

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA AOS OLHOS
DE PROFESSORES NÃO-LICENCIADOS**

ANA PAULA NETTO CARNEIRO

Florianópolis, 2004.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

**A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA AOS OLHOS
DE PROFESSORES NÃO-LICENCIADOS**

ANA PAULA NETTO CARNEIRO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientadora: Prof^a. Dra. Vivian Leyser da Rosa

Florianópolis, 2004.

**Queridos alunos do Curso de
Complementação para Licenciatura
em Biologia, lhes dedico este
trabalho, pois foi por vocês que o
realizei.**

Resumo

Considerando os conceitos relativos à Evolução Biológica como fundamentais para a compreensão das Ciências Biológicas, bem como os problemas, registrados na literatura da área, que envolvem seu ensino e aprendizagem, o presente trabalho tem por objetivo principal identificar as concepções que professores do ensino médio de Biologia possuem a respeito do tema Evolução Biológica. Para isso utilizei, como material de análise, 75 textos sobre o tema produzidos por professores de Biologia não licenciados da Rede Estadual da Bahia quando cursaram a disciplina de Genética e Evolução de um Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia ministrado pela UFSC entre 2001 e 2002. Nesses textos, 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. Alguns desses equívocos estão relacionados ao objeto de estudo da Evolução Biológica, à noção e significado da seleção natural e ao domínio das evidências evolutivas. Tal constatação vem ao encontro de outros trabalhos de pesquisa realizados no Brasil a respeito do ensino de Evolução Biológica. Apesar do papel central ocupado pela Biologia Evolutiva entre as ciências da vida, ela ainda não representa nos currículos educacionais, uma prioridade à altura de sua relevância intelectual e de seu potencial para contribuir para as necessidades da sociedade, à medida que esta fundamenta os estudos que permitem que a Biologia desenvolva muitas de suas aplicações sociais, como por exemplo, a compreensão e combate das doenças genéticas, sistêmicas e infecciosas e pelo melhoramento de safras e diminuição dos prejuízos causados por patógenos, insetos e ervas daninhas. É possível relacionar as concepções expressas pelos professores/alunos com o desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico buscando identificar suas origens no contexto histórico. Este enfoque objetiva enfatizar a importância do conhecimento do desenvolvimento do pensamento evolutivo para o ensino e aprendizagem do tema Evolução Biológica, apontar

algumas implicações que este tipo de abordagem apresenta, bem como ressaltar a necessidade de uma formação docente que contemple tal prática.

Abstract

This dissertation aims at identifying and discussing concepts about Biological Evolution as expressed by secondary level Biology teachers, taking into consideration that, although this knowledge is considered to be fundamental for the full understanding of Biological Sciences, educational research in this area points to a number of problems involving its learning and teaching. Empirical data was obtained from texts written by Biology teachers working in public schools in the State of Bahia (Brazil), during a course about Genetics and Evolution, as part of an in-service teachers' training initiative promoted by Federal University of Santa Catarina, in 2001-2002. These teachers were originally professionals in different fields (such as Veterinary Sciences, Nursing and Pharmacy) and received their formal training for teaching by means of distance learning. Contents of their written texts were analysed and it was possible to identify a number of misconceptions related to teachers' poor scientific understanding of Evolution process, as well as problems concerning its teaching. Some of those misconceptions were related to the object of study of Evolution, others to the notion and meaning of natural selection and also to the understanding of Evolution evidences. These aspects can be related to other similar findings in the literature. A central role is assigned to Evolution in life sciences, but not in science education curricula. Its intellectual relevance and its potential to contribute for society needs should be explored in many ways (for example, for the understanding of human genetic and infectious diseases, as well as its contribution to obtain improved crops and to fight pathogens and insects in agriculture). With the present study, it was possible to relate misconceptions expressed by teachers to the historical development of ideas about Evolution, looking for possible connections between its origins in both contexts (history of science and science education). It is proposed that teaching and learning about Biological Evolution could profit from the knowledge about its historical origins.

This study points to some implications of this approach and emphasizes the need of including historical aspects of science developments in Science teachers' education.

Agradecimentos

A concretização deste trabalho só foi possível graças à contribuição de muitas pessoas. A elas dedico meu reconhecimento e peço desculpas pelas ausências.

Agradeço.

À Professora Doutora Vivian Leyser da Rosa, orientadora, pela dedicação, empenho, compreensão, amizade, competência e profissionalismo demonstrados nesta caminhada, contribuindo em muito para meu aperfeiçoamento.

Ao professor Demétrio Delizoicov, por ter sido membro de minha banca de qualificação e pelo importante papel que desempenhou na minha decisão de optar pela área de educação.

À professora Ilíada Rainha de Souza por ter sido membro de minha banca de qualificação e pelo inestimável auxílio em todos os momentos em que este se fez necessário.

Ao professor Luiz O. Q. Peduzzi pelos empréstimos de materiais de pesquisa e pelo incentivo. “Agora está pronta!”

A todo o corpo docente do PPGECT que demonstrou competência e profissionalismo; em especial aos Professores Arden, Pinho, Angotti, Bazzo e Edel.

À Sandra, secretária do curso, por sua incansável presteza e carinho.

Aos colegas do curso, em especial à amiga Lidiane, com os quais tive a oportunidade de conviver e de compartilhar esta caminhada.

Aos professores/alunos do Curso de Complementação de Licenciatura em Biologia por terem aceitado fazer parte deste trabalho. Sem eles, ele não existiria.

Aos meus pais, Manoel e Teresa, irmãs e familiares pelo incentivo, apoio e compreensão demonstrados, mesmo à distância, durante o curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica do CED/CFM da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de realizar este trabalho.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudos durante o curso.

A todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização de mais esta fase, **OBRIGADA.**

Weu,

*Bem mais importante que ser um anjo bom,
é ser um homem bom. Obrigada por tudo.*

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Agradecimentos

Apresentação.....15

CAPÍTULO I - Evolução Biológica.....19

1.1. Evolução Biológica: Importância e Significados19

1.2. Desenvolvimento do Pensamento Evolutivo Biológico.....26

1.2.1. Concepções Naturalistas - Período de Inferências Múltiplas.....27

1.2.2. Concepções Criacionistas - Período de Respostas Prontas.....31

1.2.3. Concepções Evolucionistas - Período de Libertação.....34

1.2.3.1. Evolução Biológica antes de Darwin.....35

1.2.3.2. Evolução Biológica a partir de Darwin.....48

1.2.4. Tendências atuais da Pesquisa Evolutiva Biológica.....56

CAPÍTULO II - Evolução Biológica e Ensino.....58

2.1. O atual contexto do Ensino de Evolução Biológica.....58

2.2. Ensino do tema Evolução Biológica - Uma argumentação histórica do desenvolvimento do pensamento Evolutivo Biológico.....65

CAPÍTULO III – O cenário da Pesquisa.....69

3.1. Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia.....69

3.2. O curso de Complementação para Licenciatura de Biologia, Química, Física e Matemática.....75

3.3. O Acompanhamento da Tutoria.....81

3.4. O tema Evolução Biológica no Curso de Complementação.....90

3.5. Educação a Distância.....93

CAPÍTULO IV – Diferentes Concepções sobre o Tema Evolução Biológica.....96

4.1. Concepções a partir dos textos elaborados pelos professores/alunos.....96

4.2. Concepções a partir dos questionários respondidos pelos professores/alunos.....109

CAPÍTULO V - Considerações Finais.....117

VI - Referências Bibliográficas.....123

VII -ANEXOS.....128

Anexo 1. Grade Curricular do Curso de Complementação de Licenciatura em Biologia.

Anexo 2. Plano de Ensino da Disciplina de Tópicos Essenciais em Biologia

Anexo 3. Plano de Ensino da Disciplina de Genética e Evolução

- Anexo 4.** Proposta de atividade para as Disciplinas de Tópicos Essenciais em Biologia e Genética e Evolução
- Anexo 5.** Texto de Divulgação Científica “Três Aspectos da Evolução” (Gould, 1997).
- Anexo 6.** Questionário de Pesquisa.
- Anexo 7.** Trabalho apresentado no VIII EPEB – USP, sob o título: O tema Evolução Biológica entre professores de Biologia não Licenciados – Dificuldades e Perspectivas (Rosa, 2002).
- Anexo 8.** Trabalho apresentado no 49º ENPEC, sob o Título: “ Três Aspectos da Evolução” – Concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Gould. (Carneiro, 2003).

“Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.”

T. Dobzhansky (1973)

Apresentação

Pensar o ensino de Ciências sempre foi algo muito presente em minhas atividades acadêmicas e em minha prática docente. Meu trabalho de conclusão de curso foi desenvolvido na área de ensino de Biologia, e buscou reativar um laboratório de ciências de uma escola da rede pública estadual de Santa Catarina, bem como investigar algumas práticas docentes ligadas a atividades experimentais. Concluí meu curso de graduação em dezembro de 2000 e, a partir de maio de 2001, passei a atuar, como tutora, em todas as disciplinas de Biologia oferecidas no Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, oferecido aos professores do ensino médio do Governo do Estado da Bahia, na modalidade à distância. Surgiu então, a oportunidade de aproximar a prática profissional de algumas reflexões que caracterizaram a presente pesquisa.

Com o ingresso no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, as experiências, como tutora, passaram a ser associadas ao contexto da pesquisa sobre Ensino de Ciências, mais especificamente sobre ensino de Biologia, privilegiando as abordagens sobre Evolução Biológica, por entender que este é um tema pouco trabalhado no ensino médio, devido a questões ligadas, entre outras, principalmente a problemas relacionados à falta de domínio do conhecimento científico por parte dos docentes.

Nesse período, em contato com os professores/alunos¹ do Curso de Complementação e com as atividades por eles elaboradas, foi possível detectar

¹ No presente trabalho de pesquisa, os alunos do Curso de Complementação foram designados como *professores/alunos* porque os mesmos exercem simultaneamente a função docente. A designação de *professores*, será relativa aos professores que ministraram as disciplinas do Curso. Quando houver referências a *alunos*, será relativas aos que cursam o ensino médio.

diversas questões ligadas a concepções sobre Evolução Biológica que não correspondem ao conhecimento científico, podendo ser assim, consideradas equivocadas. A análise de textos sobre o tema Evolução Biológica, elaborados por estes professores/alunos, sinalizou a necessidade de um estudo mais aprofundado sobre tais concepções, processo que resultou na presente dissertação.

O objetivo geral deste estudo é o de contribuir para o entendimento dos problemas que permeiam a abordagem docente do tema Evolução Biológica, a partir da identificação e análise de diferentes concepções expressas por professores de Biologia do ensino médio. Entendo que, a partir da identificação das concepções, corretas ou equivocadas, expressas por estes professores/alunos, será possível traçar um quadro de importantes questões ligadas a este tema, como por exemplo, a idéia de progresso e o conflito com crenças religiosas. As origens de tais concepções podem estar relacionadas às lacunas na formação inicial dos professores de Biologia. A partir desse quadro, poderão ser traçadas estratégias para identificar e oferecer contribuições para superar tais concepções, bem como, apontar questões que possam ser contempladas em programas de formação continuada.

