidos com sua profissão, ajudaram-nos prontamente. Estes, que voluntariamente analisaram a sequência didática construída e emitiram pareceres sobre a mesma, por meio do questionário semi-estruturado descrito no capítulo dois, apresentam o seguinte perfil:

- ✓ Todos são biólogos e atuam (ou já atuaram) no ensino de evolução biológica por um período mínimo de cinco anos, em escolas públicas e/ou privadas do ciclo Básico de Ensino.
- ✓ Sobre sua formação acadêmica, além da graduação (na qual três deles cursaram disciplina específica de evolução), todos já fizeram algum curso de especialização; três possuem mestrado na área de Ensino de Ciências sendo que dois deles encontram-se em doutoramento na mesma área.
- ✓ No que diz respeito à atuação profissional, dos quatro professores considerados, dois, atualmente, trabalham no Ensino Básico e Superior concomitantemente. Estes, lecionando em cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, ministram disciplinas referentes à formação de professores. Quanto aos

outros, um atua somente no Ensino Básico e o outro igualmente no Superior.

Assim, após delinear o perfil dos professores que analisaram nossa sequência, apresentamos (abaixo) a análise de suas impressões.

5.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO

Neste tópico realizamos uma análise das informações obtidas por meio dos questionários respondidos pelos professores (voluntários), acerca da sequência didática a eles apresentada. Trata-se de uma reflexão – à luz da Análise Textual Discursiva – das análises que eles realizaram sobre essa sequência. Nossa iniciativa, portanto, definimos como a prática de uma *metanálise*.

Na perspectiva da análise textual discursiva, de posse dos questionários respondidos, iniciamos o percurso das etapas subsequências enunciadas por Moraes (2003, p. 191-192), ou seja, a desconstrução do *corpus* mediante os processos de unitarização, categorização de possíveis unidades e subunidades de análise encontradas e, por fim, captação do novo emergente mediante a construção de um metatexto.

As unidades e subunidades de análise foram geradas a partir do próprio *corpus*, por meio de leituras criteriosas e um processo de revisão e reflexão dos dados. Segundo Moraes “A fragmentação dos textos é concretizada por uma ou mais leituras, identificando-se e codificando-se cada fragmento destacado, resultando daí as unidades de análise. Cada unidade constitui um elemento de significado referente ao fenômeno que está sendo investigado” (MORAES, 2003, p. 195).

Assim, durante um processo cada vez mais específico de pormenorização dos dados (respostas dos questionários), objetivando sua necessária organização, submetemo-los aos processos de identificação e decodificação configurados nos seguintes indicadores simbólicos:

- P1, P2, P3 e P4 – para distinguir as respostas dos quatro professores envolvidos no processo de análise. Acrescentamos (novamente) que P1 e P4 possuem mestrado na área de Ensino

de Ciências e atuam nos níveis Médio e Superior de Ensino. Já o professor P3, com mestrado na mesma área, trabalha exclusivamente no Ensino Superior. O professor P2, por sua vez, atua apenas no nível médio e possui especialização na área de Biologia aplicada à saúde.

- Q1, Q2,..., Q17 – para localizar a questão a qual estamos nos reportando dentre as dezessete que compõem o questionário;
- L1, L2, L3... – para definir precisamente a(as) linha(as) considerada(s) na análise entre as diferentes respostas.

Abaixo, segue o questionário trabalhado:

1. *De acordo com sua experiência, o tempo (em aulas) sugerido para a aplicação da sequência é apropriado?*
2. *O modo como o conteúdo “evolução biológica” está apresentado nas etapas da sequência é adequado? Sim ou não? Especifique.*
3. *Há clareza nas explicações (para o professor) sobre como realizar cada etapa da sequência apresentada e as atividades nelas incluídas?*
4. *Os textos utilizados na 5ª etapa da sequência estão bem elaborados? A linguagem é apropriada? Comente.*
5. *As atividades sugeridas (em classe e extraclasse) são adequadas? O que você mudaria ou acrescentaria?*
6. *De acordo com sua opinião, o modo como os valores cognitivos estão inseridos na sequência (em atividades, textos e questões) é didaticamente apropriado? Comente.*
7. *Segundo sua análise, há algum tipo de dificuldade (por parte do professor), na visualização dos valores cognitivos implícitos nas atividades dos alunos? Comente.*
8. *Ao longo da sequência didática é possível observar o índice (frequência) com que os valores cognitivos vão “aparecendo” nas atividades dos alunos? Comente.*
9. *A sequência instrui os professores para realizarem tal observação? Comente.*

10. *Como você avalia o envolvimento dos alunos em todo percurso da sequência?*
11. *E o envolvimento do professor?*
12. *Os recursos utilizados (vídeo, computador, etc...) são pertinentes? Contribuem positivamente com a proposta? Comente.*
13. *Quanto às atividades complementares (das etapas 8 e 9 sequência), são viáveis? São apropriadas?*
14. *As avaliações sugeridas em cada etapa, como você avalia?*
15. *Existem aspectos importantes do conteúdo “evolução biológica” que não são abordados na sequência? Quais?*
16. *Você vê vantagens na sequência apresentada em relação ao modo como os livros didáticos (que você conhece) apresentam o mesmo conteúdo? Se sim, que vantagens são essas?*
17. *Há críticas e/ou sugestões que gostaria de evidenciar?*

A seguir, apresentamos as categorias estabelecidas e suas respectivas unidades e subunidades de análise, acompanhadas de explicações e justificações mediante a reescrita de fragmentos textuais que ratificam o significado assumido e intitulado no processo de unitarização. Concomitantemente, agregamos reflexões (sínteses) sobre cada uma das unidades de análise na intenção de, posteriormente, elaborar o metatexto.

I) CATEGORIA “ASPECTOS DIDÁTICO-SINTÁTICOS”: reúne as informações referentes à estrutura da sequência didática e à disposição de seus elementos no corpo de apresentação, ou seja, um olhar sistêmico sobre sua organização estrutural numa perspectiva didática.

Unidades de Análise	Subunidades de Análise
Tempo (em aulas) de aplicação da sequência	- Adequado; - Inadequado;
Disposição do conteúdo	- Pedagogicamente distribuído; - Passível de Melhorias;
Capacidade auto-explicativa da sequência	- Adequada.

Unidade de análise: Tempo (em aulas) de aplicação da sequência

Subunidade Inadequado	<p><i>Creio que [...] seria preciso mais 2 ou 3 aulas. Por exemplo, creio que a realização das etapas 1, 2, 3 e 4 (até item b) em apenas uma aula não é possível (mas isso pode ser porque eu falo demais). Outro momento que penso ser necessário um tempo maior é na aplicação do JOGO [...] P1, Q1, L1-5</i></p> <p><i>Para a quantidade de atividades [...] necessita de mais aulas, mas não sei precisar quantas. P2, Q1, L1</i></p> <p><i>Etapa 5 sugestão para 2 aulas – considerar parte do tempo em direcionamento para a preparação/direcionamento dos seminários que serão apresentados [...] P3, Q1, L2-3.</i></p> <p><i>De acordo com a minha experiência docente, considero o tempo sugerido limitado, pois trata-se de uma sequência didática com ênfase nas interações discursivas entre prof. e alunos. O tempo reduzido poderia levar os profs a “acelerar” os conteúdos específicos [...] P4, Q1, L 1-5</i></p>
Síntese da unidade de análise	Fica claro, segundo as respostas dos professores, que o tempo (em aulas) previsto na sequência é insuficiente, sobretudo considerando a quantidade de atividades, discussões e interações previstas na unidade didática.

Unidade de análise: Disposição do conteúdo

Subunidade Pedagogicamente distribuído	<p><i>Sim. Me agrada bastante a sequência apresentada, em especial pelo crescente grau de complexidade e pela gama de atividades propostas [...]. P1, Q2, L1-3</i></p> <p><i>Sim. Metodologicamente ok. Levantamento de conhecimentos prévios, associação de novas informações/enriquecimento com tentativas de predisposição associadas, avaliação do processo. P3, Q2, L1-3</i></p> <p><i>Sim, adequado. Para mim, trata-se de uma sequência bem formulada e inovadora. [...] observa-se que as etapas não são estanques, já que a 4ª etapa (pesquisa) se faz necessária na 5ª etapa (Introdução de conceitos científicos), [...] outro exemplo, apresentações e síntese (6ª etapa) são ações requeridas na 3ª etapa (Deliberação). P4, Q2, L1-6</i></p>
Subunidade Passível de Melhorias	<i>Não [o modo de apresentação dos conteúdos na sequência não é adequado], muito extenso. P2, Q2, L1</i>
Síntese da unidade de análise	Para a maioria dos professores, a disposição dos conteúdos – na sequência – é satisfatória, integradora e coerente com as intenções pedagógicas almejadas.

Unidade de análise: Capacidade auto-explicativa da sequência	
Subunidade Adequada	<p><i>Sim. Creio que os docentes poderiam seguir as explicações sem nenhum problema. Elas são muito claras e possibilitam ao professor que “se programe” para os passos seguintes [...] P1, Q3, L 1-3</i></p> <p><i>Sim. P2, Q3, L1</i></p> <p><i>Sim. P3, Q3, L1</i></p> <p><i>Sim. As explicações são bem feitas e esclarecedoras. P4, Q3, L1</i></p>
Síntese da unidade de análise	A sequência instrui os aplicadores (professores) sobre a importância das etapas, bem como possibilita aos mesmos um bom entendimento dos eventos que devem ser realizados em cada uma delas.

II) CATEGORIA “ASPECTOS AXIOLÓGICOS NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM”: diz respeito à análise da presença dos valores cognitivos nas diferentes etapas da sequência didática e à função pedagógica assumida por eles durante todo percurso da mesma.

Unidade de Análise	Subunidades de Análise
Inserção de Valores Cognitivos na Sequência	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de visualização de valores cognitivos implícitos nas atividades dos alunos; - Apropriada, mas passível de melhorias; - Limitações na visualização de valores cognitivos nas atividades dos alunos;

Unidade de análise: Inserção de Valores Cognitivos na Sequência	
<p>Subunidade Possibilidade de visualização de valores cognitivos implícitos nas atividades dos alunos</p>	<p><i>As instruções e os textos permitem uma fácil observação dos valores [nas atividades discentes]. P3, Q7, L1</i></p> <p><i>Sim. A ocorrência desses valores certamente se dará de forma bem evidente, uma vez que as atividades propostas proporcionam aos alunos inúmeras chances de expressá-los. P1, Q8, L1-3</i></p> <p><i>Sim [é possível a visualização]. A sequência aliada às instruções mostram ao professor até sugestões de avaliação e momentos de coleta de dados e observações. P3, Q9, L1-2</i></p> <p><i>Sim. Associado às instruções do professor (que irá orientar as discussões/direcionar as aulas), é bastante provável que se alcance a observação da manifestação desses valores nas respostas dos alunos ao final do processo. P3, Q6, L1-4</i></p> <p><i>É possível perceber um provável aumento progressivo [da presença de valores cognitivos nas atividades desenvolvidas pelos alunos] com as discussões e pesquisas. As atividades e textos impulsionam nessa direção. P3, Q8, L1-2</i></p>
<p>Subunidade Apropriada, mas passível de melhorias</p>	<p><i>Respondendo a cada um dos itens da questão: <u>Atividades</u>, nas atividades propostas pelo autor deste trabalho aparecem os valores cognitivos adequação empírica e simplicidade. <u>Textos</u>, nos textos aparecem valores cognitivos no texto “Darwin e a origem das espécies” de forma bem explicada. Nos dois últimos textos, os valores são mais citados do que explicados. Sugiro que estes textos sigam o mesmo padrão do anterior. [...] P4, Q6, L1-6</i></p>
<p>Subunidade Limitações na visualização de valores cognitivos nas atividades dos alunos</p>	<p><i>Difícil responder essa questão [da visualização de valores cognitivos nas atividades], pois não apliquei a atividade com os alunos, mas, certamente, o prof encontraria dificuldades. P4, Q7, L1-3</i></p>
<p>Síntese da unidade de análise</p>	<p>Fica claro que a sequência instrui corretamente os professores (que irão aplicá-la) sobre o significado, a importância e o papel dos valores cognitivos na unidade de ensino. Fica evidente, também, que a percepção do aumento progressivo da presença de valores nas atividades dos alunos é possível, sobretudo porque as atividades e os textos favorecem e impulsionam nessa direção. No escopo das sugestões, evidenciamos que embora as instruções e os textos condicionem uma boa observação dos valores cognitivos, seria interessante explicar e justificar cada um deles à medida que forem aparecendo, nas instruções para os professores. Assim, adicionamos que futuras aplicações em sala de aula poderão melhor arrazoar sobre a viabilidade da utilização dos valores cognitivos na sequência de ensino considerada.</p>

III) CATEGORIA “ASPECTOS PEDAGÓGICOS DE APRENDIZAGEM”: abrange os aspectos pertinentes ao processo de Aprendizagem do tema “evolução biológica”. Nesta categoria, reunimos informações referentes ao lugar ocupado pelos alunos na sequência, além da adequação dos textos e atividades que a constituem, a fim de promover uma análise de sua estrutura pedagógica geral.

Unidades de Análise	Subunidades de Análise
Linguagem dos textos e atividades	- Compatível com o nível cognitivo dos alunos; - Passível de melhorias;
Atividades extra-classe	- Passível de melhorias; - Condicionadas ao nível socioeconômico dos alunos;
Atividades complementares	- Viáveis;
Envolvimento dos alunos	- Favorecido pela sequência;
Recursos didáticos	- Apropriados, mas condicionados às atuais condições das escolas;
Avaliação	- Apropriada, mas condicionada à realidade de ensino; - Apropriada, mas passível de melhorias;
Vantagens na utilização da sequência para o ensino dos conteúdos evolutivos	- Presentes; - Condicionadas à testes de aplicação;
Omissão de aspectos (conteúdos e/ou conceitos) importantes sobre evolução biológica na sequência	- Inexistente;

Unidade de análise: Linguagem dos textos e atividades	
Subunidade Compatível com o nível cognitivo dos alunos	<i>Penso que sim. Eu apenas acrescentaria em cada um dos textos mais datas, isso porque acredito que evidenciar a “linha do tempo” auxilia os alunos a compreenderem como a história se desenrolou. Veja, não estou defendendo uma história baseada em datas, mas acredito que quando se usa expressões como “renascimento”, sem dizer em que data isso aconteceu, corremos (...) que o aluno perca a chance de compreender melhor um conceito apenas por que supomos que ele saiba (ou se lembre) o período do renascimento. P1, Q4, L1-9</i> <i>Linguagem ok. P3, Q4, L1</i>
Subunidade Passível de Melhorias	<i>Acredito que para os alunos precisem ser reformulados, com uma linguagem mais clara e próxima dos alunos. P2, Q4, L1-2</i> <i>[...] os textos seguem a norma culta da Língua Portuguesa e apresenta linguagem apropriada para o público docente, embora necessite explicar com mais clareza alguns conceitos, sugiro uma adaptação na linguagem científica voltada aos alunos do Ensino Médio. P4, Q4, L1-7</i>
Síntese da unidade de análise	Para um público docente, o nível dos textos está bom. Porém, seria razoável aproximar mais a linguagem dos textos ao se trabalhar com alunos do nível médio de Ensino – neste sentido, alguns termos poderiam ser mais bem explicados. Além disso, o acréscimo de datações, ao longo dos textos, poderia melhor localizar – historicamente – os leitores.

Unidade de análise: Atividades extra-classe	
Subunidade Passíveis de melhorias	<p><i>Eu mudaria a estratégia dos seminários. Não me agrada o fato dos alunos lerem apenas parte dos textos. Ainda não tenho clareza de como faria para que todos lessem todos os textos. Mas a leitura parcial dos textos não me parece apropriada a um assunto tão importante [...]. Tenho consciência de que a leitura parcial dos textos e sua apresentação torna a apresentação mais dinâmica e menos cansativa para os alunos, mas ainda assim me parece que a perda será muito significativa. Creio que seria preciso um olhar mais atento para possíveis técnicas de leitura dinâmica para que todos tivessem a oportunidade de ler todos os textos, mesmo que depois cada grupo apresentasse um dos textos. P1, Q5, L1-14</i></p> <p><i>[...] eu tentaria [...] colocar valores de notas para todas as atividades, como um estímulo, já que só o estímulo interesse é muito pouco na atual situação das salas de aula. P2, Q5, LQ-6</i></p> <p><i>Sugestão: como cada grupo recebe um dos 5 textos, há a possibilidade de incluir no final de cada um algumas questões que inquietem o grupo com relação às partes não analisadas. Exemplo: no texto 5 questionar se o conhecimento surgiu sem raízes, antecessores... P3, Q5, L1-5</i></p>
Subunidade Condicionadas ao nível socioeconômico dos alunos	<p><i>São adequadas. Aqui quero ressaltar que há necessidade de se pensar no nível socioeconômico dos alunos, pois há classes muito heterogêneas nesse sentido, nem sempre os professores encontram salas ou escolas com recursos midiáticos disponíveis. P4, Q5, L1-4</i></p>
Síntese da unidade de análise	<p>Algumas medidas como a leitura integral dos textos (no caso dos seminários), a inserção de questões problematizadoras nos mesmos e a atribuição de “nota” poderia contribuir para um melhor êxito das atividades extra-classe. Além disso, é sinalizada a importância de se considerar o nível socioeconômico dos alunos, haja vista que alguns deles poderão não ter condições de adquirir os materiais necessários às atividades bem como o acesso a diferentes meios de pesquisa.</p>

Unidade de análise: Atividades complementares	
Subunidade Viáveis	<p><i>Penso serem viáveis e apropriadas. P1, Q13, L1</i></p> <p><i>São viáveis. P2, Q13, L1</i></p> <p><i>Sim [são viáveis]. P3, Q13, L1</i></p> <p><i>São excelentes. Gostei do retorno ao vídeo, agora com a produção dos próprios alunos. P4, Q13, L1-2</i></p>
Síntese da unidade de análise	<p>Segundo os professores que responderam o questionário, as atividades complementares são viáveis e apropriadas.</p>

Unidade de análise: Envolvimento dos alunos	
<p>Subunidade Favorecido pela sequência</p>	<p><i>Alguns alunos se envolvem mais e com maior facilidade em realizar as atividades propostas do que outros, mas no geral, há um bom envolvimento. P2, Q10, L1-3</i></p> <p><i>São bastante requisitados para uma postura ativa perante as atividades. P3, Q10, L1</i></p> <p><i>Os alunos teriam um envolvimento participativo com ênfase argumentativa, tanto pela via oral quanto pela escrita, de suas concepções. P4, Q10, L1-3</i></p>
<p>Síntese da unidade de análise</p>	<p>Não obstante a necessária adesão dos alunos à sequência (por vezes inexistente), fica evidenciado que a mesma favorece uma participação ativa dos alunos ao longo de seu percurso, mediante as diferentes atividades sugeridas ao longo das etapas.</p>