A amostra utilizada nessa pesquisa é extremamente peculiar do ponto de vista das características dos professores/alunos, quando comparada a pesquisas similares. Peculiar ao ponto de ser considerada única. Apesar de o grupo ser formado por professores de Biologia em exercício na rede pública estadual da Bahia, o mesmo é heterogêneo em sua formação inicial, pois poucos são bacharéis em Ciências Biológicas (8%), a maioria sendo formados em áreas afins como Agronomia (23%), Enfermagem (28%), Farmácia (15%), Medicina Veterinária (14%) e Odontologia (12%). Além desse diferencial, somente em 2001 estes professores iniciaram a licenciatura em Biologia em um curso com duração de um ano que não iria ser oferecido novamente na modalidade relatada no presente trabalho. Estas características da amostra permitem algumas inferências diferentes das que

aconteceriam se a amostra fosse composta somente por professores oficialmente habilitados para as funções docentes e com formação inicial em Ciências Biológicas.

Levando em conta a heterogeneidade dos quadros funcionais, principalmente nas redes de ensino públicas brasileiras, a análise feita a partir dessa amostra será de extrema relevância, pois permitirá uma melhor compreensão do contexto do ensino do tema Evolução Biológica, possibilitando avaliar de que forma as concepções de profissionais de diferentes formações, quando tratam do tema Evolução Biológica, podem vir a interferir na sua atuação docente.

Pretende-se, a partir deste estudo, oferecer alguns indicativos para que o ensino e a aprendizagem deste tema, considerado central para o entendimento da Biologia, se tornem mais efetivos e plenos de significados, para professores e alunos.

Para tanto, no primeiro capítulo, escolhi enfatizar a natureza, importância e significados da Evolução Biológica a fim de contextualizar a relevância dos conceitos evolutivos para a compreensão da Biologia, bem como, o desenvolvimento histórico do pensamento evolutivo biológico. Demonstrar a trajetória desses conceitos ao longo do tempo permitirá o entendimento da ciência enquanto uma construção humana configurada por um contexto sócio-cultural. Perceber o tema Evolução Biológica no processo de ensino/aprendizagem a partir do seu desenvolvimento histórico pode contribuir para seu entendimento. Nesse sentido, Leite (2004) argumenta que História da Ciência pode ser utilizada como um recurso no ensino de Ciências Naturais e de Biologia, visando superar as concepções inadequadas sobre a natureza da Ciência e também como um expediente a fim de melhorar a educação científica, não esquecendo de enfatizar a necessidade de que os professores devam ser preparados para trabalhar nesta perspectiva.

No segundo capítulo dessa dissertação, a abordagem está centrada nas questões que envolvem o ensino e aprendizagem do tema Evolução Biológica. Com

base na bibliografia disponível e registrada em anais de eventos realizados nos últimos anos no Brasil, apontarei algumas das principais dificuldades identificadas no ensino médio.

No terceiro capítulo, inicialmente relatarei as peculiaridades do contexto onde a pesquisa se desenvolveu, procurando localizar o leitor em relação a aspectos sobre a amostra utilizada. A seguir, caracterizarei o curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, Química, Física e Matemática e, finalmente, farei uma breve apresentação sobre o que é preconizado pela modalidade Educação a Distância.

No quarto capítulo, apresentarei uma análise das diferentes concepções que os professores/alunos da amostra estudada, possuem sobre o tema Evolução Biológica. Mostrarei que tais concepções estão tanto identificadas com os conceitos atualmente compartilhados, na comunidade científica, sobre os processos e mecanismos da Evolução Biológica, como também apresentam elementos vinculados ao senso comum e à crenças religiosas, conforme aponta a literatura da área.

No quinto capítulo, baseada no estudo realizado, ofereço algumas considerações finais procurando estabelecer conexões com as discussões apresentadas ao longo desta dissertação e aponto perspectivas de novas pesquisas sobre o ensino do tema Evolução Biológica.

CAPÍTULO I

Evolução Biológica

Neste capítulo, no primeiro tópico, abordarei a importância e significados da Evolução Biológica para o contexto das Ciências Biológicas. No segundo tópico, será dado destaque para o resgate histórico do desenvolvimento do pensamento sobre a origem das espécies. O intuito destas abordagens é melhor compreender os fatos científicos atualmente aceitos sobre Evolução Biológica, bem como, relacionar o contexto histórico de seu desenvolvimento com questões ligadas ao ensino e aprendizagem deste tema, neste e nos demais capítulos desta dissertação.

Não desconsiderando que existam referências mais atuais sobre o tema e enfoques mais ligados à Filosofia da Ciência, estas abordagens têm como fontes principais as obras de Mayr (1998), Futuyma (1992, 2002), Stebbins (1970) e Dobzhansky e cols. (1988).

1.1. Evolução Biológica: Importância e Significados

Ao iniciar uma abordagem sobre a importância e o significado da Evolução Biológica para o contexto das Ciências Biológicas, primeiramente cabe lembrar a afirmação feita por Theodosius Dobzhansky (1973) na célebre frase “*Nada em Biologia faz sentido se não for à luz da Evolução*”. Em outras palavras, Dobzhansky afirma que na Biologia, é a realidade da Evolução Biológica que em última instância confere coesão e vincula, direta ou indiretamente, cada um a todos os outros estudos biológicos.

Em um mundo que pode ter de dez a trinta milhões de espécies distintas, que exploram de diversas formas um grande número de habitats, a variedade de

possíveis interações entre as populações e o meio ambiente é enorme (Dobzhansky e cols. 1988).

Atualmente, temos consciência da enorme diversidade de seres vivos, todos eles descendentes de um antepassado comum que viveu em um tempo remoto. Segundo Ayala (1983), até o século XIX, o conjunto das explicações dos processos² que permitiram toda esta diversidade, era chamado de *Teoria* da Evolução Biológica, no sentido de que poderia existir alguma probabilidade de que as explicações fossem incorretas. Apesar do termo Teoria da Evolução Biológica ser usual nos meios de ensino e de pesquisa, já não se duvida que a Evolução Biológica seja efetivamente um fato. Aceitar algo como um fato, significa admitir sua existência a despeito do que sabemos ou compreendemos a respeito. Nenhum debate científico recente tem posto em dúvida o fato ou a realidade objetiva da Evolução Biológica, embora haja divergências a propósito de sua reconstituição histórica ou sobre seus mecanismos causais. No entanto, polêmicas científicas sobre "como" ou "por que" a Evolução Biológica ocorreu no passado e continua a ocorrer no presente, não a suprimem como um fato. Biólogos modernos aceitam a Evolução Biológica como um fato tão bem demonstrado como os fatos da história antiga (Stebbins, 1970).

Futuyma (1992) argumenta que a Evolução Biológica é um conjunto de afirmações interligadas sobre seleção natural e outros processos que a causam, segundo uma gama de evidências amplamente aceitas, assim como a teoria atômica e a teoria da mecânica newtoniana são conjuntos de afirmações que descrevem causas e fenômenos químicos e físicos. A afirmação de que organismos descenderam, com modificações, a partir de ancestrais comuns - a realidade histórica da Evolução Biológica – não é uma teoria. Apesar de nem todas as evidências evolutivas poderem ser testadas empiricamente, ela é um fato, tanto

² No presente trabalho, quando em referência à Evolução Biológica, o termo processo será utilizado como sinônimo para os termos mecanismos e/ou fatores.

quanto o fato das revoluções da Terra ao redor do Sol. Assim como o sistema heliocêntrico, a Evolução Biológica começou como uma hipótese e atingiu o *status* de “fato” à medida que evidências a seu favor se tornaram tão poderosas que nenhuma pessoa destituída de preconceitos e munida de conhecimento pode negar sua realidade. Os oponentes atuais da Evolução Biológica, quase sem exceção, sustentam suas posições não com base em argumentação lógica, mas em emoções e crenças religiosas. Como exemplo, temos a teoria do *Design* Inteligente. Segundo Dembski (1999) e Behe (1997), esta teoria sustenta que causas inteligentes seriam responsáveis pela origem do universo e da vida, em toda a sua diversidade. Seus defensores argumentam que ela é uma teoria científica, oferecendo provas empíricas da existência de Deus ou de alienígenas super inteligentes. Acreditam que o *Design* Inteligente seja detectável empiricamente na natureza e em sistemas vivos. Os argumentos a favor dessa teoria parecem ser os argumentos criacionistas sem referências à Bíblia. Entre outros aspectos, rejeitam a noção de seleção natural, por entender que esta nega a possibilidade do universo ter sido projetado ou criado.

Para as Ciências Biológicas, a Evolução Biológica representa um elemento unificador através do qual muitos e diversos fatores como as semelhanças anatômicas e fisiológicas entre diferentes espécies, os conhecimentos sobre embriologia animal, a diversidade de espécies e os registros fósseis entre outros, são integrados e explicados (Futuyma, 1992). Por esta razão, segundo Valotta (2000), a compreensão da Biologia moderna é incompleta sem o entendimento da Evolução Biológica. Contudo, apesar de ser considerada um dos pilares da Biologia por cientistas e filósofos como, por exemplo, Francis Jacob e Stephen Jay Gould, a Evolução Biológica não tem merecido o mesmo *status* quando se trata de ensino de Biologia em nossas escolas onde, quando não é suprimida, é muito pouco abordada (Pacheco e Oliveira, 1997).

A Evolução Biológica, um fato e não uma hipótese, é o conceito central e unificador da Biologia (Gayon, 2001) e, segundo Futuyma (1992), *como todos os*

conceitos importantes, a Evolução Biológica gera controvérsia; como muitos conceitos importantes, ela tem sido usada como uma base ou fundamento intelectual para pontos de vista filosóficos, éticos ou sociais. Em seu sentido mais amplo, a Evolução Biológica é meramente mudança e, deste modo, é uma idéia de ampla penetração - galáxias, linguagens e sistemas políticos evoluem. Evolução Biológica é a mudança nas propriedades das populações dos organismos que transcendem o período de vida de um único indivíduo. A ontogenia de um indivíduo não é considerada evolução; organismos individuais não evoluem. Para as populações, somente as mudanças que são herdáveis de uma geração para outra, via material genético, são consideradas mudanças evolutivas. A evolução biológica pode ser pequena ou substancial, ela abrange tudo, desde as pequenas mudanças até alterações sucessivas que levaram os primeiros proto-organismos a se transformarem em caramujos, abelhas, girafas...(Futuyma, 1992 p.7)

A unidade, a diversidade e as características adaptativas dos organismos são conseqüências da história evolutiva e só podem ser plenamente compreendidas nessa perspectiva. A ciência da biologia evolutiva é o estudo da história da vida e dos processos que levaram à sua unidade e diversidade. Nesse sentido, Futuyma (2002) enfatiza que, atualmente, três grandes temas permeiam as Ciências Biológicas: função, unidade e diversidade.

O tema “função” refere-se aos processos que fazem os organismos funcionar. Muitos desses processos são adaptações: características biológicas que favorecem a sobrevivência e a reprodução. Já a questão da “unidade” diz respeito ao fato de que algumas dessas características são encontradas apenas em certos grupos de organismos, enquanto outras são compartilhadas por quase todos os seres vivos. Futuyma (2002) ainda aponta o tema da “diversidade”, uma vez que é espantosa a variação das características biológicas, entre milhões de espécies na Terra.

A partir do conceito evolutivo de espécie, proposto pelo paleontólogo George Gaylord Simpson em 1944, uma espécie é uma linhagem evoluindo separadamente de outras. Portanto, numa perspectiva em longo prazo, a Evolução Biológica é a descendência, com modificações, de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns e, desta forma, a história da Evolução Biológica tem dois componentes principais: a ramificação das linhagens e as mudanças dentro delas (incluindo a extinção). Espécies inicialmente similares tornam-se cada vez mais diferentes, de modo que, decorrido tempo suficiente, elas podem chegar a apresentar diferenças profundas (Simpson, 1944).