Unidade de análise: Recursos didáticos	
<p>Subunidade Apropriados, mas condicionados às condições estruturais das escolas</p>	<p><i>Bons recursos, pertinentes com a proposta e possível de ser aplicada já que o governo do Paraná [...] está melhorando as tecnologias didáticas no Estado. P2, Q12, L1-2</i></p> <p><i>Os recursos utilizados podem enriquecer a aula, mas podem ser sugeridos outras formas de representação caso as escolas possuam laboratório de informática com sérios problemas (impossibilitando os alunos de utilizarem para a realização da última etapa). P3, Q12, L1-4</i></p> <p><i>[...] a proposta apresenta-se no plano ideal e, com certeza, sofrerá adaptações em relação aos recursos didáticos almejados, pois não leva em consideração as condições atuais da tecnologia educacional das escolas. P4, Q12, L2-5</i></p>
<p>Síntese da unidade de análise</p>	<p>A utilização dos recursos didáticos sugeridos na sequência deve ser revista à luz da realidade de cada escola, podendo, em alguns casos, sofrer adaptações.</p>

Unidade de análise: Avaliação	
<p>Subunidade Apropriada, mas condicionadas à realidade de ensino</p>	<p><i>Creio serem válidas. O professor poderia acrescentar ou suprimir alguma em função da sua realidade. P1, Q14, L1-2</i></p> <p><i>Boas propostas, mas considere a realidade de cada sala. P2, Q14, L1</i></p> <p><i>Adequadas. Podem ser substituídas dependendo da necessidade do professor. P3, Q14, L1-2</i></p>
<p>Subunidade Apropriada, mas passível de melhorias</p>	<p><i>São necessárias e sugeridas em momentos adequados. Entretanto, elas têm cunho quantitativo e estão de acordo com o sistema de avaliação da SEED/PR. Sugiro uma avaliação qualitativa na 2ª etapa, para não inibir os alunos no desenvolvimento do item a da 3ª etapa (Deliberação). Em algum outro item, poderia sugerir ao professor o desenvolvimento de uma auto-avaliação pelos alunos [...] P4, Q14, L1-7</i></p>
<p>Síntese da unidade de análise</p>	<p>Para o caso das avaliações, embora a sequência oportunize vários momentos para sua execução, deve ser levada em conta a realidade de ensino apresentada por cada sala de aula. Dessa forma, a quantidade tanto quanto os tipos de avaliação poderão variar. Além disso, é sugerida a inserção de uma avaliação qualitativa na sequência a fim de, combater a inibição dos alunos na fase de deliberação sobre as concepções prévias.</p>

Unidade de análise: Vantagens na utilização da sequência, na perspectiva do ensino e da aprendizagem dos conteúdos evolutivos.	
Subunidade Presentes	<p><i>Sim [há vantagens], a ordem histórica e os exemplos nos ajudam a localizar os alunos e explicam muito mais que os conceitos soltos nos livros. P2, Q16 e 17, L1-2</i></p> <p><i>A reconstrução histórica, o método de investigação, as metodologias de interação, e o impulso para o pensamento científico apresentam vantagens inquestionáveis sobre a forma de como o conteúdo é trazido pelo livro didático. P3, Q16 e 17, L1-3</i></p> <p><i>[...] para mim, o modo como a sequência didática é apresentada é inovadora. É <u>didática</u> mesmo. Arrisco a dizer que não há como o prof. se “perder”. Para o prof. os textos levam-no a atingir o objetivo proposto no trabalho [...]. ainda em relação aos textos, quero enfatizar também a vantagem dos balões com comentários a respeito dos valores cognitivos. Além disso, há a atualização do referencial bibliográfico. Trata-se de um manual que valoriza também as produções postadas no portal do MEC [...]. desenvolve inúmeras habilidades centradas nos conteúdos atitudinais/procedimentais dos alunos, além dos conteúdos conceituais [...]. P4, Q16 e 17, L1-14</i></p>
Subunidade Condicionadas a testes de aplicação	<p><i>Veja, embora inicialmente me pareça uma forma mais dinâmica e crítica de se trabalhar o conteúdo, acredito que é necessário uma aplicação prática para podermos comparar ao que usamos comumente. Às vezes, uma ideia que parece muito promissora na teoria, na prática se revela cheia de inadequações. P1, Q16 e 17, L1-6</i></p>
Síntese da unidade de análise	<p>Embora sejam necessárias algumas aplicações – em sala de aula – para se aferir as vantagens da sequência em relação a outros materiais didáticos, para a maioria dos professores é possível visualizar algumas vantagens em decorrência da disposição do conteúdo, da abordagem histórica utilizada, das atividades que favorecem a interação, das explicações dos valores cognitivos (para o caso dos professores que aplicarem a sequência), da contemplação intencional dos conteúdos atitudinais, procedimentais e conceituais, além da atualização do referencial bibliográfico.</p>

Unidade de análise: Omissão de aspectos (conteúdos e/ou conceitos) importantes sobre evolução biológica na sequência	
Subunidade Inexistente	<p><i>Não acredito, [que tenham sido omitidos conteúdos/conceitos] P1, Q15, L1-2</i></p> <p><i>[...] a seção que trata os conceitos sobre as teorias da evolução biológica estão adequadas. P3, Q15, L3-4</i></p> <p><i>Creio que não [não há omissões]. P2, Q15, L1</i></p> <p><i>Neste momento acredito que não [houve omissão de conteúdos/conceitos]. P4, Q15, L1</i></p>
Síntese da unidade de análise	<p>As respostas indicam que não foram omitidos conceitos/conteúdos do tema “evolução biológica” na sequência construída.</p>

IV) CATEGORIA “MOBILIZAÇÃO DOCENTE”: aborda os aspectos relacionados ao processo de Ensino do tema “evolução biológica”, por meio da sequência. Reúne informações sobre o papel dos professores na sequência, seu domínio do conteúdo, sua pré-disposição para ensinar e sua capacidade de compreender as diferentes realidades das salas de aula para, então, favorecer o processo de aprendizagem.

Unidades de Análise	Subunidades de Análise
Visualização de valores cognitivos nas atividades discentes	- Condicionada à abordagem epistemológica do professor; - Condicionada aos conhecimentos docentes;
Envolvimento dos professores	- Pré-disposição para ensinar; - Relação com o domínio dos conhecimentos evolutivos e axiológicos; - Disposição para o uso dos recursos didáticos; - Relação com o envolvimento dos alunos;

Unidade de análise: Visualização de valores cognitivos nas atividades discentes	
Subunidade Condicionada à abordagem epistemológica do professor	<i>Sim. Há a intenção de que os valores cognitivos “apareçam”, mas, na prática da sala de aula, isso dependerá da epistemologia apresentada e desenvolvida pelo professor sobre o assunto. P4, Q8, L1-3</i>
Subunidade Condicionada aos conhecimentos docentes	<i>Creio que sim, minha preocupação, novamente, é com a formação do professor. P1, Q9, L1-2</i> <i>Depende do professor. É muito grande ainda o número de docentes criacionistas, ou os que dominam de forma muito superficial conceitos básicos de genética e evolução. P1, Q7, L1-3</i> <i>Sim. Porém há a necessidade de se conhecer o pensamento docente sobre o assunto. Em outras palavras, a proposta sugere um ensino/aprendizagem histórico, reflexivo e dinâmico e, para isso, faz-se necessário um curso de formação continuada ao prof, a fim de identificar e aperfeiçoar o saber-fazer direcionado à proposta que se deseja desenvolver. P4, Q9, L1-6</i>
Síntese da unidade de análise	Segundo as repostas analisadas, a visualização dos valores cognitivos, por parte do professor, nas repostas dos alunos está condicionada significativamente ao seu domínio do conteúdo ensinado – o que nos faz pensar sobre sua formação inicial e em serviço.

Unidade de análise: Envolvimento dos professores	
Subunidade Pré-disposição para ensinar	<i>É necessário ter um envolvimento total do professor. P2, Q11, L1</i> <i>A proposta requer um prof. ativo, criativo, inventivo; um prof. interessado em inovar o ensino de Evolução. P4, Q11, L1-2</i>
Subunidade Relação com o domínio dos conhecimentos evolutivos e axiológicos	<i>Acredito que o envolvimento do professor acontecerá na mesma proporção em que ele domine o conteúdo. P1, Q11, L1-2</i> <i>O professor deverá estar envolvido na aplicação e ter bastante consciência dos valores que deverá perceber ao longo do processo, a sequência exige essa característica para o seu sucesso. P3, Q11, L1-4</i>
Subunidade Disposição para o uso dos recursos didáticos	<i>[Os recursos didáticos sugeridos na sequência] São pertinentes e contribuem certamente. Porém, para tanto, é preciso que sejam corretamente utilizados pelo professor. P1, Q12, L1-2</i>
Subunidade Relação com o envolvimento dos alunos	<i>Penso que se o professor seguir a sequência apresentada, o envolvimento dos alunos será bastante satisfatório. P1, Q10, L1-2</i>
Síntese da unidade de análise	O professor, além de conhecer (saber) o que está ensinando (seja no domínio dos conceitos evolutivos ou axiológicos) deverá apresentar uma pré-disposição para ensinar por meio da sequência. Para explorar os benefícios dos recursos didáticos, por exemplo, deve haver primeiro um interesse de sua parte. Um professor desanimado não será criativo, nem inventivo. Seu desinteresse certamente será percebido pelos alunos e poderá prejudicar o bom êxito da sequência. Além disso, o papel indispensável do docente no êxito da aplicação da sequência traz à baila a importância das formações inicial e em serviço, pois, segundo as respostas dos professores, profissionais desatualizados, doutrinados, resistentes a mudanças e inovações certamente encontrarão dificuldades na aplicação da unidade de ensino.

5.3 UMA SÍNTESE DAS RESPOSTAS DOS PROFESSORES

Antes de apresentarmos a síntese, é imprescindível esclarecermos a origem das categorias acima explicitadas. Sobre as três primeiras (aspectos didático-sintáticos; aspectos axiológicos no ensino e na aprendizagem; aspectos pedagógicos de aprendizagem), evidenciamos que suas ideias iniciais já estavam preestabelecidas antes mesmo da análise dos dados, pois, recordando os próprios objetivos da pesquisa, havia um grande interesse nas impressões dos professores sobre a estrutura didática de sequência, a viabilidade da utilização dos valores cognitivos no ensino, além das preocupações pedagógicas relativas à adequação (em termos cognitivos) do conteúdo, das atividades e dos textos ao público alvo.

A última categoria, entretanto, (mobilização docente), emergiu do próprio corpo de dados. Frequentemente, a figura do professor apareceu associada ao “bom” funcionamento dos eventos previstos na sequência. Por isso, agregamos a esta ideia o termo “mobilização”, ao entendermos que professores dispostos, pró-ativos e engajados, serão capazes de “movimentar” e “conduzir” seus alunos no percurso da unidade didática, segundo a abordagem epistemológica prevista por ela. Daí, a necessidade de se criar uma categoria específica.

Sobre as análises dos professores, fica claro que a disposição dos conteúdos – na sequência – é satisfatória, integradora e coerente com as intenções pedagógicas almejadas. Todavia, para a maioria deles, o tempo (em aulas) parece ser insuficiente ao se considerar a quantidade de atividades, discussões e interações previstas (embora tenhamos sugerido apenas um número mínimo de aulas). Certamente, após algumas aplicações reais da sequência, poderemos melhor arrazoar sobre o tempo médio necessário para o seu cumprimento.

Segundo os mesmos professores, a sequência instrui seus aplicadores sobre a importância das etapas, bem como possibilita aos mesmos um bom entendimento dos eventos que devem ser realizados em cada uma delas. Porém, seria importante aproximar ainda mais a linguagem dos textos do nível cognitivo do público-alvo (alunos da última série do Ensino Básico). Além disso, o acréscimo de datações, ao longo dos textos, poderia melhor localizar – historicamente – estes alunos.

Ainda de acordo com os professores, não obstante as atividades normais e complementares serem viáveis e apropriadas, algumas medidas como a leitura integral dos textos (no caso dos seminários), a inserção de questões problematizadoras (nos mesmos) e a atribuição de “nota”, poderiam contribuir para um melhor êxito das atividades extraclasse. Além disso, é sinalizada a importância de se considerar o nível socioeconômico dos alunos, haja vista que alguns deles poderão não ter condições de adquirir os materiais necessários às atividades, bem como acesso a diferentes meios de pesquisa.

Apesar da necessária adesão dos alunos à sequência (por vezes inexistente), fica claro que a mesma favorece uma participação ativa dos discentes, ao longo de seu percurso, mediante as diferentes atividades sugeridas. Já para o caso da participação docente, embora a maioria dos professores indique que não foram omitidos conceitos/informações sobre o tema “evolução biológica”, na

sequência construída, fica evidenciada a necessidade do domínio desse conteúdo por parte dos aplicadores.

Estes, além de conhecerem (saberem) o que estão ensinando (seja no domínio dos conceitos evolutivos ou axiológicos), deverão apresentar pré-disposição para ensinar o conteúdo, por meio da sequência. Professores desanimados não serão criativos, nem inventivos. Seu desinteresse certamente será percebido pelos alunos e poderá prejudicar o bom êxito da aplicação da sequência. A utilização dos recursos didáticos sugeridos, por exemplo, deve ser revista à luz da realidade de cada escola, podendo os mesmos, em alguns casos, sofrer adaptações. Entretanto, muitas vezes, cabe ao professor manifestar interesse no uso desses recursos.

Para o caso das avaliações, seguindo as análises, embora a sequência oportunize vários momentos para sua execução, deve ser levada em conta a realidade de ensino apresentada por cada sala de aula. Dessa forma, a quantidade tanto quanto os tipos de avaliação poderão variar.

Fica claro também que a sequência instrui corretamente os professores (aplicadores) sobre o significado, a importância e o papel dos valores cognitivos na unidade de ensino e, ao mesmo tempo, possibilita a percepção do aumento progressivo desses valores (na produção dos alunos), haja vista que as atividades e os textos favorecem e impulsionam nessa direção. No mesmo sentido, aludimos, porém, que tanto quanto o domínio dos conteúdos evolutivos, os docentes devem manifestar dedicação e interesse na compreensão dos valores cognitivos para, então, aproveitar seu poder pedagógico ao longo da sequência.

Ainda na perspectiva docente, vemos que o papel indispensável do professor no êxito da aplicação da sequência, traz à baila uma discussão sobre a importância de sua formação inicial e em serviço. Profissionais desatualizados, doutrinados, resistentes a mudanças e inovações, certamente encontrarão dificuldades na aplicação da sequência estudada.

Assim, considerando as reflexões acima delineadas, concluímos que embora sejam necessárias aplicações – em sala de aula – para se aferir sobre possíveis vantagens da sequência construída em relação a outros materiais didáticos, segundo a maioria dos professores que analisaram este material (a sequência), é possível já nesta fase (de construção e desenvolvimento pedagógico e didático) visualizar alguns de seus benefícios, em decorrência da disposição do

conteúdo, da abordagem histórica utilizada, das atividades que favorecem a interação, das explicações sobre os valores cognitivos, da contemplação intencional de conteúdos atitudinais, procedimentais e factuais, além da atualização do referencial bibliográfico sobre a temática em questão: o ensino da teoria darwiniana para as explicações sobre a evolução dos seres vivos.

Mediante as análises docentes, percebemos também a importância e os reflexos dos aportes que fundamentaram esta pesquisa. A característica dinâmica, diversificada e provocadora tantas vezes percebida nas falas dos professores, nos remetem, satisfatoriamente, à utilização eficiente de uma boa teoria de aprendizagem (Aprendizagem Significativa Crítica), cujas características centrais convergem compativelmente às características acima apresentadas.

O valor pedagógico das áreas de História e Filosofia da Ciência foram também percebidos nas falas docentes. Sua capacidade de explicar, fundamentar e orientar os processos de Ensino e de Aprendizagem, foram destacados nas análises como diferenciais positivos em relação a outros materiais didáticos que não utilizam tais fundamentações.

A estrutura da sequência, unanimemente aprovada pelos professores, nada mais é do que o resultado de um estudo sistematizado do referencial de Didática das Ciências, que nos proporcionou não apenas estudar o processo de construção, mas, construir efetivamente uma unidade de ensino comprometida não somente com o conteúdo a ser ensinado, mas com o estabelecimento de etapas e procedimentos que favorecessem tal empreendimento.

A inserção de valores cognitivos na sequência de ensino, dado seu caráter de novidade, surpreendeu-nos com relação ao seu grau de aprovação. Não obstante a necessidade de leituras e estudos específicos de conceitos axiológicos, os professores reconheceram o poder pedagógico destes valores na aprendizagem dos conteúdos evolutivos. Consequentemente, nossas impressões esclarecem que apresentar conteúdos científicos por meio da corroboração (implícita) de valores cognitivos poderá contribuir para que as teorias científicas sejam mais bem compreendidas segundo seu contexto histórico-social, o que representa uma nova maneira de entender os motivos, processos e resultados das atividades científicas. Além disso, sua condição de “guias epistemológicos” (na sequência) nos apresenta sua capacidade de conduzir os estudantes rumo ao conhecimento científico,

atuando como “filtros” de outros tipos de valores não favoráveis ao processo de aprendizagem.

Por fim, considerando satisfatória e viável a utilização dos aportes empregados na fundamentação de nossa pesquisa, fica o compromisso de aprofundar nossos conhecimentos sobre aspectos dos saberes docentes – dada sua expressiva consideração nas análises dos professores. Possivelmente, como desdobramento deste estudo, pretendemos refletir especificamente sobre o papel dos professores frente à aplicação de unidades de ensino como a que apresentamos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos esta pesquisa com a apresentação de diversos trabalhos nacionais e internacionais que discutem problemas nos processos de Ensino e de Aprendizagem do conteúdo “evolução biológica”, em diferentes níveis de ensino.

Estudando tais trabalhos observamos que as discussões acerca das problemáticas evidenciadas convergiam para três causas principais: influência religiosa, concepções alternativas e materiais didáticos inadequados para o ensino do tema que, por seu turno, são considerados os grandes responsáveis pela propagação (no meio escolar) de conceitos incorretos e/ou imprecisos sobre as explicações científicas acerca da evolução dos seres vivos.

Paralelamente, evidenciamos em documentos oficiais do Ministério da Educação, como os Parâmetros Curriculares Nacionais e as Diretrizes Curriculares para os cursos superiores de Ciências Biológicas, a importância e a pertinência do ensino de evolução em Biologia, dado o reconhecimento de seu papel integrador e explicativo nesta Ciência.

Nesse sentido, reconhecendo a necessidade de contribuir com o ensino de evolução em Biologia, iniciamos um estudo sobre o processo de construção e sistematização de uma sequência didática capaz de suplantar os problemas frequentemente apontados em materiais didáticos utilizados para o ensino do tema. Nosso objetivo consistiu em apresentar o conteúdo do modo mais imparcial possível, ou seja, desvincilhado de analogias, de explicações religiosas e concepções alternativas esperando, assim, contribuir para o seu correto entendimento por parte de alunos da série final do Ensino Básico. Dessa forma, pesquisamos referenciais das áreas de Didática das Ciências e Epistemologia da Biologia, a fim de melhor compreendermos como seria possível construir a sequência de ensino pretendida.

Além do aporte dessas áreas, aprofundamos nossos conhecimentos sobre o conteúdo a ser apresentado na unidade de ensino. Para isso, realizamos uma reconstrução histórica do pensamento evolutivo desde os primeiros entendimentos gregos até a teoria mais aceita (atualmente) para as explicações sobre as mudanças nos seres vivos – o neodarwinismo. Para este empreendimento, utilizamos as contribuições da Historiografia da Ciência. Do mesmo modo, recorreremos aos aportes de História e Filosofia da Ciência que, além de contribuir

para a fundamentação teórica da pesquisa, colaboraram igualmente na configuração de nossa proposta final – a sequência didática.

Com o objetivo de elaborar um material diferenciado para o ensino de evolução, após a reconstrução histórica ter sido realizada, observamos, além das possíveis contribuições pedagógicas da perspectiva histórico-filosófica, a influência exercida pelos sistemas axiológicos na sistematização e aceitação das teorias darwinianas. Este fato nos fez investigar, conseqüentemente, o impacto e a influência que os sistemas de valores podem exercer sobre a compreensão dos conceitos evolutivos.

Por isso, optamos por utilizar o aporte dos Valores Cognitivos em nossa pesquisa, inserindo-os implicitamente no arcabouço da unidade didática, a fim de investigarmos de que maneira um estudo com esses valores poderia contribuir com a Educação Científica.

Assim, de forma alternativa aos modos tradicionais, viabilizamos meios para conjugar noções de História e Filosofia da Ciência aos conhecimentos sobre valores cognitivos em uma sequência de ensino, uma vez que estes últimos, assumindo igualmente um papel pedagógico, pudessem favorecer a compreensão dos estudantes sobre questões evolutivas.

Para o emprego didático dos valores cognitivos, realizamos – como dito anteriormente – uma análise axiológica da reconstrução histórica construída. Focando o período darwiniano, evidenciamos e justificamos a expressão de alguns desses valores na teoria da evolução de Darwin, os quais foram intencionalmente inseridos na sequência didática por meio dos textos e atividades. Os valores cognitivos assumiram, assim, a função de “guias cognitivos” durante todo o percurso da sequência.

Ainda no aspecto pedagógico, adotamos a Aprendizagem Significativa Crítica como teoria de aprendizagem fundamentadora da proposta. Nossa opção pela mesma, em detrimento de outras, é justificada pelo fato de compartilhar características compatíveis à sequência pensada, como o incentivo ao pensamento crítico, reflexivo e, sobretudo, questionador, a fim de contribuir para o enfrentamento dos problemas no ensino de evolução, a saber, influências religiosas, axiológicas, filosóficas, míticas, entre outras.

Após a configuração e articulação de todos os referenciais mencionados, construímos a sequência didática planejada tomando o cuidado de

justificar em cada uma de suas etapas as contribuições de cada um dos referenciais adotados.

Tão logo concluímos a construção da sequência (e sua respectiva análise estrutural), iniciamos uma transposição de sua linguagem objetivando aproximá-la do nível cognitivo de seu público alvo, bem como inserir informações de apoio aos professores que viessem aplicá-la. Tal iniciativa resultou em uma nova configuração da sequência construída.

Ao término desses eventos, à luz da Análise Textual Discursiva, submetemos a sequência construída à apreciação de professores de Biologia dos níveis Médio e Superior de Ensino.

Segundo eles, a sequência instrui corretamente seus aplicadores sobre os acontecimentos previstos em cada uma das etapas, possibilitando aos mesmos um bom entendimento sobre os eventos a serem desenvolvidos.

A disposição dos conteúdos (na sequência) foi considerada satisfatória, integradora e coerente às finalidades pedagógicas almejadas, sinalizando a adequada utilização das contribuições da Didática das Ciências na construção da unidade de ensino. Ao se considerar, entretanto, as atividades, discussões e interações previstas na mesma, os professores indicam a necessidade de se ampliar o período estipulado para a aplicação (número de aulas), de modo que as etapas – condicionadas ao ritmo de cada turma – possam ser realizadas integralmente.

De acordo com os mesmos professores, os textos e as atividades normais e complementares foram considerados apropriados, sendo destacado que tais elementos favorecem a participação constante e ativa dos alunos em todo o percurso da unidade. É indicado, porém, que seja realizada uma aproximação ainda maior da linguagem dos textos para o nível cognitivo do público-alvo (alunos da última série do Ensino Básico). O acréscimo de datações, ao longo dos textos, também é indicado para melhor situar – historicamente – os alunos.

Considerar o nível socioeconômico dos alunos também aparece como um fator limitante à aplicação da sequência. Devido à utilização de determinados materiais necessários à realização de algumas atividades da sequência, é mister ponderar sobre a infra-estrutura da escola e as condições sociais dos discentes. É possível que seja necessário promover adaptações.

Outro fator limitante a ser considerado diz respeito ao papel dos professores na aplicação da sequência. De acordo com os dados obtidos por meio dos questionários, fica claro que sua predisposição, domínio do conteúdo e capacidade de problematizar estão intimamente ligados ao interesse dos alunos no cumprimento das etapas da sequência. Sem o incentivo e a valorização docente, os alunos poderão limitar sua participação.

Já os benefícios da abordagem histórico-filosófica, tanto quanto da Aprendizagem Significativa Crítica são percebidos, devido, especialmente, à caracterização dinâmica, explicativa e questionadora que estes referenciais sugerem.

Sobre os valores cognitivos, afere-se que a sequência orienta apropriadamente seus aplicadores sobre a importância e o papel dos mesmos na unidade didática, além de possibilitar a percepção do aumento progressivo desses valores na produção dos alunos, haja vista que as atividades e os textos favorecem tal percepção.

A apresentação do conteúdo “evolução biológica”, por meio da corroboração implícita de valores cognitivos, favorece (segundo os professores) o entendimento da teoria darwiniana com base no reconhecimento do contexto histórico-social em que a mesma se estabeleceu. Assim, devido a sua capacidade de atuar (na sequência) como “filtros” de sistemas de valores não favoráveis ao processo de aprendizagem, a utilização dos valores cognitivos na condição de “guias epistemológicos” é ratificada pelos professores como uma abordagem capaz de favorecer a compreensão dos estudantes acerca dos conceitos científicos evolutivos.

Sem a presunção de termos chegado a uma sequência ideal para o ensino de evolução biológica, reconhecemos a existência de diversos aspectos limitantes e condicionantes à adequada aplicação da sequência. Possivelmente, muitos deles poderão ser mais bem discutidos após aplicações reais da sequência, mediante as quais poderemos melhor realizar os ajustes necessários.

Assim, considerando satisfatória e positiva a elaboração deste trabalho para a área de Ensino de Ciências, estamos certos de que ele não termina por aqui. A bem da verdade, abre-se um leque de novas investigações acerca de inúmeras questões que surgiram ao longo de sua construção. Entre elas, destacamos a necessidade de um aprofundamento sobre a(s) relação(ões) entre o

ensino de evolução biológica e a formação inicial e em serviço dos professores (dada sua expressiva consideração nas análises), bem como o papel e a importância desses profissionais na aplicação de unidades didáticas como a que apresentamos.

De nossa parte, fica o compromisso de realizar aplicações da sequência construída, analisar os resultados e investigar seus desdobramentos para que, então, novas pesquisas sejam iniciadas a fim de contribuirmos ainda mais com a efetivação de uma Educação Científica de qualidade.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, P. C. C. Aspectos metodológicos da recepção da teoria de Darwin. **Ciência e Ambiente**, v. 36, p. 37-56, 2008.

ADURIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO, M. Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v.1, n.3, 2002. Disponível em <<http://www.saum.uvigo.es/rec>>.

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias**. 2001. Tese (Doctorat em didàctica de les Ciències Experimentals) – Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 2001.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; ERDURAN, S. La epistemología específica de biología como disciplina emergente y su posible contribución a la didáctica de La biología. **Revista de Educación en Biología**, Córdoba, v. 6, n. 1, p. 9-14, 2003.

ALEIXANDRE, M. P. J. Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 5, p. 519-535, 2007.

ALMEIDA FILHO, E. E. **A natureza das críticas de Mivart ao papel da seleção natural de Darwin na origem das espécies: uma reconsideração histórica da controvérsia**. Dissertação. São Paulo: PUC-SP, 2008.

ALMEIDA, A. V.; FALCÃO, J. T. da R. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 17-32, 2005.

ALTERS, B. J.; NELSON, C. Perspective: Teaching Evolution in Higher Education. **International Journal of Organic Evolution**, Lancaster, v. 56, n. 10, p. 1891-1901, 2002.

ARAMAN, E. M. de O. **Uma proposta para o uso da história da ciência para a aprendizagem de conceitos físicos nas séries iniciais do ensino fundamental**. 2006. 243 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática do Centro de Ciências Exatas) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. AS IDEIAS de Lamarck. 2009. Disponível em: <<http://biologiafacil.wordpress.com/2009/05/13/as-ideias-de-lamarck/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 4. ed. Campinas, SP: Papirus, 1995.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

BATISTA, I. de L. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 461-476, 2004.

_____. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa em educação científica e matemática. In: NARDI, Roberto. (Org.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil**: alguns recortes. São Paulo: Escrituras, 2007. p. 257-272.

BATISTA, I. de L.; LUCCAS, S. Abordagem histórico-filosófica e educação matemática: uma proposta de interação entre domínios de conhecimento. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 101-133, 2004.

BELLINI, L. M. Avaliação do conceito de evolução nos livros didáticos. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 07-28, jan./abr. 2006.

BISHOP, B. A.; ANDERSON, C. W. Students conceptions of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 27, n. 5, p. 417-427, 1990.

BIZZO, N. M. V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. 312 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BIZZO, N. M. V. From down house/Landlord to brazilian high school students: what has happened to evolutionary knowledge on the way? **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 5, p. 537-556, 2007.

BLUMENTHAL, R. **Official leaves post as Texas prepares to debate science education standards**. 2007. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2007/12/03/us/03evolution.html?_r=1&scp=1&sq=Christine%20Castillo%20Comer%202007&st=cse>. Acesso em: 15 abr. 2009.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto, 1994.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 12. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1991.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica SEMTEC, 1999.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

_____. **Parecer CP n.009, de 08/05/2001**. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. Brasília: Ministério da Educação, 2001

_____. Secretaria Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares para o ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1998.

BRUMBY, M. N. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. **Science Education**, Salem, v. 68, n. 4, p. 493-503, 1984.

CAPONI, G. Biologia evolutiva x biologia funcional. **Episteme**, Porto Alegre, v. 12, p. 23-46, jan./jun. 2001.

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

CARNEIRO, M. H. da S.; GASTAL, M. L., História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CASSINI, A. El problema heurístico en la epistemología evolucionista. **Manuscrito**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 15-43, 1998.

CASTRO, R. S.; CARVALHO, A. M. P. História da ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, 1992.

CRUZ, Eduardo Rodrigues. Ser ou não ser consiliente: eis a questão. **Hist. cienc. saude-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, Dec. 2001. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010459702001000400012&lng=en&nrm=iso>. Access on 20 Feb. 2010. doi: 10.1590/S010459702001000400012.

DAGHER, Z. R.; BOUJAOUDE, S. Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 34, n. 5, p. 429-445, 1998.

DAL-FARRA, R. A. O acaso na biologia evolutiva e as mutações dirigidas/adaptativas: aspectos históricos e epistemológicos. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 154-163, jul./dez. 2006.

DARWIN, C. **A Origem das espécies**. Tradução de Joaquim da Mesquita Paul. Porto: Lello & Irmão Editores, [1859] 2003.

_____. **The life and letters of Charles Darwin, including an autobiographical chapter**. London: John Murray. 1887. v. 2. Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk/content/frameset?viewtype=text&itemID=F1452.2&pageseq=359>> Acesso em: 30 maio 2009.

DARWIN'S HOME PAGE. **Charles Darwin**: biografia. Disponível em: <http://darwinhp.vilabol.uol.com.br/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

DAWKINS, R. Progress. In: KELLER, E.F.; LLOYD, E. A (Ed.). **Keywords in a evolutionary biology**. 3. ed. Cambridge: Harvard University Press, 1995. p. 263-272.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

DEMASTES, S. S.; SETTLAGE JUNIOR, R. J.; GOOD, R. G. Student's conceptions of natural selection and it's role in evolution: cases of replication and comparison. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 32, n. 5, p. 535-550, 1995.

DENNETT, D. C. **A perigosa idéia de Darwin: a evolução e os significados da vida**. Rio de Janeiro: Rocco, 1998.

DOWNES, S. M. Truth, selection and scientific inquiry. **Biology e Philosophy**, Firenze, v. 15, n. 3, p. 425-442, 2000.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; DA ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Maringá, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004a.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; DA ROCHA, P. L. B. **Evolucionismo e criacionismo**. 2004b. Disponível em: <<http://www.comciencia.br>>. Acesso em: 10 maio 2009.

FERNANDEZ, B. P. M. Retomando a discussão sobre o papel dos valores nas ciências: a teoria econômica dominante é (pode ser) axiologicamente neutra?. **Episteme**, Porto Alegre, v. 11, n. 23, p. 151-176, jan./jun. 2006.

FERRARI, M.; CHI, T. H. The nature of naive explanation of natural selection. **International Journal of Science Education**, London, v. 20, n. 10, p. 1231-1256, 1998.

FERREIRA, M. A. Sir Karl Popper e o darwinismo. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 313-322, 2005.

FREIRE-MAIA, N. **Teoria da evolução: de Darwin à teoria sintética**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1988.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.

GALLEGO BADILLO, R.; Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Alemanha, v.3, n.4, artigo 4, 2004. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>.

GALLEGO BADILLO, R.; GALLEGU TORRES, A. P. La formación inicial de professors de ciencias: um problema didáctico y curricular. **Tecné Episteme y Didaxis**, Bogotá, número extra, p. 66-74, 2003.

GALLEGO TORRES, A. P.; GALLEGUO BADILLO, R. Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. **Ciência e Educação**, Bauru, v.13, n.1, p. 85-98, 2007.

GEORGE, W. **As ideias de Darwin**. São Paulo: Cultrix; Ed. Universidade de São Paulo, 1985.

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

GOULD, S. J. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

GRECA, I. M.; DOS SANTOS, F.M.T. Dificuldades da generalização das estratégias de modelação em ciências: o caso da física e da química. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci/?go=artigos&idEdicao=31>>. Acesso em: 15 abr. 2009.

HULL, D. **Filosofia da ciência biológica**. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

HUXLEY, J. **O pensamento vivo de Darwin**. São Paulo: Martins, 1951.

HUXLEY, T. H. **Darwiniana: "a origem das espécies em debate"**. São Paulo: Madras, 2006.

IZQUIERDO, M. La contribución de la teoría del flogisto a la estructuración actual de la ciencia química. Implicaciones didácticas. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.6, n.1, p. 67-74, 1998.

KING, C.; **Darwin e a idade da terra**. 2008. Disponível em: <http://a-evolucao-de-darwin.weblog.com.pt/arquivo/2008/10/post_21>. Acessado em 25 de setembro de 2009

KODI, R. J.; ROACH, L. E. A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school textbooks. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 5, p. 507-518, 2007.

KRAGH, H. **Introdução à historiografia da ciência**. Portugal: Porto, 2001.

LACEY, H. **Valores e atividade científica**. 2 ed. São Paulo: Editora34, 2008.

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

_____. Existe uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais? **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 121-149, 2003.

_____. **Is science value free?** values and scientific understanding. New York: Routledge, 1999.

_____. **Valores e atividade científica**. São Paulo: Discurso, 1998.

LANDOW, G. P. **The victorian web**: literature, history & culture in the age of Victoria. apr. 2007. Disponível em: <http://www.victorianweb.org/science/darwin/rectenwaldimages/5.jpg>. Acesso em: 10 maio 2009.

LAWSON, A. E.; THOMPSON, L. D. Formal reasoning ability and misconceptions genetics and natural selection. **Journal of research in science teaching**, New York, v. 25, p. 733-746, 1988.

LENAY, C. **Darwin**. Tradução de José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

LEVINS, R.; LEWONTIN, R. **The dialectical biologist**. Cambridge: Harvard University Press, p. 303, 1985.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1991.

MAIENSCHEIN, J. Why study history for science? **Biology and Philosophy**. Dordrecht, v. 15, n. 3 p. 339-348, June 2000.

MARICONDA, P. R. O controle da natureza e as origens da dicotomia entre fato e valor. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 453-72, 2006.

MARICONDA, P. R.; LACEY, H. A águia e os estorninhos: Galileu e a autonomia da ciência. **Tempo Social**, São Paulo, v. 13, n. 1, maio, 2001.

MARTINS, E.; FRANÇA, V. Rosinha contra Darwin. **Revista Época**, maio 2004. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Epoca/0,6993,EPT731549-1664-1,00.html>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

MARTINS, L. A. P. A História da ciência e o ensino de biologia. **Ciência & Educação**, Bauru, n. 2, p. 18-21, Dez 1998.

_____. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, L. A. P. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. **Episteme**, Porto Alegre, v.2, n.3, p.33-54, 1997.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de **Ensino** de Física, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAYR, E. **Biologia, ciência única**: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.

_____. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: Ed. UnB, 1998.

_____. **One long argument**. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

MAYR, E. **Uma ampla discussão**: Charles Darwin e a gênese do moderno pensamento evolucionário. Ribeirão Preto: Funpec, 2006.

MIVART, St. G. J. *The Genesis of Species*. 1st. ed., Nova York, D. Appleton, 1871. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/other_texts.html>. Acesso em: 10 maio 2009.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. In: ENCONTRO SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 3., 2000, Lisboa. **Ata...** Lisboa, 2000.

_____. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed Universidade de Brasília, 1999.

_____. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. **Actas...** Burgos, Enpaña, 1997.

NASCIMENTO, E. G. **O uso da história da ciência e do vê de Gowin**: uma proposta de educação científica para professores das séries iniciais do ensino fundamental. 2008. 184 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

NEHM, R. H.; REILLY, L. Biology majors' knowledge and misconceptions of natural selection. **BioScience**, Washington, v. 57, n. 3, p. 263-272, 2007.

OLIVEIRA, D. L. Polêmicas recorrentes na síntese evolutiva. **Episteme**, Porto Alegre, v. 3, n. 6, p. 52-67, 1998.

PAPAVERO, N. et al. **História da biologia comparada**: desde o gênese até o fim do império romano do ocidente. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2000.

PARUELO, J. Enseñanza de las ciencias y filosofía. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 2, p. 329-335, 2003.

PONTE, J.P.; SERRAZINA, L. **Didática da matemática para o 1º ciclo de ensino básico**. Lisboa: Universiade Aberta, 2000.

REGNER, A. C. K, P. Razão, experiência e imaginação na ciência – o caso de Charles Darwin. In: **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. 305-325, 2006.

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

ROBBINS, J.; ROY, P. The natural selection: identifying & correcting non-science student preconceptions through an inquiry-based, critical approach to evolution. **The American Biology Teacher**, Reston, v. 69, n. 8, 2007.

ROSA, V. L. et al. O tema evolução entre professores de biologia não licenciados-dificuldades e perspectivas. In: Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 8., São Paulo, 2002. **Anais...** São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2002.