Segundo Stebbins (1970), a Biologia Moderna possui dois conceitos unificadores: o da organização e o da continuidade. Quando se fala em organização, fala-se que as propriedades da vida não dependem apenas das substâncias de que a matéria viva é composta, e isto em qualquer nível. Os seres vivos devem sua natureza à maneira pela qual os componentes se organizam em padrões ordenados, bem mais permanentes do que as próprias substâncias. O outro conceito unificador, segundo Stebbins (1970), é o da continuidade da vida através da hereditariedade e da Evolução Biológica. Segundo este conceito, há semelhanças entre organismos porque estes receberam de algum ancestral comum, genes que são semelhantes por serem constituídos pelos mesmos ácidos nucléicos e pelo modo como estas substâncias estão organizadas. Quando organismos aparentados diferem uns dos outros, isto significa que, em linhagens distintas da sua descendência de um ancestral comum, ocorreram mudanças nos genes e essas mudanças se fixaram em populações inteiras.

Os processos da Evolução Biológica, tais como mutações e isolamento geográfico, incluem também a seleção natural, que é responsável pelas adaptações dos organismos a diferentes ambientes. Segundo Futuyma (1992), nem a seleção natural, nem qualquer outro processo evolutivo, como por exemplo, as mutações, são providenciais; a seleção natural, por exemplo, é meramente a sobrevivência e

maior reprodução de alguns organismos em comparação a outros, sob quaisquer condições ambientais que estejam prevalecendo no momento. Deste modo, a seleção natural não pode equipar uma espécie para encarar novas contingências futuras e também não tem propósito ou direção - nem mesmo a sobrevivência da espécie. Assim como os ambientes variam, também o fazem os agentes da seleção natural tais como recombinação e mutação. Deste modo, embora tendências possam ser percebidas na Evolução Biológica de 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 (Gould, 2001).

Freire-Maia (1986) coloca, como proposição geral, que a mutação é a matéria-prima da Evolução Biológica e que ela ocorre ao acaso, no sentido que seu aparecimento não responde às necessidades adaptativas. Entretanto, salienta que tal acaso não tem o sentido de que não haja limitações de frequência, de tipo e de amplitude. Segundo o mesmo autor, a constituição da matéria determina o espectro das mutações possíveis, sendo, desta forma, um fator limitante e, até certo ponto, dirigente da Evolução. Considera também que a seleção natural conduz as variações genéticas através de canais adaptativos, produzindo a Evolução Biológica, sendo então aceita como anti-acaso, o qual, atuando sobre o acaso das mutações, conseguiria dar direção aos processos evolutivos e criar novidades pequenas ou grandes – de uma simples raça geográfica aos vertebrados, aos mamíferos, ao homem. Freire-Maia (1986) entende ainda que dizer que a seleção natural é anti-acaso significa conferir a capacidade de ir contra o acaso, a algo que deriva do acaso das mutações e das variações ambientais. O autor não vê como o anti-acaso possa realizar criações em nível megaevolucionário, dando orientações a longo prazo e criando algo completamente novo na base do que já existia.

Segundo Freire-Maia (1986), na evolução dos seres vivos, operam lado a lado fatores estocásticos (acontecimentos causais, que ocorrem ao acaso) e determinísticos, que correspondem, até certo ponto, ao que, inspirado em

Demócrito, Monod (1970) chamou de acaso e necessidade. Freire-Maia (1986) considera a deriva genética o fator evolutivo que acontece ao mais puro acaso e que, portanto, não constrói nada além do acidental.

Segundo autores como Barahona (1998) e Gould (2001), a falta de propósito dos processos que levam à Evolução Biológica não é facilmente aceita. A Evolução Biológica já foi igualada com “progresso” das formas de vida inferiores às superiores, mas é impossível definir quaisquer critérios não arbitrários pelos quais tal “progresso” possa ser medido. A própria palavra “progresso” implica direção, se não mesmo o avanço em relação a um objetivo, mas nem direção nem objetivo são fornecidos pelos mecanismos da Evolução Biológica. Isso era tão evidente para Darwin que, segundo Futuyma (1992) ele escreveu, em seu caderno de notas, *nunca dizer superior ou inferior*, em referência às diferentes formas de vida.

Darwin, quando publicou sua principal e mais conhecida obra sob o título *Da origem das espécies por meio da seleção natural, ou a preservação das raças favorecidas na luta pela vida*, que passou a ser conhecida historicamente apenas como *A origem das espécies*, defendeu que os organismos são produtos de uma história de descendência com modificação a partir de ancestrais comuns, e que o principal processo da Evolução Biológica é o da seleção natural das variações hereditárias (Gould, 2001). Segundo El-Hani e Videira (2000), a obra de Darwin tem sua contrapartida nos dois principais campos de estudo que constituem a Biologia Evolutiva atual: o estudo da história evolutiva e a elucidação dos processos evolutivos.

Em outras palavras, a Evolução Biológica trata de *como* teriam ocorrido as transformações gradativas na matéria viva, de modo a possibilitar a vida, bem como dos caminhos percorridos pelos seres vivos até chegar à diversidade atual (Silva e Cols., 1997).

1.2. Desenvolvimento do Pensamento Evolutivo Biológico

Em toda a disciplina científica, as idéias predominantes e mesmo as questões formuladas são produto do desenvolvimento histórico (Fleck, 1986). Assim, para entender a Evolução Biológica, é essencial conhecer um pouco de sua história.

Escrever sobre a história do desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico requer que alguns períodos intelectuais do conhecimento científico sirvam como referências. Nesse sentido, a cultura dos séculos V e IV a.C., o absolutismo da Idade Média e a revolução científica do século XVII, são exemplos de meios intelectuais marcadamente diferentes.

O resgate histórico-intelectual que faço desses períodos no presente trabalho, tem como foco principal as idéias sobre Ciências Biológicas, procurando, em especial, referências sobre a Biologia Evolutiva ou indícios que poderiam levar ao seu desenvolvimento. Para isso, de forma geral, divido a história intelectual do desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico em três períodos distintos, conforme a maior ou menor tendência ao desenvolvimento desse pensamento: (1) um período de inferências múltiplas, caracterizado pelas concepções naturalistas, (2) um período de estagnação, caracterizado pelo cristianismo e (3) um período de libertação, caracterizado pelo evolucionismo. Os autores que subsidiaram o resgate aqui constituído são Chassot (2002), Gleiser (1997), Dobzhansky e cols. (1988) e Mayr (1998).

Inicialmente, examinarei o modo de ver do homem primitivo, em relação ao mundo. Segundo Chassot (2002), a sobrevivência dos povos primitivos dependia dos conhecimentos que eles detinham sobre a natureza, o que os tornava marcadamente naturalistas. A seguir, examinarei a forma como a concepção

criacionista permitiu ou dirigiu o olhar do homem sobre o mundo. Segundo Chassot (2002), ao contrário da Concepção Naturalista, a ação divina ou sobrenatural sobrepõe-se à explicação dada pelo “fenômeno natural”. Finalmente, e de forma mais extensa, examinarei o desenvolvimento das concepções evolucionistas.

1.2.1. Concepções Naturalistas – Período de Inferências múltiplas

Há milênios, muito antes de existir o corpo de conhecimento que hoje chamamos de ciência, a relação dos seres humanos com o mundo era bem diferente da atual (Gleiser, 1997). Até o século VI a.C., a natureza era a única responsável pela sobrevivência do homem, que vivia de forma bastante rudimentar. Atribuir aspectos divinos à natureza era uma forma do homem aliar-se a ela para não sofrer os efeitos de catástrofes tais como vulcões, tempestades ou furações sobre suas casas, plantações e animais. O grau de deificação atribuído à Natureza era determinado pela localização, clima ou isolamento geográfico de cada grupo.

As Concepções Naturalistas têm como pressuposto, desde o pensamento grego, que a Natureza segue leis naturais, racionais e necessárias. Nada aconteceria ao acaso, pois o mundo seria regido por uma harmonia preestabelecida – uma espécie de “acordo” natural – entre os seres vivos e seu ambiente, como se tudo já estivesse organizado, pronto, sob a lei de forças naturais. A natureza, sob essa ótica, é concebida como se progredisse, gradativamente, das coisas inanimadas para as criaturas vivas (Cunha e cols. 2003).

Gleiser (1997) ressalta que uma demonstração dessa forma de pensar é o princípio da Geração Espontânea ou Abiogênese, formulado por Aristóteles, segundo o qual alguns seres vivos desenvolver-se-iam a partir da matéria inorgânica em contato com um princípio ativo existente nas coisas. Assim, a vida surgiria de

suas adjacências imediatas e sempre que as condições naturais do meio fossem favoráveis. Os insetos e os vermes, por exemplo, surgiriam da gota de orvalho e do lodo. Os ratos e os peixes, por outro lado, surgiriam da areia e da lama.

A Concepção Naturalista apresenta variações, conforme se acentua o papel da vida orgânica ou dos elementos físico-químicos como causadores da realização dos fenômenos, ou mesmo, quando não há prioridade de um sobre o outro. Segundo Dobzhansky e cols. (1988), tais variações são o Animismo, o Vitalismo e o Finalismo.

Segundo Dobzhansky e cols. (1988), no início da história da humanidade, o Animismo permitia que o homem primitivo interpretasse a natureza. Acreditava-se que tudo estava animado e vivificado, que os objetos da natureza eram, em sua singularidade e em sua totalidade, seres animados, como o deus sol, a divindade lunar, o trovão, a montanha sagrada, os espíritos da água, do fogo, do vento e outros. Portanto, a concepção da época era a de que tudo na natureza tinha vida. Mesmo as rochas e o firmamento seriam habitados por espíritos e deuses, e a natureza era entendida como viva e criativa. A animação de todos os seres era concebida de forma natural e prevalecia a crença de que os fenômenos e as forças da natureza eram capazes de intervir nos assuntos humanos. O Animismo atribuía, portanto, até à matéria inanimada e mais elementar, qualidades biológicas como a vida mais desenvolvida, ou qualidades psicológicas, como a consciência, e a intencionalidade do próprio homem. Não existia diferença entre ser animado e inanimado, ser consciente e inconsciente. É como se natureza e divindade se confundissem: Deus era inerente ao natural.

Já no Vitalismo, somente os seres vivos possuíam vida e consciência. Os seres vivos seriam animados por uma força vital, uma espécie de “centelha divina”, alguma coisa fora do domínio da ciência. Assim, todas as funções e os processos da vida baseavam-se, portanto, na existência de um componente não-físico para

explicar a vida, o princípio vital inerente aos organismos vivos, independente de causas externas e de origem de seus complexos fenômenos (Cunha e cols. 2003).

Segundo Chassot (2002), para essa concepção, a matéria de que são feitos os seres vivos, uma planta, por exemplo, exibia “algo mais” que um simples arranjo diferente de átomos. Suas propriedades se deviam a substâncias especiais e não às leis da Física e da Química, por serem essas mesmas leis insuficientes para explicar o fenômeno da vida. Os seres vivos, movidos por essa força desconhecida, seriam capazes de reagir naturalmente e de maneira independente a qualquer tipo de circunstâncias que os afetasse. Em resumo, por muitos anos, permaneceu uma indistinção entre os fenômenos vitais e os fenômenos relacionados à vida consciente.