RUDOLPH, J. L.; STEWART, J. Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications for education. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 5, p. 1069-1089, 2007.

RUIZ, R.; AYALA, F. J. **El método em las ciencias, Epistemología y darwinismo**. México: Fondo de Cultura Económica, 1998.

SALVI, R. F.; BATISTA, I. de L. A análise dos valores da educação científica: contribuições para uma aproximação da Filosofia da Ciência com pressupostos da Aprendizagem Significativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 43-52, 2008.

SANTOS, S. **Evolução biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano da sala de aula**. São Paulo: Annablume: Fapesp, 2002.

SANTOS, S.; BIZZO, N. Como os estudantes entendem evolução biológica? In: Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 6., São Paulo, 1997. **Coletânea...** São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1997. p. 124-126

_____. O ensino e a aprendizagem de Evolução Biológica no cotidiano da sala de aula. In: Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, VII **Anais...** São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2000.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na Escola**. v1, n1, pp. 17-18, 2006.

SERAFINI, A. **The epic history of biology**. United States of America: Perseus Publishing, 1993.

SETTLAGE JUNIOR, J. Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 5, p. 449-457, 2007.

SMITH, M. U. Counterpoint: Belief, understanding, and the teaching of evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, New York. v. 31, n. 5, p. 591-597, 2007.

SOUZA, F. C. M. **Análise do conteúdo evolução em livros didáticos de biologia do ensino médio adotados no estado do Paraná**. 2008. Monografia (Curso de Ciências Biológicas) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes.

SWATS, F. A.; ANDERSON, O. R.; SWET, F. J. Evolution in secondary school biology textbooks of the PRC, the USA, and the latter stages of the USSR. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 31, n. 5, p. 475-505, 2007.

TORRES, A. P G; BADILLO, R. G. Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 85-98, 2007.

UNIVERSIDADE NOVA LISBOA. Faculdade de Ciências e Tecnologia. **Cantinho dos cientistas**. Disponível em: <<http://campus.fct.unl.pt/dgaia/index2/cientistas/Darwin/darwin1.html>>. Acesso em: 10 maio 2009.

VAN WYHE, John. **The complete work of Charles Darwin online**. 2002. Disponível em: <<http://darwin-online.org.uk/>>. Acesso em: 10 maio 2009.

WEISSMANN, H. (Org). **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WORTMANN, M. L. C. É possível articular a Epistemologia, a História da ciência e a didática no ensino científico? **Episteme**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 59-72, 1996.

ZABALA, A. **A Prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZAMBERLAN, E. S. J. **Contribuições da história e filosofia da ciência para o ensino de evolução biológica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina.

ZIR, A. **Hugh Lacey: valores científicos e sociais – com base em que discordar?** Disponível em: <<http://www.triplov.com/email/lacey/index.htm>>. Acesso em: 22 jul. 2008.

ZOUBEIDA, R. D.; BOUJAOUDE, S. Scientific views anal religious beliefs of college students: the case of biological evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 34, n. 5, p. 429-445, 1997.

APÊNDICE

APÊNDICE A

Textos com Análise Estrutural

Aspectos históricos do Pensamento

Evolutivo (1ª Parte)

Dos gregos ao pensamento cristão

Embora os antigos gregos possuísem a ideia de um mundo dinâmico, a explicação não estática da origem dos seres vivos deu lugar à filosofia de Platão, que foi incorporada à teologia cristã e teve um efeito

dominante e permanente sobre o pensamento ocidental. A **filosofia platônica** compreendia o conceito de *eicos*, a "forma" ou "ideia". A "ideia" era entendida como uma **essência eterna, imutável**. Os seres vivos que vemos no mundo físico, de acordo com Platão, são apenas cópias imperfeitas dos seres vivos perfeitos, verdadeiros, que existem no mundo das ideias. (Figura acima – A Escola de Atenas. Aristóteles e Platão ao centro)

A **teologia cristã**, por sua vez, assumindo a criação de todos os organismos em sua forma atual, também incorporou o essencialismo platônico no conceito de plenitude. *Todos os organismos deviam ter sido criados no começo, e nada que Deus considerou apropriado criar poderia se extinguir, porque negar a existência de qualquer coisa em qualquer tempo introduziria imperfeição em sua criação.* Uma vez que a ordem é claramente superior à desordem, as criações de Deus adequavam-se segundo um padrão: a *Scala Nature*, ou Grande Escala dos Seres. Essa "escada da vida", percebida na **gradação entre as matérias inanimada e animada**, passando pelas plantas, animais, seres humanos, até os anjos e outros seres espirituais, deveria ser perfeita e não apresentar lacunas; ela deveria ser permanentemente imutável, e todo ser teria seu lugar fixado de acordo com o plano de Deus. Nesta perspectiva, o **papel das ciências naturais** consistiria em **catalogar os elos da Grande Escala dos Seres** e descobrir sua **ordenação** de tal modo que a sabedoria de Deus fosse revelada e reconhecida.

Entretanto, em meados do século XIV, segundo Mayr (1998), as navegações, a Reforma e a revolução científica nas Ciências Físicas, entre outras coisas, evocaram uma interpretação mais racional para as questões da natureza, criticando as explicações sobrenaturais. Especificamente por consequência das navegações,

Este texto encontra-se dividido em cinco partes. Trata-se de uma síntese da epistemologia do conhecimento evolutivo, desde os gregos até o período pós-síntese evolutiva. Sua organização obedece uma perspectiva histórica por meio da qual são apresentados alguns dos principais eventos do desenvolvimento do pensamento biológico no âmbito evolutivo.

Para a sistematização deste texto, além da abordagem histórica, utilizamos (de forma implícita) os valores cognitivos evidenciados na análise axiológica de nossa reconstrução histórica da teoria da evolução de Darwin.

Nossa intenção consistiu em combinar noções de História e Filosofia da Ciência aos conhecimentos sobre valores cognitivos, uma vez que estes últimos, assumindo também um papel didático, são utilizados para favorecer a compreensão dos estudantes sobre questões evolutivas.

Neste trabalho, portanto, utilizamos valores cognitivos como instrumentos pedagógicos na condição de "filtros epistemológicos" ou simplesmente "filtros cognitivos". Em outras palavras, utilizamos os valores cognitivos visualizados na teoria da evolução de Darwin, como instrumentos capazes de "filtrar" outros sistemas de valores (não cognitivos) reconhecidamente presentes e incompatíveis com os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos de evolução biológica.

Para esta análise estrutural destacamos, ao longo do texto (especificamente na 3ª parte), os valores cognitivos utilizados em sua sistematização.

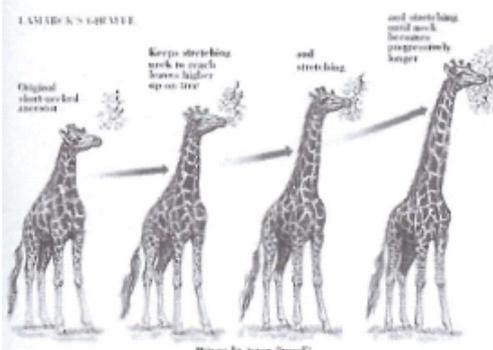
As transformações no mundo científico da época ainda continuavam intensas. Os mundos orgânico e inorgânico estavam sendo criteriosamente estudados pelos filósofos. Os telescópios haviam aberto um novo e interessante campo de investigação – o universo infinito – ao mesmo tempo em que a vida era observada em gotas d'água nos microscópios.

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (2ª Parte)

Lamarck – louco ou injustiçado?

O primeiro defensor da evolução biológica foi Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Lamarck não afirmou que os seres vivos descendiam de ancestrais comuns, mas tinha uma explicação de duas partes para justificar porque as espécies mudam. O principal mecanismo por ele proposto era uma "força interna" – a existência de um mecanismo desconhecido no interior dos organismos que os levaria a gerar uma prole levemente diferente de si próprios. Desta maneira, quando as mudanças se acumulassem ao longo de muitas gerações, a linhagem estaria visivelmente transformada, talvez o suficiente para tornar-se uma nova espécie. O segundo mecanismo de Lamarck (e possivelmente o de menor importância para ele) é aquele pelo qual ele é lembrado hoje: a herança de caracteres adquiridos. À medida que um organismo se desenvolve, ele adquire muitos caracteres individuais devido à sua história particular de acidentes, doenças e exercícios musculares. Lamarck sugeriu que uma espécie poderia ser transformada se essas modificações adquiridas individualmente fossem herdadas pela progênie do indivíduo.

Jean-Baptiste Lamarck (figura ao lado), por vezes é lembrado injustamente como alguém que esteve errado sobre a evolução dos seres vivos. A herança das características adquiridas, da qual sua teoria "dependia", não era, entretanto, original. Era uma crença geral que o próprio Darwin incorporou em *A Origem das Espécies*. Lamarck merece respeito como o primeiro cientista que destemidamente defendeu a evolução e tentou apresentar um mecanismo para explicá-la. Suas ideias foram rejeitadas quase universalmente, não porque ele abraçava a herança das características adquiridas, mas porque os principais naturalistas de então não reconheciam evidências de evolução biológica. Particularmente Georges Cuvier (1769-1832), o fundador da Anatomia Comparada e um dos biólogos e paleontólogos mais respeitados do século XIX, criticou duramente Lamarck, argumentando que o registro fóssil não revelava séries graduais intermediárias de ancestrais e descendentes, e que os organismos são tão harmoniosamente construídos e perfeitamente adaptados que qualquer mudança destruiria a integridade de sua organização. Lamarck, considerando os estudos de Georges Buffon (1707-1788), após fazer uma reclassificação dos organismos, chegou a alguns questionamentos. Entre eles estão: Por que as asas de alguns pássaros eram tão longas enquanto de outros eram tão curtas? Por que algumas possuíam bicos curvos e outras, retos? Suas afirmações foram categóricas: "no decorrer de uma vida, um pássaro esforçava-se por adquirir algumas coisas: havia pássaros que queriam ser pernaltas e pássaros que queriam comer nozes. Assim, os pernaltas se esforçavam ao máximo para esticar as pernas e entrar na água mais profunda e os quebra-nozes se esforçavam ao máximo para partir nozes maiores e mais duras. As pernas se alongavam e os bicos se fortaleciam enquanto os pássaros se empenhavam cada vez mais em atingir seus objetivos, e uma parte desse progresso circulou na corrente sanguínea até alcançar as células reprodutoras e ser transmitida às suas descendências (GEORGE, 1985, p.13).



A evolução do pescoço das girafas

Outro exemplo clássico das suposições de Lamarck consiste em sua explicação para o tamanho dos pescoços das girafas. Segundo ele, "girafas ancestrais haviam se esticado para atingir folhas mais altas nas árvores. O esforço fez com que seus pescoços se tornassem levemente maiores. Seus pescoços mais longos foram herdados pela sua prole, a qual iniciou a sua vida com uma propensão a ter pescoços mais longos do que os de seus progenitores. Depois de muitas gerações de alongamento de pescoço, o resultado foi o que vemos hoje (RIDLEY, 2006, p. 32).

Por vezes, as afirmações de Lamarck chegaram a ser caricaturadas devido ao fato de muitos não aceitarem o "esforço" das girafas como uma ação consciente e desejada. Entretanto, é importante ressaltar que a teoria, de fato, não assumia esse "esforço" consciente por parte dos organismos, apenas defendia a flexibilidade no desenvolvimento

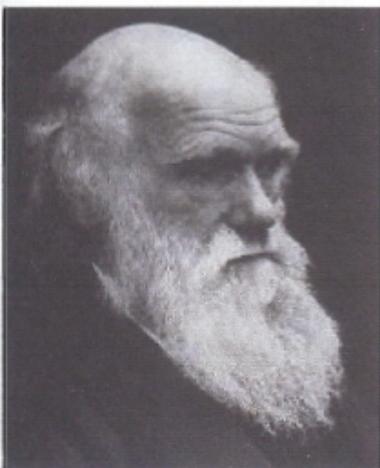
individual e a herança dos caracteres adquiridos. Certamente, as proposições de Lamarck incomodaram e fizeram com que as discussões sobre evolução biológica assumissem um lugar central na comunidade científica da época, predominantemente fixista, ou seja, crente na forma fixa e imutável das espécies. Porém, ninguém antes de Darwin havia chegado a uma teoria tão logicamente satisfatória para explicar as mudanças das espécies (RIDLEY, 2006).

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo

(3ª Parte)

Darwin e *A origem das espécies*

A carreira de **Charles Robert Darwin** (1809-1882), (figura abaixo)



começou com sua **viagem** a bordo do navio **Beagle**, de 27 de dezembro de 1831 a 2 de outubro de 1836, como **naturalista** de bordo. Durante a viagem, Darwin coletou inúmeros espécimes de vida terrestre. Com suas observações (nas selvas brasileiras, nos pampas argentinos, nos Andes, etc...), percebeu as adaptações (dos organismos) que aconteciam em cada ambiente e estava perplexo com as peculiaridades da distribuição geográfica das mesmas. (A figura abaixo ilustra a trajetória do Beagle).

Nas ilhas Galápagos, por exemplo, ao realizar uma coleta de pássaros (tentilhões), Darwin não se preocupou em fazê-la ilha por ilha, sobretudo

porque não idealizou a importância que a fauna e a flora teriam para ele

futuramente. Por certo, não havia a certeza de que aqueles pássaros pudessem ser de uma mesma espécie. Todavia, ao retornar para a Inglaterra, ornitólogos indicaram-lhe que seus espécimes de tentilhões das ilhas Galápagos eram tão diferentes de uma ilha para outra que chegavam



a representar espécies diferentes. **Com essa informação, Darwin começou a perceber que a origem e a adaptação ao meio eram processos muito relacionados.** Tal revelação parece ter levado Darwin a **duvidar da imutabilidade das espécies** e a **começar a juntar as evidências para uma "transmutação" dos organismos.** Ele estava preocupado não somente em agrupar evidências de evolução, mas também em propor um mecanismo que pudesse explicá-las. A teoria da **seleção natural** começou a emergir em 28 de setembro de 1838 quando, como Darwin rememora em sua autobiografia: "aconteceu de eu ler, como entretenimento, o ensaio de Malthus sobre população e, estando bem preparado para avaliar a luta pela existência que prossegue em toda parte pela longa e continuada observação dos hábitos de animais e plantas, imediatamente percebi que, sob estas condições, variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas" (DARWIN, 2003 [1859] p. 98). Assim, Darwin entendeu que a evolução dos seres vivos poderia ser explicada por meio de um mecanismo de seleção, a **seleção natural**, um processo logicamente simples, cujo enunciado básico pode ser assim descrito: *por haver luta pela sobrevivência entre os organismos, o nível de mortalidade de cada geração será alto. Deste modo, apenas os mais adaptados sobreviverão. A natureza, por sua vez,*

Não evidenciamos no texto a expressão dos valores cognitivos "certeza" e "verdade" na teoria da seleção natural. Pensamos que os critérios utilizados para a escolha dos outros valores não servem para justificar (ou determinar) a escolha desses valores cognitivos em particular. Poderíamos pensar que esses valores estão presentes na natureza dos valores cognitivos e, talvez, pudessem ser classificados como "metavalores cognitivos".

Aqui enfatizamos a primeira manobra de Darwin no sentido de comprovar suas hipóteses: um esforço que, posteriormente, envolveu a expressão dos valores cognitivos "adequação empírica" e "consistência".

Neste trecho do texto, enfatizamos o valor cognitivo "simplicidade".

provê um número infinito de variações e, devido à sobrevivência dos mais adaptados, os avanços evolutivos acontecem. A clareza utilizada por Darwin no desencadeamento lógico da teoria, bem como a coerência de suas afirmações, tornaram inevitável sua posterior aceitação.

Vinte anos se passaram entre esse memorável evento e a primeira publicação de Darwin sobre o assunto. Talvez por receio da hostilidade que as especulações de Lamarck tinham encontrado, Darwin se ocupou em acumular evidências sobre sua teoria para a evolução dos seres vivos.

Em junho de 1858, Darwin recebeu um manuscrito intitulado "Sobre a tendência das variedades de se afastarem indefinidamente a partir do tipo original", de autoria de um jovem naturalista, **Alfred Russel Wallace** (1823-1913). Coletando espécimes biológicos na América do Sul e no arquipélago malaio, **Wallace concebeu, independentemente, a seleção natural**. A bem da verdade, a percepção de ambos consistiu no reconhecimento de que a variação entre os organismos individuais de uma espécie não era mera imperfeição, mas sim o material a partir do qual a seleção poderia moldar formas de vida mais bem adaptadas.

Em 1º de julho de 1858, Darwin apresentou partes de um ensaio de 1844 (com suas ideias sobre seleção natural), juntamente com os manuscritos de Wallace em uma reunião da Linnaean Society de Londres. Entretanto, nem a apresentação ou a publicação destes ensaios obtiveram reconhecimento. Seguindo o conselho de amigos, Darwin publicou em 24 de novembro de 1859 "**A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida**" – um livro que esgotou sua primeira impressão em um dia e pôs em movimento uma controvérsia que ainda não desapareceu inteiramente. **A Origem das espécies contém duas proposições distintas: (1) que todos os organismos descenderam com modificação a partir de ancestrais comuns, e (2) que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual.**

Darwin foi o primeiro a ordenar em grande escala a evidência da primeira tese, a realidade histórica da evolução, recorrendo a todas as fontes importantes de informação: o registro dos fósseis, a distribuição geográfica das espécies, anatomia e embriologia comparadas e a modificação de organismos domesticados.

Todavia, a **seleção natural convenceu poucos** e, na realidade, **caiu cada vez mais em descrédito até o final dos anos vinte do século XX**. O conceito de "luta pela existência" tinha sido empregado para explicar a extinção das espécies, mas, enquanto as espécies fossem vistas como essências platônicas ou "tipos", a seleção teria um alcance limitado – não poderia dar origem ao novo.

Novamente, evidenciamos a preocupação empírica de Darwin para com suas proposições bem como os cuidados com a sistematização da teoria – empreendimentos que suscitaram a expressão dos valores cognitivos "adequação empírica" e "consistência".

Os buscar por evidências (registro fóssil, estudos geográficos, anatômicos, fisiológicos, embriológicos, entre outros), para sustentar sua teoria, evidenciamos novamente os valores cognitivos "adequação empírica" e "consistência".

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo

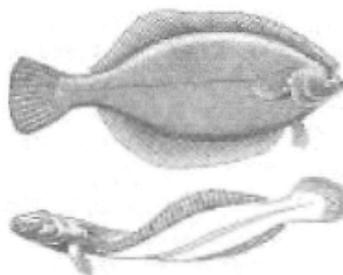
(4ª Parte)

No âmbito científico, muitas foram as críticas apresentadas à teoria da seleção natural. Como exemplo, apresentamos uma das críticas de George Jackson Mivart (1827-1900), zoólogo e anatomista britânico.

Com este exemplo, para a explicação do desenvolvimento e do deslocamento dos olhos dos *Pleuronectidae*, enfatizamos os valores cognitivos "adequação empírica" e "poder explicativo".

O CASO DOS OLHOS DOS PEIXES ACHATADOS

O ponto central dessa discussão entre Mivart e Darwin envolveu um debate acerca do desenvolvimento e do deslocamento dos olhos dos peixes achatados (*Pleuronectidae*), como na (foto ao lado). Assim como Darwin, Mivart acreditava na seleção natural para explicar a evolução dos seres vivos, entretanto, Mivart argumentava que a mesma não seria capaz de explicar (sozinha) o desenvolvimento e o deslocamento dos olhos dos peixes achatados *Pleuronectidae*.



Darwin, não havia elaborado uma explicação para um caso tão específico como este. Sua argumentação mais próxima encontra-se no capítulo 6 de *A Origem*, oferecendo explicações acerca de órgãos com grande complexidade, como no caso dos olhos. Baseado nas descrições de outros pesquisadores, Darwin elabora uma explicação para o desenvolvimento do olho, partindo de estudos com animais marinhos, como certas estrelas-do-mar e os olhos compostos de alguns insetos. Suas conclusões foram de que a teoria da descendência com modificação seria responsável pelo desenvolvimento de tal estrutura – o olho:

[...] sempre observando atentamente cada mudança ligeira nas camadas transparentes; e preservando cuidadosamente cada alteração que, sob variadas circunstâncias, de algum modo ou em algum grau, sejam capazes de produzir uma imagem mais distinta. Nós devemos supor que cada novo estágio do instrumento será multiplicado por milhões de vezes; sendo cada um preservado até que um olho melhor seja produzido, e então os olhos antigos serão todos destruídos. Nos seres vivos, a variação produzirá pequenas alterações, a geração irá multiplicá-los quase que infinitamente, e a seleção natural irá escolher com infalível capacidade cada aperfeiçoamento (DARWIN, 1872, p.227 apud ALMEIDA FILHO, 2008, p. 58).

A objeção de Mivart às conclusões de Darwin para o caso da origem e o desenvolvimento dos olhos dos peixes achatados (como o linguado, por exemplo), voltou-se para a condição assimétrica de suas cabeças e de seus olhos. Mivart argumentou que nos filhotes desses animais, os olhos localizam-se um de cada lado da cabeça. Porém, em estágio adulto, os mesmos olhos dispõem-se pareamente em um mesmo lado da cabeça. Partindo deste ponto e, além de considerar que tais organismos tivessem uma origem geológica bastante recente, **Mivart apresenta duas questões controversas às argumentações de Darwin:**

- ◆ Para o caso de uma explicação de caráter saltacionista, se esta condição (dois olhos de um mesmo lado da cabeça), fosse aceita como resultado de uma origem súbita, a perpetuação de tal característica seria incabível no âmbito da seleção natural;
- ◆ A hipótese de desenvolvimento gradual (deslocamento gradual de um olho para perto do outro) seria um empreendimento bastante

improvável e incapaz de sugerir qualquer vantagem aos *Pleuronectidae*. Tal possibilidade de transformação, portanto, seria rudimentar (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 58).

Com o designio de responder às críticas, Darwin – além de recorrer a trabalhos de outros pesquisadores – inicia um estudo bastante detalhado sobre a anatomia, o comportamento e os estágios de desenvolvimento desses peixes. Quanto às suas conclusões acerca das características anatômicas, Darwin destacou:

- Os peixes achatados (*Pleuronectidae*) apresentam uma desarmonia corporal característica. Na maioria dos casos sua disposição ventral ocorre sobre o lado esquerdo. Contudo, há casos em que a situação inversa também acontece. Em outros casos, ainda, as disposições podem mudar ao longo das diversas fases de desenvolvimento desses organismos;
- Quanto aos olhos, quando em animais jovens, estão realmente dispostos em regiões opostos da cabeça, em harmonia com os dois lados do animal. Na fase adulta, porém, o olho localizado ao lado inferior da cabeça (futura parte ventral), desloca-se lentamente até a parte superior da cabeça, pois, de outro modo, não poderia ser usado pelo peixe, haja vista que em sua posição original acabaria encoberto pela estrutura corporal e sujeito às agressões provocadas pelos detritos do leito arenoso do mar.

A partir dessas colocações, Darwin justificou suas afirmações anteriores e respondeu as críticas, sugerindo que os *Pleuronectidae* apresentariam tal disposição ocular, além de sua estrutura corporal assimétrica e achatada, em função de seus hábitos de vida, para os quais – por força da seleção natural – destacam-se alguns fatores (embora não únicos), responsáveis pela conservação de tais vantagens, como "a proteção de seus inimigos, e a facilidade para se alimentar no solo [arenoso]" (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 69).

De fato, a teoria da seleção natural mudou a maneira de compreender os organismos, suas relações entre si e com o mundo. A busca por respostas de questões relativas ao plano da adequação empírica sugeriu novos modos de investigação científica, como a utilização do método hipotético-dedutivo, por exemplo.

Além disso, a teoria impulsionou o desenvolvimento de outras ciências como os estudos paleontológicos e geológicos que projetaram-se ao encontro de evidências que pudessem dar suporte às informações apresentadas. Atualmente, sobretudo como herança do período da síntese, inúmeras são as áreas que se especializaram em resposta às descobertas da teoria, entre as quais estão a Biologia Molecular, a Genética, a Embriologia, a Genômica e muitas outras.

Ênfase ao valor cognitivo "consiliência".

Ênfase ao valor cognitivo "fecundidade".

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (5ª Parte)

Teoria Sintética da Evolução ou neodarwinismo

Teoria Sintética da Evolução

Mesmo diante da lógica explicativa da teoria de Darwin, algumas lacunas fortaleciam a rejeição da evolução por meio da seleção natural. O ponto mais vulnerável às críticas era a ausência de explicações consistentes para os mecanismos de hereditariedade (compatíveis com a teoria da evolução das espécies). Entretanto, Darwin morreu antes encontrar uma solução para esse 'enigma'.

Ironicamente, as respostas para as questões da hereditariedade já haviam sido encontradas pelo religioso Gregor Mendel (1822-1884), e por ele anunciadas no ano de 1865. Ao aplicar conhecimentos matemáticos a estudos de Biologia, Mendel demonstrou – por meio do cultivo de ervilhas – que a presença de diferentes caracteres, em gerações consecutivas, seguia uma determinada proporção estatística deduzida por meio da observação. Assim, após alguns anos, uma sequência de inúmeras e repetidas experiências lhe permitiram estabelecer as leis que regem a hereditariedade. Entretanto, suas descobertas foram ignoradas durante muitos anos e nem mesmo Darwin chegou a conhecê-las. Apenas por volta de 1900, os botânicos De Vries, Correns e Tschermak, trabalhando independentemente, publicaram estudos sobre a questão da hereditariedade, fazendo emergir as descobertas que Mendel havia antecipado há trinta e cinco anos.

A partir da segunda década do século XX, as pesquisas sobre a **genética mendeliana** tornaram-se um empreendimento de grandes proporções. As pesquisas preocupavam-se com muitos problemas, a maioria dos quais tinham mais a ver com genética do que com biologia evolutiva. Porém, para a teoria da evolução biológica, o principal problema era reconciliar as ideias de Darwin à teoria mendeliana da genética.



Para demonstrar que a seleção natural poderia operar com a genética mendeliana, entre as décadas de 1930 e 1950, nos Estados Unidos, um movimento

denominado *Síntese Evolutiva* estabeleceu os alicerces atuais da Biologia, trabalhando pela união de suas diferentes áreas na perspectiva evolutiva. Este período não foi caracterizado por grandes descobertas, mas por uma significativa organização de conhecimentos, refutação das teorias remanescentes contrárias à seleção natural e, sobretudo, por uma educação recíproca entre as áreas da Biologia. O trabalho teórico foi realizado principalmente (pois existem outros colaboradores) e de forma independente por R. A. Fisher, J. B. S. Haldane e Sewall Wright (foto acima). A síntese da teoria da seleção natural de Darwin com a teoria mendeliana da hereditariedade, feita por eles, culminou no que é conhecido como **neodarwinismo ou teoria sintética da evolução ou síntese moderna**.

O ponto central do neodarwinismo consistiu no desenvolvimento de um consenso sobre a natureza da mudança genética, ou seja, sobre o entendimento de como ocorrem mudanças nos seres vivos: por mutações e recombinação gênica. A teoria de Darwin agora possuía aquilo que necessitava por meio século: uma base firme em uma teoria da hereditariedade bem testada. De acordo com Futuyma (1992), a grande vantagem do neodarwinismo consiste em sua capacidade de generalizar explicações, assumindo um total poder explicativo quando conceitos como 'seleção' e 'frequência' gênica são aplicados ao estudo de característica dos organismos, tais como reprodução, fisiologia, morfologia e outros.

Corroboração da Genética ao Darwinismo – evidenciando o "poder explicativo" e a "consistência" da teoria da seleção natural".

A partir da genética de populações, a síntese moderna espalhou-se por outras áreas da biologia evolutiva. A incorporação dos conhecimentos provenientes da Genética foi fundamental para que grandes teorias evolutivas adversas à seleção natural fossem rejeitadas. Além disso, com a descoberta de que cada indivíduo possui uma carga genotípica única, o essencialismo também pôde ser refutado.

De fato, os desdobramentos das novas descobertas dos mecanismos evolutivos, no período da síntese, acabaram por confirmar o conceito Darwiniano de que a seleção natural, ao agir sobre as variações dos indivíduos, resulta em mudanças evolutivas adaptativas.

Ênfase ao valor cognitivo "consistência" na teoria da seleção natural, ratificado pela Genética.

APÊNDICE B
Quadro de Identificação dos Professores

1- Dados pessoais		
Nome:		
Endereço:		
Telefone:	E-mail:	
2- Formação acadêmica (inicial)		
<input type="checkbox"/> Licenciatura em Ciências Biológicas	<input type="checkbox"/> Bacharelado em Ciências Biológicas	
<input type="checkbox"/> Outro curso de graduação:		
Ano de conclusão:	<input type="checkbox"/> Instituição estadual	<input type="checkbox"/> Instituição privada
3- Cursos de pós-graduação		
<input type="checkbox"/> Especialização	Área:	
<input type="checkbox"/> Mestrado	Área:	
<input type="checkbox"/> Doutorado	Área:	
4- Experiência na docência		
Tempo (anos):	Séries trabalhadas:	
<input type="checkbox"/> Rede estadual de ensino	<input type="checkbox"/> Rede particular de ensino	
5- Consentimento		
Diante do compromisso ético de mantermos preservada sua identidade, você concorda em participar desta pesquisa uma vez que os dados coletados serão objeto de estudo e poderão ser divulgados em futuras publicações científicas?		
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Assinatura: _____		
6- Para uso do pesquisador		
Código:	Data:	
Local:		

APÊNDICE C

Roteiro para Análise da Sequência Didática

Como já mencionamos no corpo teórico do trabalho, devemos melhor situar o papel dos professores nesta sequência didática, conscientizando-os a respeito de cada fase da proposta. Reconhecemos que para o caso de uma sequência composta por tantas etapas será mister assegurar que os objetivos desejados não sejam perdidos de vista. Assim, para um maior entendimento sobre a disposição de suas partes, antes de apresentarmos a sequência propriamente dita, chamamos a atenção dos professores para algumas questões:

a) Em relação aos aspectos gerais de sua composição:

- Os textos, atividades e recursos didáticos utilizados foram extraídos e adaptados de dez aulas sobre o ensino de evolução biológica, disponíveis no portal do MEC no endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>, no ícone “Espaço Aula”. Segundo as informações deste site, no “Espaço Aula” professores interessados podem para criar, visualizar e compartilhar aulas de todos os níveis de ensino. As aulas podem conter recursos multimídia como vídeos, animações, e áudios, importados do próprio portal ou de endereços externos. Qualquer professor pode criar, colaborar, desenvolver aulas individualmente ou em equipe, além de pesquisar e explorar o conteúdo das mesmas. Abaixo, especificamos as aulas utilizadas.

Aula nº 01

Título: História do Pensamento Evolutivo

Autor e co-autor: Caio Samuel Franciscati da Silva e Taís Carmona Lavagnini

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=582>

Aula nº 02

Título: Mecanismos Evolutivos

Autor e co-autor: Caio Samuel Franciscati da Silva e Taís Carmona Lavagnini

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=586>

Aula nº 03

Título: Tempo Geológico e Evolução

Autor e co-autor: Caio Samuel Franciscati da Silva e Taís Carmona Lavagnini

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=581>

Aula nº 04

Título: Cladogramas - As Árvores da Vida

Autor e co-autor: Caio Samuel Franciscati da Silva e Taís Carmona Lavagnini

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=588>

Aula nº 05

Título: Teorias da Evolução

Autor e co-autor: Andrea da Silva Castagini e Eziquiel Menta

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=651>

Aula nº 06

Título: A Evolução dos Seres Vivos – 1 / A intencionalidade ou casualidade do processo

Autor e co-autor: Alfredo Francisco Pliessniq e Eziquiel Menta

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=748>

Aula nº 07

Título: A Evolução dos Seres Vivos – 2 / Teorias Evolucionistas

Autor e co-autor: Alfredo Francisco Pliessniq e Eziquiel Menta

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=751>

Aula nº 08

Título: Seleção Natural

Autor e co-autor: Andrea da Silva Castagini e Eziquiel Menta

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=757>

Aula nº 09

Título: Evolução: Seleção Natural e Especiação

Autor e co-autor: Ubiratã de Souza Dias

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=1740>

Aula nº 10

Título: Evoluindo conceitos

Autor e co-autor: Roberto Ternes Arrial e Maria das Graças Machado de Souza

Endereço eletrônico: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=388>

b) Em relação aos aspectos estruturais de sua disposição:

- **A 1ª coluna – etapas:** corresponde a uma divisão realizada para melhor caracterizar as etapas da sequência em sua perspectiva geral. Tais etapas compreendem: problematização, obtenção de concepções prévias, deliberação, fontes de informação, pesquisa, introdução de conceitos científicos, apresentações e síntese, atividades, feedback das atividades e divulgação do processo.
- **A 2ª coluna – sequência didática adaptada para o ensino do conteúdo “evolução biológica”:** apresenta a sequência didática desenvolvida para o ensino de evolução.
- **A 3ª coluna – informações ao professor:** contém informações complementares aos professores que estiverem trabalhando a sequência didática.

c) Aspectos a serem observados pelos professores antes da aplicação:

- As etapas desta sequência (que são 09), não correspondem ao número total de aulas necessárias para aplicar esta unidade didática. Portanto, indicaremos um número aproximado de etapas a serem cumpridas em cada uma das aulas necessárias;
- Trabalhar com questionamentos durante o percurso da sequência, estimulando os estudantes à reflexão, será de fundamental importância, pois, os referenciais de aprendizagem utilizados em sua fundamentação evidenciam inúmeras contribuições para este tipo de interação nos processos de ensino e de aprendizagem. Deste modo, sempre que possível deve-se questionar e estimular os alunos a serem “agentes questionadores”, em detrimento de posturas passivas, acríticas e irreflexivas;
- O tema “evolução dos seres vivos” é bastante controverso, pois esbarra em sistemas de valores subjetivos dos alunos. Muitos reconhecem a teoria criacionista (ou outras) como a mais provável explicação para as questões

evolutivas. Neste cenário, por conseguinte, é importante fazer com que tais alunos compreendam que estudar “evolução” por meio de explicações científicas não significa – necessariamente – abrir mão de suas crenças pessoais. Eles devem ser conscientizados, no entanto, que além deste conteúdo pertencer ao currículo da disciplina de Biologia, entendemos ser no mínimo “razoável” a aquisição de conhecimentos acerca das teorias científicas que explicam o surgimento da vida e sua modificação ao longo do tempo;

- **Ao estudar espécies contemporâneas, devem ser evitadas expressões do tipo “mais evoluído” e “menos evoluído”,** já que todos estão no mesmo ponto de evolução – que é seu estado atual. Além disso, a comparação de animais quanto a grau de evolução pode induzir ao raciocínio de que a evolução e a seleção natural são eventos direcionados, com propósitos determinados, chegando, ao final do processo, à obtenção de organismos perfeitos. Tal raciocínio contradiz as mais básicas premissas da teoria da evolução de Darwin e costumam ser típicos de teorias concorrentes.
- Compreender, analisar e interpretar a história da vida na Terra segundo uma perspectiva evolutiva, objetiva (nesta sequência didática), substituir o ensino de uma Biologia classificatória e estanque pelo ensino de uma Biologia dinâmica, histórica e reflexiva, que reúne e interpreta o passado para explicar o presente e vice-versa.
- A visão de Ciência como processo dinâmico e fruto da ação humana deverá ser favorecida nesta sequência didática. Pensamos que (re)conhecer o desenvolvimento do pensamento biológico no escopo evolutivo, partindo do pensamento grego até a teoria sintética da evolução, poderá favorecer a compreensão dos alunos acerca das transformações sofridas no conceito de “evolução” ao longo do tempo e dos diferentes sistemas sociais.
- A seleção natural, ou qualquer outro mecanismo evolutivo, tais como a deriva genética, as migrações e as mutações, não são providenciais. Neste sentido, entendemos que estes mecanismos são meros favorecedores da

sobrevivência e do maior sucesso reprodutivo de alguns indivíduos em comparação a outros de uma mesma população, sob quaisquer condições ambientais que estejam prevalecendo em um determinado momento. Desta maneira, estes mecanismos não provêm uma espécie para enfrentar mudanças ambientais futuras e também não apresentam direção. Assim como os ambientes variam, também o fazem os agentes da seleção natural, tais como recombinação e mutação. Embora tendências evolutivas possam ser percebidas em certos grupos de organismos, não se pode esperar uma direção consistente na evolução biológica de qualquer linhagem, muito menos, uma direção a causas finais e eficientes.

d) Informações complementares aos professores

Professor, caso sinta a necessidade de enriquecer a sequência didática apresentada ou mesmo substituir alguma de suas atividades, indicamos (abaixo) alguns endereços eletrônicos (sites, links e softwares), nos quais você encontrará uma variedade de atividades complementares, textos, simuladores, avaliações e recursos midiáticos que poderão contribuir com o ensino do tema “evolução biológica”. Advertimos, porém, que são meras sugestões de escolha particular, pois, os conteúdos presentes em cada um dos endereços foram considerados segundo sua atual disposição, motivo pelo qual isentamo-nos da garantia de sua confiabilidade diante de futuras alterações realizadas por seus idealizadores.

Assunto	Endereço eletrônico
Seleção Natural	http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/moscas/189.swf
Informações sobre a História do pensamento evolutivo abordando temas como História Terra, História da Vida, Mecanismos Evolutivos e Desenvolvimento e Genética (em inglês)	http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/history_01
Refutação científica da abiogênese	http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/11008/redi.swf
Para favorecer a compreensão da magnitude dos 4,6 bilhões de anos de idade da Terra	http://www.moderna.com.br/moderna/didaticos/em/biologia/temasbio/transparencias/populacoes_11.pdf
Para a construção de Cladogramas	http://biosonialopes.editorasaraiva.com.br/navitacontent/userFiles/File/SoniaLopes_Powerpoints/SoniaLopes_Atividades/cladogramas.pdf
Diversos temas sobre Evolução e Biologia em geral	http://www.universitario.com.br/ceilo/index2.html
Livros de Biologia para download	http://www.biocistron.blogspot.com/
Imagens livres para retro-projetor	http://www.creativecommons.org.br/

APÊNDICE D

Texto de Apoio ao Professor para Análise da Sequência Didática

VALORES E ATIVIDADE CIENTÍFICA

Professor, algumas visões tradicionais sobre a Filosofia da Ciência sugerem que os conhecimentos adquiridos por meio da atividade científica são obtidos sem a influência de sistemas de valores. Entretanto, nos últimos anos, essa visão tradicional tem sido consideravelmente criticada. A compreensão das atividades científicas mediante seus contextos histórico-sociais apresenta-se como uma nova maneira de entender a dinâmica da ciência.