O Finalismo, por sua vez, concebia uma finalidade ou propósito intrínseco nas coisas, que seriam movidas por causas externas, como se tudo fosse necessariamente dirigido para o melhor fim e visando a perfeição. É assim que essa concepção influenciou as ciências naturais, de tal modo que o conjunto dos fenômenos (especificamente, os processos vitais) era explicado em vista de um fim determinado, previsto, e numa ordem hierárquica: cada coisa era colocada numa ordem de continuidade, da mais inferior a mais complexa, visando à perfeição. Cada coisa era, também, colocada tendo em vista uma função, um fim a ser alcançado. Na concepção Finalista, por exemplo, a evolução orgânica estava orientada para um claro propósito de especialização e aperfeiçoamento, começando com o ser considerado mais imperfeito até chegar ao mais perfeito (Chassot, 2002).

A concepção, ainda hoje expressa, de que a Evolução Biológica acontece para atender determinadas necessidades tendo, portanto, uma direção e uma finalidade específica, parece ter sua origem no pensamento finalista. Esta forma de pensamento não justificaria de outra maneira que algumas espécies tenham, por exemplo, determinadas funções sensoriais mais desenvolvidas do que outras espécies se não

fosse para atender sua necessidade de sobrevivência. No entanto, a sobrevivência de tais espécies só ocorre porque elas possuem capacidades específicas.

O pensamento Finalista aparece em Aristóteles, no século IV a.C., quando ele, por exemplo, concebe que o olho teria como propósito final a visão, isto é, o olho existiria para realizar sua finalidade que é ver. Aristóteles também considerava que os seres vivos se desenvolvem numa ordem do menos perfeito, ou mais simples, ao mais perfeito ou mais complexo. Na mesma linha de raciocínio, segue Teofrasto de Eresos (372-288 a.C.), discípulo de Aristóteles e de Platão, denominado “o fundador da Botânica”. Teofrasto classificou os vegetais segundo a hierarquia finalista, em “árvores, arbustos, subarbustos e ervas”, classificação que hoje já não é mais válida na Botânica. Nessa concepção, não há uma ordem natural, uma escala harmônica que vai de um ser a outro, não aparecendo qualquer característica que anuncie uma transformação, uma construção, nenhuma espécie de relação de troca entre seres vivos e elementos do ambiente (Gleiser, 1997).

O que une as Concepções Animista, Vitalista e Finalista é a existência de um princípio vital, imaterial, para explicar os fenômenos naturais. A natureza possui vida e consciência e as vontades dos homens e das coisas entrecruzam-se numa emaranhada rede.

Segundo Gleiser (1997), o Vitalismo e o Finalismo mesmo com uma base anti-evolucionista, em especial com Platão e Aristóteles, possibilitaram ao homem perceber a existência de coisas inanimadas com “movimentos próprios”, com uma ordem, uma hierarquia e uma finalidade apesar de ter em comum uma causa natural. Esta visão era regida por divindades da mitologia grega (Zeus, Atenas, Apolo, Netuno), como o princípio ordenador último, pois não detinham conhecimento sobre a matéria que constitui a vida.

1.2.2. Concepções Criacionistas - Período de Respostas Prontas

As idéias fundadas numa lei natural, imutável e perfeita, atravessaram séculos, até que a noção do princípio vital fosse questionada, concebendo-se tais leis como submetidas à ação contínua de um poder no plano Criador, mediante a intervenção de Deus. Surgiu, assim, uma nova concepção – o Criacionismo. Chassot (2002), afirma que, ao contrário da Concepção Naturalista, no Criacionismo a ação divina ou sobrenatural sobrepõe-se à explicação dada pelo “fenômeno natural”.

Em consequência disso, a idéia implícita nessa concepção torna inútil qualquer investigação científica a respeito da origem da vida, por justamente assentar sua base em um princípio dogmático, ou seja, a criação pelo divino. Como exemplo dessa concepção, temos a explicação criacionista da origem da vida e a classificação botânica de Lineu (nos seus primeiros estudos), para quem as diferentes espécies seriam tantas quantas saíssem da criação divina e assim seriam encontradas na natureza. Com base no Criacionismo, o contínuo surgimento de novas espécies nunca ocorre, já que todas foram criadas de uma só vez por Deus durante os seis dias da criação (Mayr, 1998).

Mas no Criacionismo, a exemplo das Concepções Naturalistas, permanece a idéia de uma harmonia pré-determinada, na qual Deus Criador justifica a criação. Também, fica de fora qualquer idéia de transformação, pois as formas aparecem independentes uma das outras, ainda sem qualquer referência à causalidade evolutiva. O avanço do Cristianismo, ao contrário das concepções anteriores, está em afirmar a possibilidade de uma criação adquirida pouco a pouco, trazendo a idéia de sucessão histórica para a explicação dos fenômenos que antes eram concebidos como atemporais. Segundo Gleiser (1997), não é simplesmente no dogma de que o mundo foi criado em sete dias, portanto, que está a ênfase do Criacionismo, mas no que ele passou a representar, pois o conceito grego de um mundo eterno e estático

foi substituído por um mundo temporal, quando a concepção criacionista conquistou o Ocidente. O conceito até então existente foi substituído pelo conceito de criação. Nesse sentido, pensar na ocorrência de mudanças sucessivas localizadas em tempos diferentes, pode ter contribuído para o desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico.

Segundo Chassot (2002), como a Bíblia explicava tão bem todos os questionamentos sobre as origens, não era em absoluto necessário, e até mesmo impossível, questionar o “por que” ou pensar em Evolução Biológica. O mundo criado por Deus era o melhor dos mundos possíveis e o homem deveria portar-se nele conforme as orientações postas por Deus. A natureza servia para atender o homem em suas necessidades, contrariamente às Concepções Naturalistas.

Não havia conflito entre a religião cristã e a ciência na época da Renascença. Principalmente no século XVIII, ambas foram sintetizadas como Teologia Natural, onde os filósofos naturalistas estudavam as causas próximas, pelas quais as leis divinas se manifestavam. Nenhum outro desdobramento no Cristianismo foi tão importante para a Biologia como a visão de mundo conhecida como Teologia Natural, mas a liberdade intelectual e uma visão mais aberta dos acontecimentos naturais, que eventualmente a Teologia Natural tenha fornecido, não ocorreu efetivamente até o século XVII. A Teologia Natural é uma visão de mundo que veio complementar a visão de mundo posta pela Bíblia, pois explicava os fenômenos naturais a partir dos preceitos bíblicos. A natureza e seus fenômenos eram vistos como uma extensão ou manifestação do que a Bíblia dizia. Era como se a Bíblia continuasse a ser escrita. Esta visão de mundo, mesmo dentro da rigidez dos preceitos cristãos e da falta de necessidade de explicações, representou uma maneira de o homem entender melhor o que já estava posto como verdade absoluta pelas leis do Cristianismo, uma tentativa de burlar a estagnação intelectual imposta pelas explicações bíblicas (Cunha e cols., 2003).

Chassot (2002) afirma que ninguém foi mais importante para a Teologia Natural do que Santo Tomás de Aquino (1227-1274). A visão de mundo teleológico tornou-se predominante no mundo ocidental por meio de seus escritos, nos quais defende que deve haver uma ordem e uma harmonia no mundo, o que leva a crer que deva existir um ser inteligente que dirige todas as coisas naturais ao seu fim.

Segundo Chassot (2002), é inquestionável o fundamento que a Teologia Natural forneceu para a Biologia Evolutiva. Apesar da Evolução Biológica praticamente não ter recebido qualquer atenção antes de 1859, a Biologia Evolutiva beneficiou-se grandemente com a Teologia Natural, pois as questões por ela levantadas a respeito da forma como o poder criador adaptou todos os organismos, uns aos outros e ao seu ambiente, conduziram a estudos sobre os instintos animais e sobre adaptação das flores para a polinização pelos insetos e às correspondentes adaptações dos polinizadores. Somente no período darwiniano é que os estudos sobre adaptação foram retomados com a mesma força que o foram na Teologia Natural. Todos os teólogos naturais descreviam, na época, o que hoje entendemos por adaptação darwinista. Segundo Mayr (1998), quando a “mão do criador” foi substituída, no esquema explicativo, pela “seleção natural”, foi possível incorporar na Biologia Evolutiva, quase inalterada, a maior parte da literatura da Teologia Natural sobre os organismos vivos.

Portanto, o pensamento evolutivo, que se originou a partir de uma concepção naturalista livre, foi doutrinado por uma concepção criacionista. Posteriormente, desenvolveu-se uma concepção de Teologia Natural onde às questões naturais recheavam as concepções postas pela Bíblia.

1.2.3. Concepções Evolucionistas: Período de Libertação

Na busca do contexto histórico do desenvolvimento do pensamento evolutivo, destacam-se duas concepções antagônicas a respeito das origens das espécies. A primeira delas, como visto nas Concepções Naturalistas e Criacionistas, não concebe a Evolução Biológica como determinante da diversidade dos seres vivos, enquanto que a outra, a evolucionista, encontra na teoria da Evolução Biológica, os argumentos para justificar tal fenômeno.

Segundo Mayr (1998), a Evolução Biológica, de certa maneira, contradiz o senso comum. Entenda-se aqui, senso comum como o conhecimento oriundo da observação ingênua da regularidade da ocorrência de certos fenômenos naturais, diferentemente do conhecimento científico que, segundo Chassot (2002), surge da necessidade do homem deixar de ocupar uma posição passiva em face dos fenômenos que o rodeiam, dinamizando sua racionalidade para, de uma forma sistemática, metódica e crítica, desvelar o mundo a fim de compreendê-lo, explicá-lo e dominá-lo. Para Lima (1999), o senso comum é o conhecimento concebido a partir da percepção que o sujeito tem sobre a natureza e a experiência, é a principal fonte de produção desse conhecimento. Portanto, o senso comum no contexto da Evolução Biológica pode ser entendido como um conhecimento que surge como consequência da necessidade de resolver problemas imediatos que aparecem na vida prática e que são decorrentes do contato direto com os fatos e com os fenômenos que acontecem no dia-a-dia. Ainda no contexto da Evolução Biológica, o conhecimento fruto do senso comum é impregnado por crenças religiosas e utilizado para explicar questões controversas como diferentes teorias sobre a origem das espécies.

O uso dos conhecimentos científicos de forma parcial ou inadequada também leva a origem desse tipo de conhecimento. Por exemplo, é muito mais fácil dizer que a espécie humana “veio dos macacos” do que explicar que a espécie humana “possui

um ancestral em comum com os macacos”, pois tal colocação pressupõe outras questões imediatas tais como definir ancestral comum, saber quem é esse ancestral comum e explicar como a ciência chegou a tal conclusão.

Segundo Mayr (1998), foi necessária uma verdadeira revolução intelectual, antes que a idéia de Evolução Biológica fosse concebida. O maior obstáculo para o estabelecimento da teoria da Evolução Biológica no final da Idade Média, residia no fato de que ela não pode ser observada diretamente como os fenômenos físicos, tais como o cair de uma pedra, ou água fervente, ou qualquer outro processo que acontece em segundos, minutos ou horas. Em vez disso, a Evolução Biológica só pode ser inferida. Além desse obstáculo, a visão de mundo que prevalecia na cultura ocidental também era incompatível, na época, com o pensamento evolutivo. Tal visão, fortemente Criacionista, apoiava-se, segundo Mayr (1998), em duas teses maiores. A primeira era a crença de que o universo, em cada um de seus detalhes, havia sido concebido por um poder criador inteligente. A segunda, era a idéia de um mundo imutável, de duração limitada. Estas idéias eram tão arraigadas na mente ocidental que parecia inconcebível que pudessem ser desalojadas.