Dentre os autores que estudam o papel dos valores nas práticas científicas, o filósofo Hugh Lacey tem dedicado grande parte de seus trabalhos a essa discussão. Suas considerações esclarecem que as ações humanas, incluindo as científicas, são intrinsecamente permeadas por sistemas de valores. Segundo Lacey, dos objetos sagrados às teorias científicas, o papel desempenhado por eles é inevitavelmente relevante.

No âmbito das práticas e instituições científicas, de acordo com Lacey, no livro *Valores e Atividade Científica* (1998), três componentes estão frequentemente associados à ideia de que a ciência é livre de valores:

- **A neutralidade:** sugere que todo conhecimento adquirido por meio da ciência é desprovido da influência de valores particulares, ou seja, que ciência não serve aos interesses de uma ou mais pessoas;
- **A autonomia:** segundo esta visão, interferências externas como posições ideológicas, religiosas, políticas ou mesmo sociais não podem exercer influência sobre as práticas científicas. Nem mesmo instituições particulares que custeiem pesquisas podem – em face da concessão de benefícios – manipular os interesses científicos originais de uma pesquisa;
- **A imparcialidade:** propõe que teorias científicas sejam aceitas pela comunidade científica **mediante a manifestação de um tipo específico de valor, os valores cognitivos**. É a expressão desses valores cognitivos que garante às teorias um reconhecimento legítimo.

Em face às três teses acima apresentadas, Lacey sugere, sustentando a tese da imparcialidade, que o reconhecimento de teorias científicas (práticas científicas) seja motivado por razões epistêmicas ou cognitivas (valores cognitivos), não relacionadas aos sistemas formais de reconhecimento da racionalidade científica.

Mas o que são valores cognitivos? De acordo com Lacey, correspondem – essencialmente – a uma alternativa para a distinção de juízos científicos assumidos como corretos ou não. Ao invés de se utilizar regras indutivas, dedutivas ou puramente probabilísticas, os valores cognitivos apresentam-se como uma nova forma de compreender a racionalidade humana.

Quais são os valores cognitivos? Lacey apresenta uma lista (não fechada) desses valores. Entre eles estão: *adequação empírica, consistência, simplicidade, fecundidade, poder explicativo e certeza* (outros valores cognitivos podem ser visualizados dependendo da teoria ou conceito que se esteja estudando).

Frente a esta discussão, pensamos que um estudo mais reflexivo sobre a teoria da Evolução de Darwin exigiria, entre outras coisas, compreender os sistemas de valores envolvidos em sua aceitação por grande parte da comunidade científica. Além disso, em meio ao compromisso de nossa pesquisa com os processos de ensino e de aprendizagem dos conceitos evolutivos, questionamo-nos: **Seria possível, no âmbito da Educação Básica, utilizar valores cognitivos no ensino da teoria da evolução de Darwin? Como isso se daria?**

Uma resposta para este questionamento consistiu no estudo e na construção de uma sequência didática intencionalmente elaborada, combinando noções de História e Filosofia da Ciência a conhecimentos sobre valores cognitivos, objetivando que esses valores, assumindo um papel didático, pudessem ser utilizados no favorecimento da compreensão dos estudantes acerca das questões evolutivas.

Ao analisarmos os valores cognitivos presentes na teoria da evolução de Darwin, inserimos (intencionalmente e em diversas situações) estes valores na sequência didática proposta. Nossa intenção consistiu em utilizá-los como **instrumentos pedagógicos** no processo de aprendizagem, na

condição de “guias cognitivos”. Em outras palavras, utilizamos os valores cognitivos visualizados na teoria de Darwin como instrumentos capazes de “guiar” (durante o percurso da sequência didática) a compreensão dos estudantes sobre esta teoria.

Os valores cognitivos visualizados na teoria da evolução de Darwin e inseridos na sequência didática são:

- **Valor cognitivo “adequação empírica”:** as hipóteses lançadas por Darwin, sustentadas por sua grande experiência observacional e influenciadas pelos estudos de Malthus e outros autores, fizeram-no chegar a uma proposição puramente científica para explicar as mudanças dos seres vivos. Após a publicação de suas ideias, Darwin procurou responder às críticas fundamentando-se cuidadosamente em estudos científicos e aportes empíricos, como no caso da explicação para o desenvolvimento e o deslocamento dos olhos dos peixes achatados (*Pleuronectidae*), na controvérsia estabelecida com George Jackson Mivart;
- **Valor cognitivo “consistência”:** para a época em que foi formulada, os aspectos que caracterizam o valor cognitivo “consistência” na teoria da seleção natural compreendem a coerência de suas afirmações e, principalmente, a coerência entre as hipóteses sustentadas na teoria e os dados observados. A clareza utilizada por Darwin no desencadeamento lógico da teoria, bem como a coerência de suas proposições, tornaram inevitável sua posterior aceitação;
- **Valor cognitivo “poder explicativo”:** segundo Mayr (1998), a seleção natural é dotada de um poder explicativo tão poderoso que, entre outras coisas, foi responsável por substituir um mundo estático por um mundo evolutivo; negar o criacionismo; reconhecer o fim do antropocentrismo irrestrito para a aceitação da descendência comum da humanidade; refutar o essencialismo e aceitar o pensamento de população. Com a seleção natural, Darwin explicou como as espécies evoluem ao longo do tempo baseando-se em uma argumentação puramente científica;
- **Valor cognitivo “consiliência”:** a teoria da seleção natural mudou a maneira de compreender os organismos, suas relações entre si e com o mundo. A busca por respostas de questões relativas ao plano da adequação empírica sugeriu novos modos de investigação científica, como a utilização do “método hipotético-dedutivo”. Isto significa que muitos aspectos da teoria da seleção natural influenciaram (além da ciência Biologia), diversas áreas do conhecimento;
- **Valor cognitivo “fecundidade”:** a teoria impulsionou o desenvolvimento de outras ciências como os estudos paleontológicos e geológicos que projetaram-se ao encontro de evidências que pudessem dar suporte às informações apresentadas. Atualmente, sobretudo como herança do período da síntese, inúmeras são as áreas que se especializaram em resposta às proposições da teoria, entre as quais estão a Biologia Molecular, a Genética, a Embriologia, a Genômica e muitas outras;
- **Valor cognitivo “simplicidade”:** a coesão das afirmações e a clareza conceitual enunciada na teoria contrastam perplexamente com a complexidade de seu enunciado. O que chamou a atenção da comunidade científica da época, além da condição ousada e inovadora em que a teoria se dispôs, foi o fato de conseguir explicar de modo naturalmente simples questões que até o momento ocupavam exclusivamente os terrenos da sobrenaturalidade;

Professor, ao longo de todo percurso da sequência procuramos enfatizar (nos textos e atividades) os valores cognitivos acima descritos. Para nossa pesquisa, será importante também que você compreenda cada um deles a fim de que possa identificá-los nas atividades realizadas pelos alunos, na medida em que eles forem “aparecendo” (implicitamente) nas mesmas.

OBS. EM MOMENTO ALGUM VOCÊ ARGUMENTARÁ COM SEUS ALUNOS SOBRE OS VALORES COGNITIVOS. ELES APENAS SERVIRÃO COMO INSTRUMENTOS PEDAGÓGICOS AUXILIARES NA SEQUÊNCIA.

APÊNDICE E

Seqüência Didática para o Ensino de Evolução Biológica

- ↓ **Objetivo:** possibilitar que os alunos conheçam, analisem e interpretem teorias evolutivas (sobretudo a teoria da Seleção Natural de Darwin), que explicam as transformações dos seres vivos e os mecanismos envolvidos neste processo, segundo uma perspectiva histórica do desenvolvimento do pensamento evolutivo na Biologia;
- ± **Público alvo:** alunos da última série do ciclo básico de ensino;
- ± **Total de aulas:** um mínimo de 6 (seis) aulas – (tudo depende de dinâmica de cada sala de aula);
- ↓ **Atividades:** intra e extraclasse envolvendo estudo de textos, pesquisas, trabalho em grupo e seminários;
- ± **Conhecimentos prévios:** é importante que os alunos tenham noções básicas de genética, reprodução sexuada e interações entre os seres vivos;
- ± **Avaliação:** *sugerimos que os alunos sejam avaliados durante todo o processo, desde a fase de problematização e obtenção de concepções prévias até a participação nos grupos, seminários, atividades complementares e elaboração do vídeo conclusivo (fica à cargo do professor a atribuição de nota às atividades da seqüência). É importante que o professor observe, nos trabalhos em equipe, se todos os estudantes participam igualmente ou se a produção fica a cargo de um ou dois alunos apenas;*
- ± **Recursos didáticos:** TV multimídia (vídeo), retroprojektor, computador, quadro de giz.

ETAPAS	SEQUENCIA DIDÁTICA ADAPTADA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO “EVOLUÇÃO BIOLÓGICA”	INFORMAÇÕES AO PROFESSOR
1ª INTRODUÇÃO E PROBLEMATIZAÇÃO	<p>a) O professor inicia a aula comunicando aos alunos o assunto a ser trabalhado: <u>Evolução dos seres vivos</u>.</p> <p>b) Explica que num primeiro momento, todos assistirão a um vídeo do site <www.youtube.com>, que corresponde ao primeiro resultado de uma consulta com a palavra “evolução”.</p> <p>Endereço eletrônico do vídeo: http://www.youtube.com/watch?v=i7imtcWdHIA (Obtido em 13/06/2009) Duração: 3’45 min. (CD em anexo)</p> <p>b) Enquanto os alunos assistem ao vídeo, o professor escreve as seguintes questões no quadro:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) No âmbito dos seres vivos, o que podemos entender por “evolução”? 2) Podemos concordar com as informações transmitidas pelo vídeo que assistimos? 3) Como surgiram tantas espécies de seres vivos no planeta? 4) Podemos considerar que mamíferos são mais evoluídos que bactérias? 5) Os seres humanos são descendentes dos macacos? <p>O professor explora o tema, problematiza o assunto.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – a cargo do professor;</p>	<p>TEMPO: professor, estimamos que as etapas nº1, nº2, nº3 e nº4 (até o item “b”) possam ser realizadas <u>em apenas uma aula</u>.</p> <p>ORIENTAÇÕES: nestas etapas, seu papel consiste em problematizar e conduzir os estudantes a uma reflexão acerca de suas concepções (prévias) sobre o assunto “evolução biológica”.</p> <p>Para a problematização, utilizar-se de questionamentos será de grande valia, pois, é por meio deles que esperamos chegar às concepções prévias dos estudantes sobre as quais, por sua vez, pretendemos trabalhar.</p> <p>O vídeo sugerido encontra-se gravado no CD que acompanha esta sequência.</p> <p>Atenção professor: de posse das questões respondidas na avaliação da etapa nº 2, você poderá fazer uma evidenciação dos possíveis valores cognitivos que poderão aparecer nas respostas (individuais) dos estudantes. Tais respostas trazem algum valor cognitivo implícito?</p> <p>Além disso, por meio da etapa nº 3, você poderá evidenciar, também, os principais valores que, eventualmente, estarão mais evidentes nas equipes e entre elas.</p>
2ª OBTENDO CONCEPÇÕES PRÉVIAS	<p>O professor pede para que os alunos, individualmente, respondam em folha separada as questões dispostas no quadro.</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor recolhe (ao final da aula) as questões respondidas pelos alunos e atribui uma determinada nota a tal atividade.</p>	

<p style="text-align: center;">3^a DELIBERAÇÃO</p>	<p>a) O professor pede para que os alunos dividam-se em 5 grupos e discutam as respostas de cada um dos integrantes, sugerindo a observância da existência de semelhanças e/ou diferenças significativas entre as respostas.</p> <p>b) Após tal deliberação, cada grupo expõe (em síntese) suas respostas para o restante da turma.</p> <p>c) O professor evidencia as semelhanças e/ou diferenças encontradas nas respostas dos diferentes grupos.</p> <p>d) Retomando a problematização inicial e, considerando as respostas (intuitivas) dos grupos, o professor chama atenção dos alunos para o seguinte questionamento: <i>existem explicações científicas para as questões apresentadas?</i></p> <p>e) O professor pergunta se os alunos conhecem e poderiam argumentar sobre <u>teorias científicas</u> que expliquem as questões problematizadas.</p> <p>AVALIAÇÃO: continua – o professor pode atribuir uma determinada nota à atividade em grupo.</p>	
---	--	--

<p>4º PESQUISA</p>	<p>a) O professor sugere que as equipes façam uma pesquisa sobre o tema da aula baseando-se nas questões problematizadoras (bem como as que surgirem no decorrer das discussões), <u>mas que pesquisem, principalmente, teorias científicas que expliquem a evolução dos seres vivos.</u></p> <p>Sugere também que as equipes utilizem diferentes fontes de informação. Como sugestão, indicamos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Internet (ênfase na variedade de informações disponíveis neste tipo de fonte);• Biblioteca da escola;• Entrevistas com professores do colégio;• Entrevistas com alunos de outras salas;• Entrevistas com familiares. <p>b) Segue-se para a coleta de dados que deverão ser apresentados pelas equipes na aula seguinte.</p> <p style="text-align: center;">- <u>TÉRMINO DA 1ª AULA</u> -</p> <p>c) <u>Trabalho extraclasse</u>: os alunos, em grupo, realizam a pesquisa nas diferentes fontes;</p> <p>d) <u>Elaborando conclusões (ainda em instância extraclasse)</u>: os alunos, em grupo, elaboram as conclusões que se referem às questões e aos problemas propostos segundo a pesquisa.</p>	
------------------------	--	--

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">5ª INTRODUÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS</p>	<p>a) A partir das contribuições dos alunos, o professor entrega um texto (que encontra-se dividido em 5 partes – uma para cada grupo) contendo alguns dos principais aspectos do desenvolvimento do pensamento evolutivo.</p> <p>É pedido que cada grupo prepare (para a aula seguinte) um seminário (uma síntese) dos assuntos abordados no texto que receberam. O professor avisa que será necessário que os estudantes busquem mais informações em outras fontes de pesquisa.</p> <p>(Sugerimos que os grupos realizem uma primeira leitura em sala para que eventuais dúvidas possam ser esclarecidas pelo professor)</p> <p>LEITURA DO TEXTO (em sala): "<u>Aspectos históricos do pensamento evolutivo</u>" (cada equipe com uma parte do mesmo).</p> <p>AValiação: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota à participação dos alunos na leitura e interpretação dos textos.</p> <p style="text-align: center;"><u>-TÉRMINO DA 2ª AULA-</u></p> <hr/> <p>b) No trabalho extraclasse de preparação dos seminários, cada grupo deverá elaborar 3 questões (com respostas) sobre o assunto apresentado, para serem entregues no dia da exposição. Além disso, cada grupo deverá providenciar (para o dia do seminário) uma cópia de sua parte do texto para o restante da turma de forma que, ao término das apresentações, todos os alunos da classe tenham o texto completo (em suas 5 partes).</p>	
---	--	--

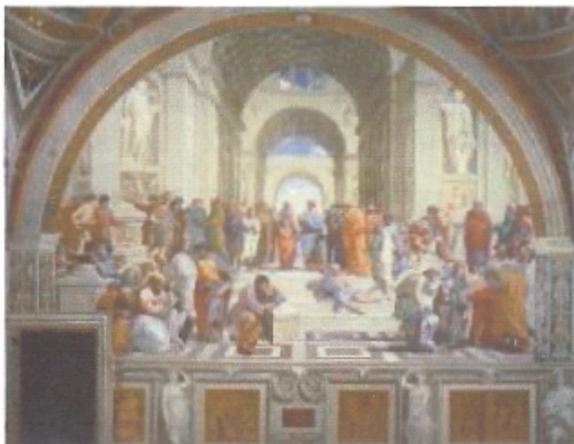
<p style="text-align: center;">8ª FEEDBACK DAS ATIVIDADES</p>	<p>a) Na aula seguinte, após correção, o professor lê e responde as questões com os alunos, proporcionando um feedback dos conteúdos estudados.</p> <p>Pensamos que a "visualização", por parte dos alunos, das respostas incorretas (mediante seu confronto com proposições científicas), esclareça eventuais dúvidas.</p> <p>ATIVIDADE COMPLEMENTAR:</p> <p>b) JOGO "Guerra dos bicos" – com a finalidade de fixar os principais conceitos estudados (principalmente a teoria da seleção natural), após a correção do questionário o professor realiza com os alunos o jogo "Guerra dos bicos" (Anexo A).</p> <p>AVALIAÇÃO: contínua – o professor pode atribuir uma determinada nota à participação dos alunos na correção das questões bem como na participação da atividade complementar.</p> <p style="text-align: center;">-TÉRMINO DA 6ª AULA-</p>	<p>TEMPO: sugerimos que todo o item "a" da 8ª etapa <u>seja trabalhado em uma aula.</u></p> <p>ORIENTAÇÕES: recomendamos a realização da atividade complementar "Guerra dos Bicos". Esta é uma oportunidade para melhor "fixar" os conceitos da teoria da seleção natural de forma lúdica, favorecendo a interação social entre os alunos. Por meio desta atividade, esperamos enfatizar, ludicamente, os valores cognitivos adequação empírica e simplicidade;</p> <p>ATENÇÃO PROFESSOR: nesta etapa será possível (após todo o percurso da sequência), analisar o índice de valoração dos estudantes por meio das atividades realizadas por eles ao longo da sequência e, assim, evidenciar a ocorrência ou não dos valores cognitivos que esperávamos enfatizar.</p> <p>Pensamos que um índice crescente da frequência desses valores em tais atividades indique, entre outras coisas, a funcionalidade desta unidade didática, confirmando ou não o poder pedagógico dos valores cognitivos nos processos de ensino e de aprendizagem no âmbito do conteúdo "Evolução Biológica".</p>
<p style="text-align: center;">9ª DIVULGAÇÃO DAS ATIVIDADES</p>	<p>ATIVIDADE COMPLEMENTAR</p> <p>Segundo o cumprimento de todas as etapas anteriores, o professor sugere que os alunos da sala (juntamente com o professor) elaborem uma apresentação em forma de vídeo, com os conhecimentos adquiridos sobre evolução biológica, segundo esta sequência didática, que poderá ser divulgada na internet (www.youtube.com), como resultado dos estudos desenvolvidos nas últimas aulas.</p>	<p>ORIENTAÇÕES</p> <p>Sugerimos que os alunos organizem-se para elaborar tal apresentação em um único documento de mídia, devendo a mesma ser revisada pelo professor.</p> <p>As equipes poderão dividir as funções. Exemplo: uma equipe fica responsável por fazer uma síntese do conteúdo trabalhado. Outra poderá transcrever essa síntese para um programa de computador. Outra equipe fica responsável pela animação da apresentação, e assim por diante.</p>

APÊNDICE F

Texto para Seqüência dos Professores

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (1ª Parte)

Dos gregos ao pensamento cristão



Embora os antigos **gregos** possuíssem a ideia de um **mundo dinâmico**, a explicação não estática da origem dos seres vivos deu lugar à filosofia de Platão, que foi incorporada à teologia cristã e teve um efeito dominante e permanente sobre o pensamento ocidental. **A filosofia platônica** compreendia o conceito de *eicos*, a "forma" ou "ideia". A "ideia" era entendida como uma **essência eterna, imutável**. *Os seres vivos que vemos no mundo físico, de acordo com Platão, são apenas cópias imperfeitas dos seres vivos perfeitos, verdadeiros, que existem no mundo das ideias.* (Figura ao lado – A Escola de Athenas. Aristóteles e Platão ao centro)

A teologia cristã, por sua vez, assumindo a criação de todos os organismos em sua forma atual, também incorporou o essencialismo platônico no conceito de plenitude. *Todos os organismos deviam ter sido criados no começo, e nada que Deus considerou apropriado criar poderia se extinguir, porque negar a existência de qualquer coisa em qualquer tempo introduziria imperfeição em sua criação.* Uma vez que a ordem é claramente superior à desordem, as criações de Deus adequavam-se segundo um padrão: a *Scala Nature*, ou Grande Escala dos Seres. Essa "**escada da vida**", percebida na **gradação entre as matérias inanimada e animada**, passando pelas plantas, animais, seres humanos, até os anjos e outros seres espirituais, deveria ser perfeita e não apresentar lacunas; ela deveria ser permanentemente imutável, e todo ser teria seu lugar fixado de acordo com o plano de Deus. Nesta perspectiva, **o papel das ciências naturais** consistiria em **catalogar os elos da Grande Escala dos Seres** e descobrir sua **ordenação** de tal modo que a sabedoria de Deus fosse revelada e reconhecida.