1.2.3.1. Evolução Biológica antes de Darwin

No resgate da história do desenvolvimento do pensamento evolutivo, a falta de registros ou esquemas explicativos sobre fenômenos observados indica que a ciência das civilizações primitivas não avançou significativamente. Mas, a partir dos séculos VI, V, e IV a.C., a característica politeísta dos gregos antigos, em contraste com o monoteísmo do judaísmo, cristianismo e islamismo, permitiu o desenvolvimento da filosofia e da ciência primitiva. A liberdade em acreditar em todas as forças, sobrenaturais e naturais, caracterizada pelas concepções Naturalistas, permitia total liberdade para que diferentes pensadores chegassem a

diferentes conclusões e, nessa época, destacam-se em especial três períodos: o da história natural, o da filosofia e o biomédico.

Segundo Mayr (1998), na biologia grega destaca-se um período da história natural, história esta baseada em conhecimentos e observações sobre plantas e animais locais. Estes conhecimentos, contudo, não representavam mais do que uma imagem tênue de um conjunto muito maior de conhecimentos que viriam a ser postulados em diferentes áreas da Biologia em outras épocas. Nesse período, era permitido fazer analogias sobre diversos fatores biológicos e comportamentais entre os animais e os homens, fato que veio a contribuir com o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de anatomia e medicina.

Mayr (1998) ressalta que é possível destacar ainda, na biologia grega, a tentativa de explicar muitos fenômenos diferentes a partir de um fenômeno unificador, uma causa única, da qual tudo o mais se originava. Para isso, filósofos gregos como Thales, Anaximandro, Anaxímenes e seus seguidores, relacionaram os fenômenos naturais com causas naturais como a água, a terra, o ar ou uma matéria indefinida, e não a espíritos, deuses ou outros agentes sobrenaturais, marcando assim os primórdios da ciência.

Em especial, nos séculos VI e V a.C. estabeleceu-se uma Tradição Filosófica. Nesse período, Empédocles postulou que a combinação variada dos quatro elementos (fogo, ar, água e terra) conduzia, por vezes, à maior homogeneidade e, por vezes, à maior mistura, e teria dado origem a todo o mundo material.

Ainda nesse período, Demócrito parece ter sido o primeiro filósofo a indagar se a organização dos fenômenos naturais resultava puramente do acaso, ou se ela era uma necessidade dos componentes elementares, os átomos. Nesse sentido, a dualidade entre acaso e necessidade representa, desde então, um tema de controvérsias entre filósofos. Segundo Mayr (1998), 2.200 anos mais tarde, foi

Darwin quem mostrou que acaso e necessidade não são as duas únicas opções, e que o processo de seleção natural afasta o dilema de Demócrito.

Os filósofos dessa época pensavam que podiam encontrar explicação para fenômenos biológicos, como locomoção, nutrição, percepção e reprodução, por um pensamento concentrado somente sobre o problema. Porém, foi somente com a emancipação da ciência experimental, durante a Idade Média e a Renascença, que a forma de encontrar respostas para os problemas somente a partir da filosofia, começou a mudar. Segundo Mayr (1998), a prolongada tradição de fornecer explicações apenas filosofando teve um crescente efeito deletério sobre a pesquisa científica nos séculos XVIII e XIX. Os filósofos daquela época rejeitavam as descobertas experimentais, por conflitarem com suas deduções. Um bom exemplo desta postura são as objeções que os filósofos essencialistas moveram contra Darwin. A aproximação filosófica dedutiva ajudou a fazer novas e mais precisas indagações, o que levou a estabelecer as bases para uma abordagem com um caráter mais científico, que ultimamente vem se destacando em relação à filosófica.

O período da Tradição Biomédica da escola de Hipócrates (em torno de 450-377 a.C.), foi marcado pelo desenvolvimento de um grande corpo de conhecimentos e teorias anatômico-fisiológicas. Pesquisas sobre anatomia e fisiologia humana eram o maior interesse da Biologia desde o período aristotélico até o século XVIII, mas, para o pensamento ocidental, o mais importante ainda era o desenvolvimento da filosofia. No entanto, o corpo de conhecimento formado sobre anatomia e fisiologia humana durante este período, forneceu a base para o ressurgimento da anatomia e da fisiologia durante a Renascença.

Segundo Mayr (1998), Platão e Aristóteles, mais do que quaisquer outros, tiveram notável influência nos caminhos que a ciência seguiu. O essencialismo de Platão (427-327 a.C.) contribuiu de forma bastante inadequada para a Biologia e foram necessários mais de dois mil anos para que esta se livrasse das amarras que

sua visão essencialista implantou em diversas áreas do pensamento biológico. A afirmação de Platão de que nenhum conhecimento verdadeiro pode ser adquirido pelas observações dos sentidos, a sua ênfase na alma e no arquiteto do Cosmo, permitiu, por meio do neoplatonismo, uma conexão com o dogma cristão que dominou o pensamento do homem ocidental até o século XVII e constituiu, também, um atraso para o desenvolvimento das Ciências Biológicas. O aparecimento do moderno pensamento biológico é, em parte, a emancipação do pensamento platônico.

Já em Aristóteles (384-322 a.C.), em razão de seu vasto conhecimento biológico, e de seu inegável empirismo, encontramos enorme contribuição para o entendimento do mundo vivo, o que determina que quase toda a abordagem sobre história da Biologia deva iniciar-se por Aristóteles. Segundo Mayr (1998), Aristóteles foi o primeiro a distinguir diversas disciplinas da Biologia e a dedicar-lhes tratamentos monográficos (*De partibus animalium*, *De generatione animalium*, e outros). Ele foi o primeiro a descobrir o grande valor heurístico da comparação e é conhecido como o fundador do método comparativo. Foi o primeiro a detalhar a vida de grande número de espécies animais, dedicou um livro inteiro à Biologia reprodutiva e às histórias da vida e interessou-se muito pelo fenômeno da diversidade orgânica e pelo significado das diferenças entre animais e plantas. Mesmo dois mil anos antes da teoria da Evolução Biológica ser proposta, Aristóteles fez um ordenamento dos animais invertebrados, superior ao feito, muitos séculos depois, por Carl Linnaeus (1707-1778).

Segundo Mayr (1998), Aristóteles se caracterizava pela procura de causas, não se satisfazia em saber o “como” e ousou formular “porquês”. Ele entendia claramente que os organismos vivos não se originam de matéria bruta e que um princípio ativo deveria estar presente. Ao princípio ativo, que desempenhou em seu pensamento o mesmo papel que exerce o programa genético na Biologia moderna, ele chamou de *eidōs*. Para Aristóteles, todas as estruturas e atividades biológicas têm

um significado biológico, ou, como hoje postula a Evolução Biológica, um significado de adaptação.

Aristóteles pensava que as substâncias naturais agem por suas próprias forças e que todos os fenômenos da natureza são processos ou manifestações de processos e, uma vez que todos os processos têm um fim, ele considerava o estudo dos fins essencial para o estudo da natureza.

As questões aristotélicas do “por que” desempenharam um importante papel heurístico na história da Biologia, sendo o “porque” a questão mais importante colocada pela Biologia Evolutiva. Mas a crença de Aristóteles num mundo essencialmente perfeito excluía qualquer crença numa Evolução Biológica. Segundo Mayr (1998), o grande pecado de Aristóteles foi o de acreditar que poderia tratar o macrocosmo e o microcosmo do mesmo modo e aplicar seu conhecimento biológico bem desenvolvido à Física e à Cosmologia. Os maus resultados dessa generalização das leis de Aristóteles não passaram, nos séculos XVI, XVII e XVIII, despercebidos por autores como Francis Bacon e Descartes, que não lhe pouparam críticas.

Depois de Aristóteles, houve a continuação das três tradições biológicas gregas. A história natural, em particular a descrição e classificação das plantas, foi desenvolvida por Theophrasto (371-268 a.C.) e Dioscórides (50-70 d.C.), e a Zoologia por Plínio (23-79 d.C.). A tradição biomédica alcançou seu máximo desenvolvimento com Galeno (131-200 d.C.), cuja influência durou até o século XIX.

Segundo Mayr (1998), a partir do século XIV, um novo espírito parece ter despertado no Ocidente. A época das viagens, a redescoberta do pensamento dos antigos, a Reforma, as novas filosofias de Bacon e Descartes, o desabrochar da literatura secular e, finalmente, a revolução científica nas Ciências Físicas, acentuava a necessidade de um tratamento racional dos fenômenos da natureza. As explicações sobrenaturais já não eram tão aceitáveis, como o eram até o final do

século XIII. Segundo Mayr (1998), nada de propriamente importante aconteceu na Biologia depois de Lucrecio e Galeno, da Antiguidade até a Renascença.

No período da Renascença, ocorreu um movimento de volta à natureza com a retomada do interesse pela história natural. Nesse sentido, as viagens em busca de “novos mundos” tiveram um papel muito importante, pois contribuíram de forma libertadora. O entusiasmo pela extraordinária diversidade biológica foi ainda mais estimulado na Europa pelo sucesso de viagens como as Cruzadas, Viagens de Mercadores Venezianos, Travessia dos Navegadores Portugueses, dos Novos Mundos e de exploradores individuais que traziam cada vez mais informações de plantas e animais exóticos de outros continentes, que passavam a ilustrar vastas coleções. Uma das conseqüências imediatas dessas viagens foi o conhecimento da diversidade da vida animal e vegetal em todas as partes da Terra que geraram publicações contemplando diversas áreas da Biologia, em especial a Zoologia (Mayr, 1998).

Segundo Futuyma (1992), a Anatomia também foi ponto de interesse no período Renascentista, mas era ensinada nas escolas médicas medievais de forma muito tímida. Não havia a ousadia de descobrir novas informações por meio da prática da dissecação, mas de enfatizar o que Galeno já havia deixado. Quem primeiro ousou fazer dissecações, elaborar novos instrumentos e publicar um trabalho sobre anatomia foi André Vesalius (1514-1564), que corrigiu inúmeros erros de Galeno. Porém, mesmo ele fez um número restrito de descobertas e retinha o arcabouço aristotélico das explicações fisiológicas. Foi com Vesalius que a prática da observação se estabeleceu, em detrimento do excessivo apego ao teórico. Os seguidores de Vesalius deram seguimento ao desenvolvimento dos estudos da anatomia humana e alguns deles contribuíram, embora não expressivamente, para a Anatomia comparativa e para a Embriologia. A importância maior do desenvolvimento desses estudos está em ter proporcionado uma base para o

ressurgimento da Fisiologia, e por ter deixado registros que mais tarde deram sustentação à Evolução Biológica.