Entretanto, em meados do século XIV, segundo Mayr (1998), as navegações, a Reforma e a revolução científica nas Ciências Físicas, entre outras coisas, evocaram uma interpretação mais racional para as questões da natureza, criticando as explicações sobrenaturais. Especificamente por consequência das navegações, foi possível reconhecer a enorme diversidade de espécies animais e vegetais existentes no mundo, fato que motivou, além de outras obras, a publicação de inúmeras histórias naturais enciclopédicas.

Importante destacar que, segundo Futuyama (1992), o período da renascença foi marcado por alguns estudos no campo da anatomia que, subsequentemente, estabeleceram noções fisiológicas necessárias à compreensão das questões evolutivas. Em outras palavras, podemos dizer que este período da História da Ciência foi marcado por um apelo predominantemente experimental e observacional do desenvolvimento científico que, de certo modo, contribuiu para a compreensão das regularidades dos fenômenos, segundo leis naturais.

Com essa visão, fenômenos biológicos passaram a ser interpretados de acordo com explicações físicas "como a explicação do sangue quente nos mamíferos e nos pássaros, como sendo devida à fricção do sangue nos vasos sanguíneos" que foi aceita por mais de cento e cinquenta anos (MAYR, 1998, p. 119).

Por outro lado, essa revolução científica foi responsável pelo desenvolvimento de diversos instrumentos importantes aos estudos biológicos, como os microscópios – que possibilitaram a visualização de microorganismos invisíveis a olho nu – fazendo emergir novos ramos de investigação para a Biologia.

Seguidamente, além de pesquisas com os organismos, outras descobertas efervesceram na Biologia incentivando um número ainda maior de exploradores a realizar viagens transoceânicas

para exploração da diversidade animal e vegetal, frutificando no surgimento de incontáveis coleções biológicas que, por sua vez, conduziram os pesquisadores à era da classificação, sobretudo com Lineu (1707-1778).

Conceitos consagrados, tais como a posição central da Terra no universo foram desafiados. Newton, Descartes e outros desenvolveram teorias estritamente mecanicistas dos fenômenos físicos. Ao final do século XVIII, o conceito de um mundo mutável foi aplicado à Astronomia por Kant e Laplace, que desenvolveram noções sobre a evolução estelar; à geologia, quando vieram à luz evidências de mudanças na crosta terrestre e da extinção das espécies; aos assuntos humanos, quando o Iluminismo introduziu ideal de progresso e aperfeiçoamento humanos.

Os geólogos reconheceram que as rochas sedimentares tinham sido depositadas em épocas diferentes e começaram a perceber que a Terra poderia ser muito mais velha do que se pensava (Georges Buffon (1707-1788), um grande naturalista francês, sugeriu em 1779, que ela poderia ter milhares de anos).

No final do século XVIII, muitos pensadores especularam que novas formas de vida poderiam somente se originar por geração espontânea ou a partir da matéria inanimada ou pelo desdobramento das potencialidades contidas nas espécies existentes. Neste sentido, “**evolução**” significava não a modificação das espécies, mas a **manifestação das essências** que estavam latentes em espécies anteriores.

Posteriormente, estudos sobre a diversidade das espécies levaram diversos pesquisadores, em detrimento de explicações criacionistas, a enxergar evidências que favoreceram as futuras teorizações de Darwin sobre evolução. Segundo Mayr (1998), além de Lineu, Buffon com a obra *Histoire naturelle* (História natural) exerceu grande influência sobre as ideias biológicas com reflexões fortemente liberais em áreas como cosmologia, embriologia e história da Terra. “Ele por certo nunca avançou na teoria da evolução, mas indubitavelmente preparou o terreno para Lamarck” (MAYR, 1998, p. 125).

As transformações no mundo científico da época ainda continuavam intensas. Os mundos orgânico e inorgânico estavam sendo criteriosamente estudados pelos filósofos. Os telescópios haviam aberto um novo e interessante campo de investigação – o universo infinito – ao mesmo tempo em que a vida era observada em gotas d’água nos microscópios.

REFERÊNCIAS

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico**. Brasília: Ed. UnB, 1998.

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (2ª Parte)

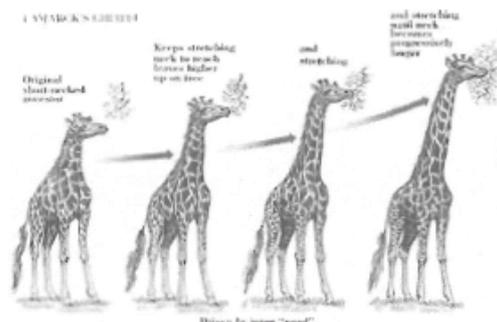
Lamarck – louco ou injustiçado?

O primeiro defensor da evolução biológica foi Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829). Lamarck não afirmou que os seres vivos descendiam de ancestrais comuns, mas tinha uma explicação de duas partes para justificar porque as espécies mudam. O principal mecanismo por ele proposto era uma “força interna” – a existência de um mecanismo desconhecido no interior dos organismos que os levaria a gerar uma prole levemente diferente de si próprios. Desta maneira, quando as mudanças se acumulassem ao longo de muitas gerações, a linhagem estaria visivelmente transformada, talvez o suficiente para tornar-se uma nova espécie. O segundo mecanismo de Lamarck (e possivelmente o de menor importância para ele) é aquele pelo qual ele é lembrado hoje: a herança de caracteres adquiridos. À medida que um organismo se desenvolve, ele adquire muitos caracteres individuais devido à sua história particular de acidentes, doenças e exercícios musculares. Lamarck sugeriu que uma espécie poderia ser transformada se essas modificações adquiridas individualmente fossem herdadas pela progênie do indivíduo.

Jean-Baptiste Lamarck (figura ao lado), por vezes é lembrado injustamente como alguém que esteve errado sobre a evolução dos seres vivos. A herança das características adquiridas, da qual sua teoria “dependia”, não era, entretanto, original. Era uma crença geral que o próprio Darwin incorporou em *A Origem das Espécies*. Lamarck merece respeito como o primeiro cientista que destemidamente defendeu a evolução e tentou apresentar um mecanismo para explicá-la. Suas ideias foram rejeitadas quase universalmente, não porque ele abraçava a herança das características adquiridas, mas porque os principais naturalistas de então não reconheciam evidências de evolução biológica. Particularmente Georges Cuvier (1769-1832), o fundador da Anatomia Comparada e um dos biólogos e paleontólogos mais respeitados do século XIX, criticou duramente Lamarck, argumentando que o registro fóssil não revelava séries graduais intermediárias de ancestrais e descendentes, e que os organismos



são tão harmoniosamente construídos e perfeitamente adaptados que qualquer mudança destruiria a integridade de sua organização. Lamarck, considerando os estudos de Georges Buffon (1707-1788), após fazer uma reclassificação dos organismos, chegou a alguns questionamentos. Entre eles estão: Por que as asas de alguns pássaros eram tão longas enquanto de outros eram tão curtas? Por que algumas possuíam bicos curvos e outras, retos? Suas afirmações foram categóricas: “no decorrer de uma vida, um pássaro esforçava-se por adquirir algumas coisas: havia pássaros que queriam ser pernaltas e pássaros que queriam comer nozes. Assim, os pernaltas se esforçavam ao máximo para esticar as pernas e entrar na água mais profunda e os quebra-nozes se esforçavam ao máximo para partir nozes maiores e mais duras. As pernas se alongavam e os bicos se fortaleciam enquanto os pássaros se empenhavam cada vez mais em atingir seus objetivos, e uma parte desse progresso circulou na corrente sanguínea até alcançar as células reprodutoras e ser transmitida às suas descendências (GEORGE, 1985, p.13).



A evolução do pescoço das girafas

Outro exemplo clássico das suposições de Lamarck consiste em sua explicação para o tamanho dos pescoços das girafas. Segundo ele, “girafas ancestrais haviam se esticado para atingir folhas mais altas nas árvores. O esforço fez com que seus pescoços se tornassem levemente maiores. Seus pescoços mais longos foram herdados pela sua prole, a qual iniciou a sua vida com uma propensão a ter pescoços mais longos do que os de seus progenitores. Depois de muitas gerações de alongamento de pescoço, o resultado foi o que vemos hoje (RIDLEY, 2006, p. 32).

Por vezes, as afirmações de Lamarck chegaram a ser caricaturadas devido ao fato de muitos não aceitarem o “esforço” das girafas como uma ação consciente e desejada. Entretanto, é

importante ressaltar que a teoria, de fato, não assumia esse "esforço" consciente por parte dos organismos, apenas defendia a flexibilidade no desenvolvimento individual e a herança dos caracteres adquiridos. Certamente, as proposições de Lamarck incomodaram e fizeram com que as discussões sobre evolução biológica assumissem um lugar central na comunidade científica da época, predominantemente fixista, ou seja, crente na forma fixa e imutável das espécies. Porém, ninguém antes de Darwin havia chegado a uma teoria tão logicamente satisfatória para explicar as mudanças das espécies (RIDLEY, 2006).

REFERÊNCIAS

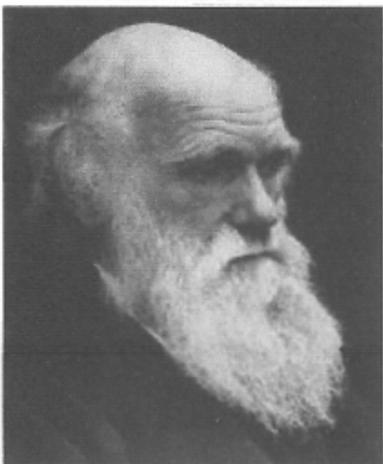
GEORGE, W. **As ideias de Darwin**. São Paulo: Cultrix; Ed. Universidade de São Paulo, 1985.

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

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (3ª Parte)

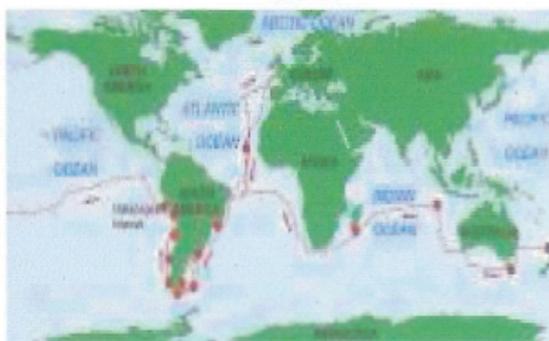
Darwin e A origem das espécies

A carreira de **Charles Robert Darwin** (1809-1882), (figura abaixo) começou com sua **viagem** a bordo do navio **Beagle**, de 27 de dezembro de 1831 a 2 de outubro de 1836, como **naturalista** de bordo. Durante a viagem, Darwin coletou inúmeros espécimes de vida terrestre. Com suas observações (nas selvas brasileiras, nos pampas argentinos, nos Andes, etc...), percebeu as adaptações (dos organismos) que aconteciam em cada ambiente e estava perplexo com as peculiaridades da distribuição geográfica das mesmas. (A figura abaixo ilustra a trajetória do Beagle).



Nas ilhas Galápagos, por exemplo, ao realizar uma coleta de pássaros (tentilhões), Darwin não se preocupou em fazê-la ilha por ilha, sobretudo porque não idealizou a importância que a fauna e a flora teriam para ele futuramente. Por certo, não havia a certeza de que aqueles pássaros pudessem ser de uma mesma espécie. Todavia, ao retornar para a Inglaterra, ornitólogos indicaram-lhe que seus espécimes de tentilhões das ilhas Galápagos eram tão diferentes de uma ilha para outra que chegavam a representar espécies diferentes. **Com essa informação, Darwin começou a**

perceber que a origem e a adaptação ao meio eram processos muito relacionados. Tal revelação parece ter levado Darwin a **duvidar da imutabilidade das espécies** e a começar a juntar as evidências para uma "transmutação" dos organismos. Ele estava preocupado não somente em agrupar evidências de evolução, mas também em propor um mecanismo que pudesse explicá-las. A teoria da **seleção natural** começou a emergir em 28 de setembro de 1838 quando, como Darwin rememora em sua autobiografia: "aconteceu de eu ler, como entretenimento, o ensaio de Malthus sobre população e, estando bem preparado para avaliar a luta pela existência que prossegue em toda parte pela longa e continuada observação dos hábitos de animais e plantas, imediatamente percebi que, sob estas condições, variações favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas" (DARWIN, 2003 [1859] p. 98). Assim, Darwin entendeu que a evolução dos seres vivos poderia ser explicada por meio de um mecanismo de seleção, a **seleção natural**, um processo logicamente simples, cujo enunciado básico pode ser assim descrito: *por haver luta pela sobrevivência entre os organismos, o nível de mortalidade de cada geração será alto. Deste modo, apenas os mais adaptados sobreviverão. A natureza, por sua vez, provê um número infinito de variações e, devido à sobrevivência dos mais adaptados, os avanços evolutivos acontecem.* A clareza utilizada por Darwin no desencadeamento lógico da teoria, bem como a coerência de suas afirmações, tornaram inevitável sua posterior aceitação.



Vinte anos se passaram entre esse memorável evento e a primeira publicação de Darwin sobre o assunto. Talvez por receio da hostilidade que as especulações de Lamarck tinham encontrado, Darwin se ocupou em acumular evidências sobre sua teoria para a evolução dos seres vivos.

Em junho de 1858, Darwin recebeu um manuscrito intitulado "Sobre a tendência das variedades de se afastarem indefinidamente a partir do tipo original", de autoria de um jovem naturalista, **Alfred Russel Wallace** (1823-1913). Coletando espécimes biológicos na América do Sul e no arquipélago malaio, **Wallace concebeu, independentemente, a seleção natural.** A bem da verdade, a percepção de ambos consistiu no reconhecimento de que a variação entre os organismos individuais de uma espécie não era mera imperfeição, mas sim o material a partir do qual a seleção poderia moldar formas de vida mais bem adaptadas.

Em 1º de julho de 1858, Darwin apresentou partes de um ensaio de 1844 (com suas ideias sobre seleção natural), juntamente com os manuscritos de Wallace em uma reunião da Linnaean

Society de Londres. Entretanto, nem a apresentação ou a publicação destes ensaios obtiveram reconhecimento. Seguindo o conselho de amigos, Darwin publicou em 24 de novembro de 1859 "***A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida***" – um livro que esgotou sua primeira impressão em um dia e pôs em movimento uma controvérsia que ainda não desapareceu inteiramente. ***A Origem das espécies contém duas proposições distintas: (1) que todos os organismos descenderam com modificação a partir de ancestrais comuns, e (2) que o principal agente de modificação é a ação da seleção natural sobre a variação individual.***

Darwin foi o primeiro a ordenar em grande escala a evidência da primeira tese, a realidade histórica da evolução, recorrendo a todas as fontes importantes de informação: *o registro dos fósseis, a distribuição geográfica das espécies, anatomia e embriologia comparadas e a modificação de organismos domesticados.*

Todavia, a **seleção natural convenceu poucos** e, na realidade, **caiu cada vez mais em descrédito até o final dos anos vinte do século XX**. O conceito de "luta pela existência" tinha sido empregado para explicar a extinção das espécies, mas, enquanto as espécies fossem vistas como essências platônicas ou "tipos", a seleção teria um alcance limitado – não poderia dar origem ao novo.

REFERÊNCIAS

DARWIN, C. ***A Origem das espécies***. Tradução de Joaquim da Mesquita Paul. Porto: Lello & Irmão Editores, [1859] 2003.

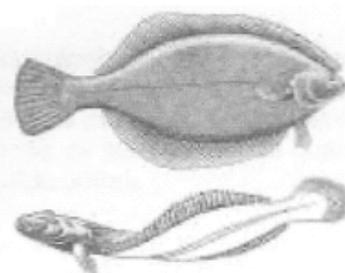
Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (4ª Parte)

No âmbito científico, muitas foram as críticas apresentadas à teoria da seleção natural. Como exemplo, apresentamos uma das críticas de George Jackson Mivart (1827-1900), zoólogo e anatomista britânico.

O CASO DOS OLHOS DOS PEIXES ACHATADOS

O ponto central dessa discussão entre Mivart e Darwin envolveu um debate acerca do desenvolvimento e do deslocamento dos olhos dos peixes achatados (*Pleuronectidae*), como na (foto ao lado). Assim como Darwin, Mivart acreditava na seleção natural para explicar a evolução dos seres vivos, entretanto, Mivart argumentava que a mesma não seria capaz de explicar (sozinha) o desenvolvimento e o deslocamento dos olhos dos peixes achatados *Pleuronectidae*.