Segundo Mayr (1998), as Ciências Aplicadas, isto é, a tecnologia e as artes da engenharia, prepararam o caminho, durante a Renascença, para um modo inteiramente novo de encarar as coisas. As contribuições mais positivas da revolução científica, no que concerne à Biologia, referem-se ao desenvolvimento de uma nova atitude em relação à pesquisa. A lógica foi colocada em segundo plano em detrimento da observação e experimentação, isto é, da coleta de dados empíricos. Isso favoreceu a explicação das regularidades nos fenômenos do mundo, por meio das leis naturais, cuja descoberta se tornou a tarefa dos cientistas. Na Biologia, a área mais frutífera foi a da Fisiologia, que foi interpretada através de uma abordagem mecanicista. A publicação dos *Principia* de Newton, em 1687, que propunha uma mecanização de todo o mundo inanimado em bases matemáticas, reforçou grandemente esta abordagem. Tornou-se norma comum explicar tudo em termos físicos de forças e movimentos, por mais inadequada que fosse essa explicação. Um bom exemplo, dentro da Biologia, é a explicação aceita, por mais de 150 anos, dos mamíferos e aves terem sangue quente devido à fricção do sangue nos vasos sanguíneos. Explicações fisicistas fáceis foram grande empecilho para a pesquisa biológica, principalmente durante os séculos XVII e XVIII. Segundo Mayr (1998), só recentemente os biólogos tiveram a força intelectual para desenvolver um paradigma explicativo que leva plenamente em consideração as propriedades únicas do mundo vivo como o funcionamento do DNA, e que ao mesmo tempo é plenamente consistente com as leis da Química e da Física.

Curiosamente, a revolução científica newtoniana contribuiu para maior interesse na diversidade biológica, pois permitiu o desenvolvimento do microscópio no final do século XVII, entre outros instrumentos. A microscopia, mesmo que no início um pouco limitada, abriu um novo e promissor campo para a Biologia, permitindo o desenvolvimento da Citologia e da Genética.

A descoberta da grande diversidade biológica deu-se graças aos herbalistas e enciclopedistas que ressuscitaram a tradição de Theofrasto e Aristóteles. Dessa forma, foi possível constatar que o mundo da criação era muito mais rico do que supunham e julgavam.

Segundo Futuyma (1992), o crescimento das coleções científicas de plantas e de animais levou a uma necessidade premente de um sistema de classificação que iniciou com Cesalpino (1509-1603) e alcançou o apogeu com Carl Linnaeus. O trabalho sobre sistemática, por ele desenvolvido, foi notoriamente reconhecido, mas em uma fase de sua vida, foi acusado de ser altamente escolástico. Na qualidade de naturalista, Lineu observou a nítida descontinuidade entre as espécies, e admitia a impossibilidade de uma espécie mudar para outra. A sua insistência na estrita delimitação das espécies, pelos menos nos seus primeiros escritos, foi o ponto de partida para o desenvolvimento subsequente de uma teoria evolucionista.

Muitos cientistas da época não se restringiram somente a descrever espécies. Alguns deles, como J. G. Kölreuter (1733-1806), embora partindo do interesse tradicional na natureza das espécies, forneceram contribuições pioneiras para a Genética, a fertilização e para a Biologia das flores. Esses estudos tiveram continuidade com C. K. Sprengel (1750-1816), através de diversos experimentos de fertilização das plantas. O trabalho desses dois pesquisadores, em especial, constituiu parte dos fundamentos sobre os quais Darwin mais tarde baseou a sua pesquisa experimental sobre a fertilização (e a fertilidade) nas plantas (Mayr, 1998).

Uma tradição em História Natural, muito diferente da de Carl Linnaeus, foi iniciada por Georges Buffon (1707 -1788), cuja *Histoire Naturelle*, publicada em 44 volumes entre 1749 e 1804, era lida por praticamente todo europeu educado. Buffon teve uma enorme influência liberal no pensamento contemporâneo, em áreas tão diferentes como a cosmologia, o desenvolvimento embrionário, as espécies, o sistema natural e a história da Terra. Apesar dele não ter avançado na Teoria da

Evolução Biológica, certamente preparou terreno para que Lamarck postulasse sua teoria da Evolução Biológica, com todos os estudos que realizou e os registros desses estudos que deixou em suas obras.

A descoberta das leis reguladoras da diversidade tornou-se um desafio para os estudiosos dessa área e, enquanto desenvolviam seus estudos, contrariamente ao pensamento prevalente sobre a criação, proporcionavam muitas evidências para a Teoria da Evolução Biológica.

O interesse dominante do século XVIII era a descrição, a comparação e a classificação dos organismos. Não fugindo dessa influência, a Anatomia passou a ser cada vez mais comparativa e desenvolveu um método novo no estudo da diversidade. O método comparativo iniciou-se na segunda metade do século XVIII e, ainda hoje, é um dos grandes métodos da ciência, juntamente com a experimentação.

George Cuvier (1769-1832), no início do século XVII, valendo-se do método comparativo e dando ênfase aos invertebrados, demonstrou a ausência de quaisquer intermediários entre os maiores filos dos animais, o que o permitia refutar a *scala naturae*. Estudos anatômicos comparativos posteriores a 1859 forneceram, todavia, com toda certeza, algumas das evidências mais convincentes em favor da teoria darwiniana da descendência comum (Mayr, 1998).

Segundo Chautard-Freire-Maia (1990), no contexto dos conhecimentos evolutivos, podemos considerar que a revolução inicial foi dada pela primeira teoria da Evolução Biológica formulada em 1800 por Jean Baptiste de Monet, o Cavaleiro de Lamarck (1744-1829). Segundo Futuyma (1992), Lamarck foi o primeiro defensor da Evolução Biológica a não adotar soluções de compromisso e o que primeiro apresentou uma exposição ampliada de sua teoria em *Philosophie Zoologique* (1809). Segundo Chautard-Freire-Maia (1990), Lamarck fez com que,

no início do século XIX, a Evolução Biológica fosse um tópico de discussão, ocasionando uma revolução contra a visão científica dominante, que era fixista.

Quando Lamarck desenvolveu suas idéias heterodoxas, tinha mais de cinquenta anos de idade. Os estudos que desenvolveu na área da Geologia o convenceram que a Terra era muito antiga e que as condições sobre ela sofriam variações. Por entender que os organismos estão adaptados ao seu ambiente, chegou à conclusão que eles também deveriam alterar-se para manterem tal adaptação. Assim, Lamarck propôs uma teoria de transformação, que postulava uma tendência intrínseca dos organismos a buscarem a perfeição, bem como uma habilidade para ajustarem-se às condições do meio. As idéias de busca pela perfeição e de capacidade de ajuste às condições do meio pelos organismos, são concepções sobre Evolução Biológica que se originaram nessa época e persistem até os dias de hoje.

Lamarck foi, então, o primeiro cientista a propor uma Teoria da Evolução Biológica. Seus esforços, no sentido de explicar sua teoria, não tiveram maior sucesso principalmente porque dependiam de crenças convencionais na época, tais como a herança dos caracteres adquiridos que também foram utilizadas por Darwin na Hipótese da Pangênese. O grande mérito de Lamarck, no entanto, não pode ser encoberto por isso. Lamarck foi o primeiro a inferir que os organismos vivos passam por mudanças adaptativas. Hoje, o significado maior de Evolução Biológica está centrado justamente nas mudanças que levam à adaptação dos organismos. Lamarck também ficou reconhecido em razão de suas múltiplas contribuições para o conhecimento da Biologia, em especial para a Botânica e para a classificação dos invertebrados.

Segundo Mayr (1998), credita-se a Lamarck, por vezes, 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). A teoria evolucionista de

Lamarck teve um impacto muito pequeno sobre a comunidade científica da época, e até o início dos anos 1800, o que existia era a História Natural e a Filosofia Médica, em detrimento das Ciências Biológicas, como hoje é conhecida. Para surgir, a Biologia teve que esperar pelo estabelecimento da Biologia Evolutiva, e pelo desenvolvimento de áreas como a Citologia.

Curvier também muito contribuiu para o avanço das Ciências. Em relação às suas contribuições para a Evolução Biológica, ele desempenhou um duplo papel. Enquanto contribuía de forma indireta, produzindo algumas das melhores evidências para a Evolução Biológica através de seus estudos de Anatomia Comparada, Sistemática e Paleontologia, também tecia forte oposição à teoria proposta por Lamarck. Esse fato fez com que os biólogos franceses, influenciados pelas concepções conservadoras de Curvier, fossem os últimos cientistas de um país europeu cientificamente ativo a aceitar a Evolução Biológica.

Segundo Mayr (1998), apesar de Lamarck ser mais lembrado como alguém que não estava certo, ele tem mérito inquestionável como o primeiro cientista que advogou a Evolução Biológica e propôs um mecanismo para comprová-la. A herança das características adquiridas, base da teoria de Lamarck, era uma crença geral que foi incorporada por Darwin em *A origem das Espécies*. Lamarck não afirmou que os seres vivos tinham descendido de ancestrais comuns, mas sim que as formas de vida inferiores surgem continuamente a partir da matéria inanimada por geração espontânea, e progredem inevitavelmente em direção a uma maior complexidade e perfeição, através de “*poderes conferidos pelo supremo autor de todas as coisas*” – isto é, por uma tendência inerente em direção à complexidade. Ainda segundo Mayr (1998), Lamarck sustentou que o caminho particular da progressão é guiado pelo ambiente, e que um ambiente em mudança altera as necessidades do organismo, ao que o organismo responde mudando seu comportamento e, conseqüentemente, usando alguns órgãos mais que outros. Em outras palavras, uso e desuso alteram a morfologia, que é transmitida para as

gerações subseqüentes. Essa teoria claramente se aplicaria mais aos animais do que às plantas.

As idéias de Lamarck foram pouco aceitas devido ao fato de que os naturalistas não reconheciam evidências de Evolução Biológica, e não porque a teoria de Lamarck defendia a herança de características adquiridas. Cientistas como Georges Curvier (fundador da anatomia comparada e um dos biólogos e paleontólogos mais respeitados do século XIX) e Charles Lyel, em seu *Principles of Geology*, criticaram duramente Lamarck e tentaram demonstrar evidências contra a Evolução Biológica.

Apesar da Teoria da Evolução Biológica não ter surtido a merecida repercussão quando Lamarck a postulou, a idéia não pereceu com sua morte em 1829, permanecendo viva na Alemanha, na Inglaterra e na França.

Mas, no século XVIII, o mundo estava em evidente progresso em diversas áreas da sociedade e do pensamento humano, e foi nesse contexto que o pensamento evolutivo começou a tomar corpo com a teoria proposta por Lamarck. Não é difícil imaginar que o pensamento evolutivo também tenha sido influenciado pela idéia de progresso vigente na época, que era em direção a um contínuo melhoramento do homem (Gould, 1992).

Segundo Mayr (1998), se a Evolução Biológica implicasse no conceito de progresso contínuo, que ainda hoje constitui uma das concepções sobre este tema, e figura também como uma das mais combatidas por alguns estudiosos, - entre eles Stephen Jay Gould - os grandes naturalistas do século XVIII teriam feito esta ligação. Mas nem o naturalista George Buffon, Needham, Robinet, Fiderot, Bonnet ou Haller converteram o conceito político-filosófico de progresso vigente na época, em uma teoria científica. Efetivamente, somente depois de instalada a reação ao Iluminismo, com a usurpação do poder na França por Napoleão, é que Lamarck desenvolveu a sua teoria da Evolução Biológica.

Os naturalistas consideravam a idéia de progresso bastante incompatível com os incontáveis fatos indicadores de uma evolução regressiva (como o parasitismo e órgãos vestigiais). Talvez o maior fator restritivo tenha sido o poder do essencialismo. Havia um pensamento de rejeição a qualquer mudança que não fosse pelo crescimento e a consideração de que a natureza é uniforme em suas obras, não podendo, portanto, haver variação de geração para geração.