Darwin, não havia elaborado uma explicação para um caso tão específico como este. Sua argumentação mais próxima encontra-se no capítulo 6 de *A Origem*, oferecendo explicações acerca de órgãos



com grande complexidade, como no caso dos olhos. Baseado nas descrições de outros pesquisadores, Darwin elabora uma explicação para o desenvolvimento do olho, partindo de estudos com animais marinhos, como certas estrelas-do-mar e os olhos compostos de alguns insetos. Suas conclusões foram de que a teoria da descendência com modificação seria responsável pelo desenvolvimento de tal estrutura – o olho:

[...] sempre observando atentamente cada mudança ligeira nas camadas transparentes; e preservando cuidadosamente cada alteração que, sob variadas circunstâncias, de algum modo ou em algum grau, sejam capazes de produzir uma imagem mais distinta. Nós devemos supor que cada novo estágio do instrumento será multiplicado por milhões de vezes; sendo cada um preservado até que um olho melhor seja produzido, e então os olhos antigos serão todos destruídos. Nos seres vivos, a variação produzirá pequenas alterações, a geração irá multiplicá-los quase que infinitamente, e a seleção natural irá escolher com infalível capacidade cada aperfeiçoamento (DARWIN, 1872, p.227 apud ALMEIDA FILHO, 2008, p. 58).

A objeção de Mivart às conclusões de Darwin para o caso da origem e o desenvolvimento dos olhos dos peixes achatados (como o linguado, por exemplo), voltou-se para a condição assimétrica de suas cabeças e de seus olhos. Mivart argumentou que nos filhotes desses animais, os olhos localizam-se um de cada lado da cabeça. Porém, em estágio adulto, os mesmos olhos dispõem-se pareadamente em um mesmo lado da cabeça. Partindo deste ponto e, além de considerar que tais organismos tivessem uma origem geológica bastante recente, **Mivart apresenta duas questões controversas às argumentações de Darwin:**

- ♦ Para o caso de uma explicação de caráter saltacionista, se esta condição (dois olhos de um mesmo lado da cabeça), fosse aceita como resultado de uma origem súbita, a perpetuação de tal característica seria incabível no âmbito da seleção natural;
- ♦ A hipótese de desenvolvimento gradual (deslocamento gradual de um olho para perto do outro), seria um empreendimento bastante improvável e incapaz de sugerir qualquer vantagem aos *Pleuronectidae*. Tal possibilidade de transformação, portanto, seria rudimentar (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 58).

Com o desígnio de responder às críticas, Darwin – além de recorrer a trabalhos de outros pesquisadores – inicia um estudo bastante detalhado sobre a anatomia, o comportamento e os estágios de desenvolvimento desses peixes. Quanto às suas conclusões acerca das características anatômicas, Darwin destacou:

- Os peixes achatados (*Pleuronectidae*) apresentam uma desarmonia corporal característica. Na maioria dos casos sua disposição ventral ocorre sobre o lado esquerdo. Contudo, há casos em que a situação inversa também acontece. Em outros casos, ainda, as disposições podem mudar ao longo das diversas fases de desenvolvimento desses organismos;
- Quanto aos olhos, quando em animais jovens, estão realmente dispostos em regiões opostas da cabeça, em harmonia com os dois lados do animal. Na fase adulta, porém, o olho localizado ao lado inferior da cabeça (futura parte ventral), desloca-se lentamente até a parte

superior da cabeça, pois, de outro modo, não poderia ser usado pelo peixe, haja vista que em sua posição original acabaria encoberto pela estrutura corporal e sujeito às agressões provocadas pelos detritos do leito arenoso do mar.

A partir dessas colocações, Darwin justificou suas afirmações anteriores e respondeu as críticas, sugerindo que os *Pleuronectidae* apresentariam tal disposição ocular, além de sua estrutura corporal assimétrica e achatada, em função de seus hábitos de vida, para os quais – por força da seleção natural – destacam-se alguns fatores (embora não únicos), responsáveis pela conservação de tais vantagens, como "a proteção de seus inimigos, e a facilidade para se alimentar no solo [arenoso]" (ALMEIDA FILHO, 2008, p. 69).

De fato, a teoria da seleção natural mudou a maneira de compreender os organismos, suas relações entre si e com o mundo. A busca por respostas de questões relativas ao plano da adequação empírica sugeriu novos modos de investigação científica, como a utilização do método hipotético-dedutivo, por exemplo.

Além disso, a teoria impulsionou o desenvolvimento de outras ciências como os estudos paleontológicos e geológicos que projetaram-se ao encontro de evidências que pudessem dar suporte às informações apresentadas. Atualmente, sobretudo como herança do período da síntese, inúmeras são as áreas que se especializaram em resposta às descobertas da teoria, entre as quais estão a Biologia Molecular, a Genética, a Embriologia, a Genômica e muitas outras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA FILHO, E. E. **A natureza das críticas de Mivart ao papel da seleção natural de Darwin na origem das espécies: uma reconsideração histórica da controvérsia**. Dissertação. 101. São Paulo: PUC-SP, 2008.

Aspectos históricos do Pensamento Evolutivo (5ª Parte)

Teoria Sintética da Evolução ou neodarwinismo

Teoria Sintética da Evolução

Mesmo diante da lógica explicativa da teoria de Darwin, algumas lacunas fortaleciam a rejeição da evolução por meio da seleção natural. O ponto mais vulnerável às críticas era a ausência de explicações consistentes para os mecanismos de hereditariedade (compatíveis com a teoria da evolução das espécies). Entretanto, Darwin morreu antes encontrar uma solução para esse 'enigma'.

Ironicamente, as respostas para as questões da hereditariedade já haviam sido encontradas pelo religioso Gregor Mendel (1822-1884), e por ele anunciadas no ano de 1865. Ao aplicar conhecimentos matemáticos a estudos de Biologia, Mendel demonstrou – por meio do cultivo de ervilhas – que a presença de diferentes caracteres, em gerações consecutivas, seguia uma determinada proporção estatística deduzida por meio da observação. Assim, após alguns anos, uma sequência de inúmeras e repetidas experiências lhe permitiram estabelecer as leis que regem a hereditariedade. Entretanto, suas descobertas foram ignoradas durante muitos anos e nem mesmo Darwin chegou a conhecê-las. Apenas por volta de 1900, os botânicos De Vries, Correns e Tschermak, trabalhando independentemente, publicaram estudos sobre a questão da hereditariedade, fazendo emergir as descobertas que Mendel havia antecipado há trinta e cinco anos.

A partir da segunda década do século XX, as **pesquisas sobre a genética mendeliana** tornaram-se um empreendimento de grandes proporções. As pesquisas preocupavam-se com muitos problemas, a maioria dos quais tinham mais a ver com genética do que com biologia evolutiva. Porém, para a teoria da evolução biológica, o principal problema era reconciliar as ideias de Darwin à teoria mendeliana da genética.



Para demonstrar que a seleção natural poderia operar com a genética mendeliana, entre as décadas de 1930 e 1950, nos Estados Unidos, um movimento denominado *Síntese Evolutiva* estabeleceu os alicerces atuais da Biologia, trabalhando pela união de suas diferentes áreas na perspectiva evolutiva. Este período não foi caracterizado por grandes descobertas, mas por uma significativa organização de conhecimentos,

refutação das teorias remanescentes contrárias à seleção natural e, sobretudo, por uma educação recíproca entre as áreas da Biologia. O trabalho teórico foi realizado principalmente (pois existem outros colaboradores) e de forma independente por R. A. Fisher, J. B. S. Haldane e Sewall Wright (foto acima). A síntese da teoria da seleção natural de Darwin com a teoria mendeliana da hereditariedade, feita por eles, culminou no que é conhecido como **neodarwinismo ou teoria sintética da evolução ou síntese moderna**.

O **ponto central do neodarwinismo** consistiu no desenvolvimento de um consenso sobre a natureza da mudança genética, ou seja, sobre o **entendimento de como ocorrem mudanças nos seres vivos: por mutações e recombinação gênica**. A teoria de Darwin agora possuía aquilo que **necessitava por meio século: uma base firme em uma teoria da hereditariedade bem testada**. De acordo com Futuyma (1992), a grande vantagem do neodarwinismo consiste em sua capacidade de generalizar explicações, assumindo um total poder explicativo quando conceitos como 'seleção' e 'frequência' gênica são aplicados ao estudo de característica dos organismos, tais como reprodução, fisiologia, morfologia e outros.

A partir da genética de populações, a síntese moderna espalhou-se por outras áreas da biologia evolutiva. A incorporação dos conhecimentos provenientes da Genética foi fundamental para que grandes teorias evolutivas adversas à seleção natural fossem rejeitadas. Além disso, com a descoberta de que cada indivíduo possui uma carga genotípica única, o essencialismo também pôde ser refutado.

De fato, os desdobramentos das novas descobertas dos mecanismos evolutivos, no período da síntese, acabaram por confirmar o conceito Darwiniano de que a seleção natural, ao agir sobre as variações dos indivíduos, resulta em mudanças evolutivas adaptativas.

REFERÊNCIAS

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 2. ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992.

APÊNDICE G

Instrumento de Avaliação da Seqüência Didática

Após analisar a seqüência didática apresentada, responda as seguintes questões:

- 1) De acordo com sua experiência, o tempo (em aulas) sugerido para a aplicação da seqüência é apropriado?
- 2) O modo como o conteúdo "evolução biológica" está apresentado nas etapas da seqüência é adequado? Sim ou não? Especifique.
- 3) Há clareza nas explicações (para o professor) sobre como realizar cada etapa da seqüência apresentada e as atividades nelas incluídas?
- 4) Os textos utilizados na 5ª etapa da seqüência estão bem elaborados? A linguagem é apropriada? Comente.
- 5) As atividades sugeridas (em classe e extraclasse) são adequadas? O que você mudaria ou acrescentaria?
- 6) De acordo com sua opinião, o modo como os valores cognitivos estão inseridos na seqüência (em atividades, textos e questões) é didaticamente apropriado? Comente.
- 7) Segundo sua análise, há algum tipo de dificuldade (por parte do professor), na visualização dos valores cognitivos implícitos nas atividades dos alunos? Comente.
- 8) Ao longo da seqüência didática é possível observar o índice (frequência) com que os valores cognitivos vão "aparecendo" nas atividades dos alunos? Comente.
- 9) A seqüência instrui os professores para realizarem tal observação? Comente.
- 10) Como você avalia o envolvimento dos alunos em todo percurso da seqüência?
- 11) E o envolvimento do professor?
- 12) Os recursos utilizados (vídeo, computador, etc...) são pertinentes? Contribuem positivamente com a proposta? Comente.
- 13) Quanto às atividades complementares (das etapas 8 e 9 seqüência), são viáveis? São apropriadas?
- 14) As avaliações sugeridas em cada etapa, como você avalia?
- 15) Existem aspectos importantes do conteúdo "evolução biológica" que não são abordados na seqüência? Quais?
- 16) Você vê vantagens na seqüência apresentada em relação ao modo como os livros didáticos (que você conhece) apresentam o mesmo conteúdo? Se sim, que vantagens são essas?
- 17) Há críticas e/ou sugestões que gostaria de evidenciar?

ANEXOS

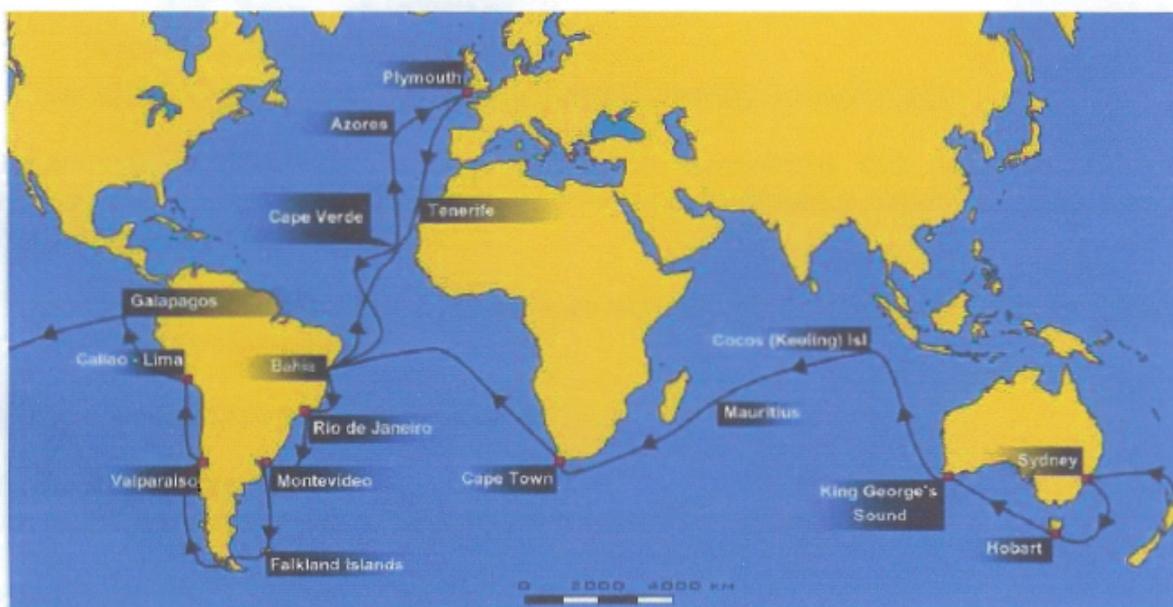
ANEXO A

Jogo: a Guerra dos Bicos

Autor: Roberto Ternes Arrial
Instituição: Universidade de Brasília
Nível: Ensino Médio
Componente Curricular: Biologia
Tema: Origem e evolução da vida
Conteúdo: Evolução – seleção natural

Descrição: O objetivo dessa atividade é apresentar o contexto histórico e científico em que está inserida à formulação da Teoria da Evolução por Charles Darwin. A lógica dessa Teoria também é apresentada, com ênfase em sua principal força propulsora: a seleção natural.

Regras: Inicialmente, conte aos alunos a história do homem que inaugurou a teoria científica moderna sobre Evolução¹³, lembrada a seguir. Esse homem foi o naturalista inglês Charles Darwin, a bordo do navio Beagle, de 1831 a 1836. Seu trajeto incluiu a costa do Pacífico e América do Sul, como observado na figura abaixo:



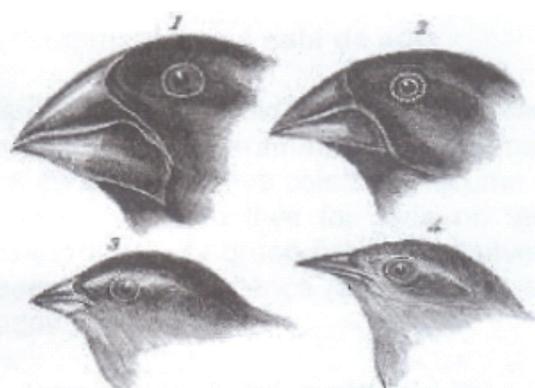
Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Voyage_of_the_Beagle.jpg

Podemos imaginar a variedade de animais e plantas que Darwin conheceu nessa viagem, e isso fez com que ele refletisse sobre o quê estaria gerando tanta diversidade. Como o conhecimento dominante na época pregava um Criador Divino como o responsável, Darwin chegou a se perguntar se haveria mais de um Deus, cada um co-

¹³ Darwin não foi o primeiro a pensar em uma teoria sobre Evolução. Lamarck e os filósofos da Grécia Antiga já haviam fornecido explicações, tanto teológicas quanto científicas, para a origem da variedade de espécies.

responsável pela criação da fauna de cada continente, gerando animais diversos, por exemplo, tartarugas gigantes, cangurus, ornitorrincos etc ou dentre outros.

Não satisfeito com explicações teológicas, Darwin busca em suas observações de viagem criar uma hipótese científica para explicar a diversidade dos seres. O que chama sua atenção é uma espécie de pássaro do arquipélago de Galápagos – o tentilhão – que possui grande variedade de bicos. Como teriam surgido bicos tão diferentes em pássaros tão semelhantes que compartilham uma mesma ilha? Realmente a teoria do Criador Divino não fazia sentido – a não ser que Ele fosse criar aves tão diferentes por mero capricho.



1. *Geospiza magnirostris* 2. *Geospiza fortis*
3. *Geospiza parvula* 4. *Certhides olivacea*

Finches from Galapagos Archipelago

Fonte: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Darwin%27s_finches.jpeg

Observando os formatos de bicos e hábitos alimentares dos pássaros, Darwin reparou que cada bico parecia servir como uma ferramenta específica para que a ave pudesse consumir seu alimento...

Professor, sugerimos, então, a reprodução em sala de aula do que Charles Darwin viu nas ilhas de Galápagos¹⁴.

A seguir é explicado esse procedimento:

Material necessário

Um grupo de ferramentas e utensílios é disposto em um recipiente:

- Pinça;
- Alicate comum;
- Alicate quebra-nozes;
- Pregador de roupas.

Em outro recipiente disponha grãos e sementes, como por exemplo¹⁵:

- Sementes de girassol;

¹⁴ Recomenda-se que os objetos da parte prática só sejam mostradas quando elas forem usadas, porque se forem mostradas no início da aula isso pode causar distração entre os alunos durante parte expositiva da aula.

¹⁵ Opcionalmente, o professor pode usar também frutas, adaptando também as ferramentas de coleta se necessário.

- Linhaça;
- Milho;
- Castanhas;
- Pinhão;
- Nozes;
- Amêndoas, etc.

As seguintes ferramentas também são necessárias:

- Balança comum de cozinha;
- Cronômetro;
- Software de planilha eletrônica (para a atividade no laboratório de informática).

Procedimento – na sala de aula

Os alunos são divididos em grupos, cada qual com um utensílio. Cada grupo será uma ave, e sua ferramenta será seu bico especializado e único. O professor instrui que cada grupo deve coletar o máximo de alimentos que conseguir, usando apenas a ferramenta que lhes foi dada no tempo de 15 segundos (cronometrados pelo professor). Cada grupo fica responsável por separar os itens de acordo com o tipo, pesar com uma balança (ou contar) a quantidade que coletou, e anotar todos esses dados.

No laboratório de informática

Os dados coletados na atividade anterior devem ser tabulados em uma planilha eletrônica, disposto da seguinte forma:

Alimento	Quantidade ou peso	Carboidratos (unitário e total)	Proteínas (unitário e total)	Lipídeos (unitário e total)
----------	--------------------	---------------------------------	------------------------------	-----------------------------

O professor fornece aos alunos uma tabela com os valores nutricionais de cada alimento (tabela disponível em <http://www.unisantos.br/universidade/taco.pdf>).

Os alunos utilizam esses valores para preencher os valores unitários de cada nutriente, e multiplicando pela quantidade/peso que coletaram, obtêm o total daquele nutriente que conseguiram.

Discussão dos resultados

Professor, organize os resultados e discuta-os com seus alunos. Procure abordar aspectos evolutivos, mas não perca a oportunidade de discutir também aspectos nutricionais. A seguir uma sugestão do que pode ser abordado na discussão:

Os valores devem ser bem diferentes, tanto de quantidades quanto de tipos de alimentos coletados. Isso significa que o bico (ferramenta) que cada ave (grupo) possui, funciona muito bem para coletar algum alimento – e não outro. Quando Darwin percebeu isso, ele ponderou que o bico determinava o sucesso da ave – assim ele teve a idéia da Seleção Natural, onde aqueles com menor capacidade de coletar alimentos, com o tempo, seriam extintos, enquanto que aqueles mais bem-sucedidos na coleta seriam mais bem-alimentados e assim deixariam mais descendentes.