De forma contrária ao pensamento essencialista, Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) considerava que a natureza tinha uma potencialidade ilimitada e que, em razão disso, tenderia a um contínuo e infinito progresso. A futura história da Biologia Evolutiva foi afetada por dois elementos da filosofia de Leibniz. O primeiro deles, o conceito de continuidade e gradualismo. Ele afirmava que tudo na natureza avança gradualmente, e não aos saltos, e que essa regra controladora das mudanças fazia parte de sua lei da continuidade. Segundo Mayr (1998), a rejeição ao platonismo, por Leibniz constituiu uma importante e indispensável contribuição para o pensamento evolucionista, constituindo-se em uma extraordinária argumentação de Darwin. Herbert Spencer (1820-1903), dentre outros filósofos que também compartilhavam as idéias de Leibniz, afirmava ainda que o progresso não é um acidente, mas uma necessidade benéfica. O segundo conceito foi o de uma orientação interna para o progresso, senão para a perfeição. Afirmava que as mudanças aconteciam a partir de uma direção pré-determinada.

O Iluminismo foi um período intelectualmente liberal onde qualquer dogma previamente aceito, fosse ele teológico, filosófico ou científico, era criticamente posto em discussão. O Iluminismo não foi um movimento homogêneo e, dentre algumas concepções iluministas, destaco a idéia filosófica de igualitarismo de Condorcet (1743-1794) considerando que esta, por sua essência, impediu o desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico. O igualitarismo de Condorcet reconhecia apenas três tipos de desigualdades. As desigualdades relativas ao *status* social, à riqueza e à educação, não aceitando, porém, qualquer diferença nos dotes

nativos. A igualdade só poderia ser estabelecida se essas três desigualdades não existissem.

Nesse contexto, um conceito como seleção natural, ou mesmo Evolução Biológica, não faria qualquer sentido. O conceito de Evolução Biológica preconiza mudanças que levam as diferentes espécies e a seleção natural, por sua vez, admite que pressões ambientais selecionem os organismos em função da variabilidade que apresentam. Dentro dessa concepção igualitarista, as “desigualdades” (entenda-se variabilidade), necessárias para que ocorra seleção natural e Evolução Biológica, não eram aceitas.

No entanto, como resultado das pesquisas e de importantes mudanças do meio cultural e intelectual durante os séculos XVII, XVIII e começo do século XIX, estas idéias foram, aos poucos, sendo substituídas por uma visão mais aberta de mundo.

1.2.3.2. Evolução Biológica a partir de Darwin

A discussão sobre a teoria da Evolução Biológica só começa a ganhar novo e maior destaque quando Charles Robert Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913) publicaram e apresentaram, juntos, seus trabalhos sobre a teoria da Evolução Biológica em uma reunião na *Linnaean Society* de Londres em 1º de julho de 1859. Em razão da apresentação e da publicação dos artigos dele e de Wallace não terem tido a repercussão esperada, Darwin publica em 24 de novembro de 1859, um resumo de seu livro, sob o título “*A Origem das Espécies por meio da Seleção Natural, ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida*”. Essa publicação foi merecedora de enorme repercussão e ainda hoje alimenta a controvérsia a que deu origem – a causa da diversidade biológica.

Wallace é merecedor de créditos 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 fez Darwin em “*A Origem das Espécies*”.

A Origem das Espécies contém duas teses separadas: a de que todos os organismos descendem com modificação a partir de ancestrais comuns e a de 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 as evidências da primeira tese, recorrendo para isto, aos registros fossilíferos, à distribuição geográfica das espécies, à anatomia e à embriologia comparadas e à modificação observada em organismos domésticos.

É indiscutível a importância de *A Origem das Espécies*, não apenas para as Ciências Biológicas, mas para todos os ramos do pensamento humano, e mais uma vez se verifica o quanto a humanidade investe na busca do próprio entendimento. Com Darwin, o universo dos seres vivos foi colocado dentro dos domínios das leis naturais.

As evidências da Evolução Biológica, apresentadas e discutidas por Darwin causaram grande impacto e obtiveram alto grau de convencimento na época, com exceção de alguns poucos cientistas proeminentes. De forma contrária, o processo da seleção natural – idéia original de Darwin – como o principal agente causador da Evolução Biológica, não convenceu a muitos e, até o final dos anos vinte do século XX, só caiu em descrédito.

Em seu livro “*A origem das Espécies*”, Charles Darwin convenceu muitos biólogos de que houve Evolução Biológica e estabeleceu a teoria da seleção natural para explicá-la. Darwin rejeitou as teorias dos saltos dos essencialistas, e insistiu na Evolução Biológica completamente gradual, rejeitando, dessa forma, a

teoria lamarckiana, que concebia uma orientação intrínseca e automática para a perfeição. Propôs uma causalidade estrita e separada para cada mudança evolutiva.

Além dos postulados de Darwin sobre seleção natural, outra revolução dentro da área biológica, incorporada mais tarde à teoria da Evolução Biológica, foi a da redescoberta dos trabalhos de Johann Mendel (1822-1885), em 1900. A mais importante contribuição individual da Genética, extraída dos trabalhos de Mendel, substituiu o conceito antigo de herança através da mistura de sangue pelo conceito de herança através de partículas (os genes). O desenvolvimento da genética, a partir desses estudos, permitiu reinterpretar a teoria da Evolução Biológica de Darwin à luz das novas descobertas sobre a hereditariedade, sintetizando diversos conhecimentos isolados.

O ponto frágil de sua teoria, isto é, a falta de conhecimento sobre a natureza da hereditariedade, foi removido quando, nas décadas de 1920 e 1930, os princípios mendelianos da hereditariedade foram corretamente aplicados a populações e utilizados para explicar a variedade genética na natureza. Segundo Stebbins (1970), um conflito que existia no primeiro quarto do século XIX entre naturalistas darwinistas e geneticistas mendelianos pioneiros foi resolvido por essa investigação da genética populacional.

Segundo Mayr (1998), Evolução Biológica consiste nas mudanças de adaptação e na diversidade e Darwin, em consequência da leitura dos *Principles*, de Lyell, e dos seus estudos sobre a fauna das Ilhas Galápagos e da América do Sul, voltou sua atenção para a origem da diversidade, isto é, para a origem de novas espécies. A primeira revolução darwiniana, a da descendência comum, concebia que todos os organismos derivavam, inclusive o homem, em última instância, de uns poucos ancestrais primitivos, ou possivelmente de uma única primeira vida. Esta concepção relegou o homem, sob uma visão materialista, ao mesmo plano de todos

os demais organismos vivos, contrariamente ao dogma cristão e à filosofia de Descartes.

A revolução darwiniana, a da causalidade evolutiva, tinha dois pontos a serem esclarecidos para Darwin. O primeiro era a produção abundante de variação genética, que Darwin não sabia explicar a origem uma vez que lhe faltava o conhecimento sobre a natureza biológica da hereditariedade. O segundo ponto era a sobrevivência diversificada e a reprodução, ou seja, a seleção entre a superabundância dos indivíduos produzidos em cada geração. Esta seleção natural não era um “fenômeno ao acaso”, como Darwin tantas vezes foi acusado de haver admitido, mas causada estritamente pela interação entre herança genética e fatores ambientais.

Chauthard-Freire-Maia (1990) chama a atenção que a extraordinária contribuição de Mendel veio contrapor-se à idéia prevalecente na época, de que a herança se dava através da fusão de elementos paternos e maternos.

A partir do século XIX, tomando como essência as noções de Darwin sobre seleção natural e as noções sobre genética, destaca-se, respectivamente, duas correntes: a Corrente Seleccionista e a Corrente Mutacionista.

Os argumentos para a corrente Mutacionista começaram a surgir a partir das descobertas das leis de Mendel. Um outro paradigma evolutivo foi proposto quando ficou entendido que a herança era particulada e que inovações hereditárias surgem espontaneamente por alterações súbitas dos genes, conhecidas como mutações. Esta hipótese de Evolução Biológica por mutação competiu com sucesso, nas primeiras décadas desse século, com as idéias de Lamarck e Darwin.

A teoria darwiniana da descendência comum foi uma das teorias mais heurísticas que jamais foi proposta (Mayr, 1998). Ela mobilizou diversas áreas da Biologia, principalmente a Anatomia Comparada, em prol da determinação do parentesco e das prováveis características dos ancestrais comuns, tarefa esta

inacabada até os nossos dias, pois ainda permanecem diversas dúvidas sobre o ancestral comum de diversos grupos de plantas e de animais.

A mutação era a força diretora da Evolução Biológica. A seleção natural somente contribuiria para eliminar as mutações não vantajosas de uma população. Ou seja, o progresso evolutivo ocorre quando surge uma mutação valiosa substituindo sua antecessora menos valiosa. H. de Vries, W. Bateson e T.H. Morgan, todos reconhecidos geneticistas e cientistas, foram defensores da corrente mutacionista.

Segundo Mayr (1998), os argumentos que levaram à queda do mutacionismo foram desenvolvidos no fim da década de 1920 e começo da década de 1930. Eram argumentos matemáticos baseados no fato de que Evolução Biológica das populações ocorre pela dispersão de caracteres favoráveis e, desse modo, dos genes favoráveis responsáveis por eles. Para que a dispersão de uma nova mutação seja imediatamente favorecida, seria necessário levar em conta, entre outros fatores, o tamanho populacional, o número de gerações, a taxa em que a mesma mutação reaparece, o grau em que favorece seus portadores. A interação desses fatores é determinante da taxa e da direção das modificações das frequências gênicas.

Pensando assim, parecia que a Evolução Biológica poderia ser redefinida como uma mudança nas frequências gênicas, uma vez que tais mudanças são a base da mudança de formas e de hábitos que ocorrem nos organismos. Não é necessário que os genes sejam mutações recém-surgidas, podemos dizer que está ocorrendo Evolução Biológica desde que suas frequências aumentem ou diminuam, comumente devido a modificações ambientais. Segundo Ayala e Valentine (1979), tornou-se evidente como os indivíduos de uma população de reprodução sexual não são todos geneticamente idênticos, o número total de genes que podem ser herdados pela geração seguinte é muito maior que o número de genes de um único indivíduo. O conjunto gênico, ou seja, todos os genes de uma população, em qualquer

momento, constituem um reservatório de toda a variabilidade genética da população. O nível mais básico da Evolução Biológica é dado pelas mudanças nas frequências de genes que constituem o conjunto gênico.

A teoria de como as frequências gênicas se modificam foi elaborada principalmente pelo russo S.S. Tshetverikoff, pelo americano Sewall Wright e pelos ingleses R.A. Fisher e J.B.S. Haldane. Grande parte de seus trabalhos foi completada antes da metade dos anos 30, mas enquanto suas investigações se desenvolviam, os evolucionistas tinham apenas uma percepção limitada do significado das descobertas. O pensamento de conceituados geneticistas das décadas anteriores a 1930 e de seus discípulos impediu uma mudança imediata e radical no paradigma mutacionista. Os compêndios de meados dos anos 30 continuavam a explicar os progressos evolutivos como decorrendo principalmente da ocorrência casual de mutações novas. Muitos especialistas pensaram que o Darwinismo havia sido refutado (Mayr, 1998).

Segundo Futuyma (1992), paralelamente à corrente Mutacionista, desenvolvia-se a corrente Seleccionista. Esta corrente era fundamentada pela mais importante das teorias evolutivas de Darwin, a da Seleção Natural. Esta teoria tentava explicar, com o auxílio de causas materiais, aquilo que anteriormente havia sido explicado por causas sobrenaturais, ou pelo desígnio. Na época, era uma teoria tão nova e tão corajosa que no início foi adotada apenas por uns poucos biólogos, entre os quais estava August Weismann (1834-1914). Weismann eventualmente ultrapassou Darwin, declarando a "auto-suficiência" da seleção natural. A maioria dos evolucionistas, no período pós-Darwiniano, sustentava outras teorias. As três teorias contrárias, mais amplamente aceitas, foram (1) uma crença numa força direcionadora intrínseca, ou "força filética", resultando na evolução por "ortogênese"; (2) evolução saltacional; (3) fatores Lamarckianos (herança dos caracteres adquiridos).

Nos anos 1860 e 1870, na Alemanha, a idéia de alguma força finalista, talvez tenha sido a mais popular das três. Esta visão foi adotada por alguns dos biólogos alemães mais admirados, tais como Von Baer, Naegeli e Kölliker, pelos ortogenicistas Haacke e Eimer, e por filósofos importantes, particularmente Von Hartmann. Assim, Weismann descobriu que era necessário enfatizar, repetidas vezes, sua resistência em aceitar estas forças metafísicas, e ele assim o fez, refutando tais idéias sempre com novos argumentos. Em vista do prestígio de seus oponentes, ele optou por não ridicularizar esta escola de pensamento, mas, em vez disso, mostrar, que em sua opinião, isto era inconsistente com fatos conhecidos. Weismann se perguntava: "*Como podem impulsos intrínsecos produzir padrões sofisticados como aqueles descobertos na folha que imita a borboleta Kalima?*". Além disso, ele entendia que se havia tal força evolutiva, esta deveria ser estabelecida por pesquisas empíricas. Mas nenhuma pesquisa teve sucesso neste sentido; e ele passou a acreditar na possibilidade de traçar toda mudança evolutiva por meio dos "fatores de transformação", isto é, pela seleção natural.

Segundo Futuyma (1992), ao rejeitar todas as outras causas possíveis de mudança evolutiva, Weismann adotou firmemente o selecionismo. Ele se mostrava um selecionista convicto quando da sua primeira publicação sobre Evolução Biológica em 1868. Neste trabalho, ele sustentava seu selecionismo por meio de vários conjuntos de argumentos. Diante da evidente invalidade de todas as teorias da evolução de cunho teleológico ou saltacional, dizia Weismann, não há outra saída a não ser aceitar a seleção natural. Dizia ele que não existe nenhum detalhe de um organismo, quer seja de sua estrutura ou de sua fisiologia, que não tivesse sido moldado pela seleção natural. Sem margem de dúvida, Weismann foi o selecionista mais coerente do século dezenove.

A partir da teoria Darwinista e das correntes Mutacionista e Selecionista, vários pesquisadores durante anos de estudos, formularam a Teoria Sintética da Evolução Biológica.

A Teoria Sintética da Evolução Biológica considera, conforme Darwin já havia feito, os mecanismos da seleção natural, construindo a escala de evolução de cada geração. Esta teoria aceita a seleção natural como um dos fatores evolutivos, mas não o mais importante. Seu principal objeto de estudo é a População, definida por ela como uma comunidade reprodutora e caracterizada por seu polimorfismo. O êxito individual de cada membro da população, na produção de uma descendência determinará a transmissão de alelos. Assim sendo, cada genótipo irá possuir um valor seletivo que modificará em última instância a frequência dos diferentes alelos.

A Teoria Sintética não considera que o mecanismo básico da Evolução Biológica seja a replicação total de um alelo por outro, como pretendiam os mutacionistas em 1900. Para ela, há uma troca de frequência dos alelos que não esgotam, necessariamente, a variabilidade existente.

A publicação, em 1937, do livro "*Genetics and the origin of species*" de Theodosius Dobzhansky, marcou de forma revolucionária uma nova visão sobre o Darwinismo. Este autor combinou alguns trabalhos, entre eles o de Tshetverikoff, Wright, Fisher e Haldane às evidências para mostrar, assim como foi proposto por Darwin, que a seleção natural é, na maioria dos casos, o único agente eficaz das modificações evolutivas e que o Darwinismo era compatível com as descobertas da genética. Novas espécies usualmente se originam pelo acúmulo de genes diferentes em populações da mesma espécie parental, isoladas reprodutivamente (Futuyma, 1992).

Depois dessa publicação, autores importantes, como Ernst Mayr, George Simpson e Ledyard Stebbins, ratificaram que o novo modelo proposto do Darwinismo seria capaz de explicar diversos fatos morfológicos, paleontológicos, biogeográficos e ecológicos sobre a semelhança entre animais e plantas. A teoria de Darwin adquiriu, a partir das descobertas na área da genética, maior poder explicativo a partir das informações somadas aos seus postulados. Portanto, a Teoria

Sintética da Evolução Biológica é um novo paradigma que resultou da síntese das descobertas de várias disciplinas científicas (Futuyma, 1992).

1.2.4. Tendências atuais da Pesquisa Evolutiva Biológica

Apesar do sucesso e do alcance da Teoria Sintética da Evolução Biológica, alguns problemas e questões sobre Evolução Biológica permaneceram sem solução. Os avanços na área da genética, com a descoberta da estrutura do DNA por James Watson e Francis Crick em 1953, fizeram com que aumentasse a compreensão sobre a natureza e os mecanismos de controle da atividade gênica, a ponto de ter surgido o paradigma da Genética Molecular. Esse novo conhecimento proporcionou, embora não imediatamente, novas maneiras de estudar a Evolução Biológica, principalmente no nível das moléculas que participam diretamente do processo evolutivo biológico.

O desenvolvimento de novas técnicas moleculares de estudo permitiu novas abordagens sobre problemas e questões importantes da Teoria Sintética. Uma delas diz respeito à quantidade e a qualidade da diferenciação genética, que acompanha a Evolução Biológica de novas espécies a partir de espécies ancestrais. Outra se refere ao significado da regulação da atividade gênica, por meio de genes reguladores especiais, na Evolução Biológica de novas espécies.

Outra importante contribuição para a Teoria Sintética da Evolução Biológica, está ligada às ciências geológicas, através da demonstração de que as principais características estruturais da superfície da Terra, como os continentes e as bacias oceânicas, são dinâmicas, modificando continuamente os padrões geográficos. Certos padrões são movimentos lentos, da ordem de poucos centímetros por ano, mas que, em milhões de anos de história geológica alteram profundamente a

configuração das terras e dos mares, de montanhas e de desertos, determinando modificações importantes nos ambientes.

Como a seleção natural adapta os organismos às condições ambientais modificadas, a história dessas modificações ambientais deveria refletir-se na história evolutiva da vida. Desse modo, as contribuições das ciências geológicas permitiram explicar muitas características da história evolutiva, que haviam confundido estudiosos dos registros fósseis desde o início da ciência da Evolução Biológica.

As questões da estabilidade e da duração de comunidades naturais serem diretamente influenciadas pelos efeitos ambientais causados pela atividade humana são importantes pontos de estudo. Segundo Ayala e Valentine (1979), provas importantes relacionadas com essas questões estão por vir do estudo da ecologia evolutiva e de padrões evolutivos e da maneira como encarar os registros fósseis.

Novas descobertas e percepções surgem continuamente nos campos voltados para os estudos evolutivos e continuamente enriquecem os conhecimentos ligados a Evolução Biológica. A partir desses conhecimentos, é possível apresentar uma explicação geral da história da vida.

CAPÍTULO II

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E ENSINO

Neste capítulo, abordarei algumas das questões que dizem respeito ao ensino e aprendizagem do tema Evolução Biológica. Estudos já realizados apontam problemas como a sua desarticulação com os demais temas das Ciências Biológicas, forte influência de concepções religiosas e a presença de equívocos conceituais, que comprometem, tanto para professores como alunos, o entendimento dos processos evolutivos biológicos.

2.1. O atual contexto do Ensino de Evolução Biológica

A ciência da Biologia Evolutiva é o estudo da história da vida e dos processos que levaram à sua unidade e diversidade. A Biologia Evolutiva esclarece fenômenos estudados nos campos da Biologia Molecular, da Biologia do Desenvolvimento, da Fisiologia, do Comportamento, da Paleontologia, da Ecologia e da Biogeografia, complementando os estudos dessas disciplinas, com explicações baseadas na história e na adaptação. Em todo o campo das Ciências Biológicas, a perspectiva evolutiva fornece uma estrutura útil, muitas vezes indispensável, para organizar e interpretar observações e fazer previsões. Segundo Futuyma (2002), como foi enfatizado em relatório³ da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, a Evolução Biológica é “*o mais importante conceito da Biologia Moderna – um conceito essencial para a compreensão de aspectos-chave dos seres vivos*”.

³ Este documento foi traduzido (e publicado) em 2002, pela Sociedade Brasileira de Genética.

Oliveira (1995) defende que através da perspectiva evolutiva, é possível analisar e interpretar os múltiplos cenários que têm composto a história da vida na Terra, perpassando todos os tipos de fenômenos envolvidos na origem e na extinção das diferentes formas de vida, desde seu início há alguns bilhões de anos atrás até os dias atuais. A autora coloca ainda que, se o estudo das diferentes disciplinas que integram os currículos dos cursos de Ciências Biológicas, fosse feito sob a perspectiva da Biologia Evolutiva, o ensino de uma Biologia classificatória e estática no tempo seria substituído pelo ensino de uma Biologia histórica, que reúne e interpreta a dinâmica do passado para explicar o presente e vice-versa, pois traria a dimensão do tempo geológico para explicar a vida na Terra. Oliveira (1995) também deixa clara sua preocupação de investigar porque disciplinas como, por exemplo, Zoologia, Botânica e Genética, são ensinadas sem habilitar os alunos a relacioná-las entre si e com os processos evolutivos. A autora finaliza seu artigo salientando a necessidade de aprofundar estudos sobre evolução humana, vinculando-os aos conhecimentos de Genética, Zoologia e Botânica.

Gayon (2001), assim como Oliveira (1995), também defende o entendimento da Biologia a partir da Evolução Biológica, mas acrescenta que não se pode colocar uma teoria como esta como ponto de partida do ensino da Biologia. Nesse sentido, Gayon (2001) argumenta que esta teoria pressupõe, de fato, um grande número de conhecimentos parciais como, por exemplo, conhecimentos em genética, em ecologia, em paleontologia. Em compensação, ela oferece uma elucidação coerente do conjunto das disciplinas biológicas e por entender isso, sugere, citando Theodosius Dobzhansky, que as disciplinas biológicas deveriam ser ensinadas à luz da Evolução Biológica.

Entendo que a visão dos autores já citados se complementa, quando colocam a importância do tema Evolução Biológica em evidência ao se tratar do ensino das Ciências Biológicas. Contudo, a exemplo de outros temas, este também necessita de

uma estratégia de ensino que vise contemplar tanto o conhecimento científico como o histórico, para seu entendimento.

Segundo Gayon (2001), a Evolução Biológica é uma teoria histórica. O autor coloca que esta teoria não pode ser ensinada como outras, nas quais alguns princípios permitem inúmeras e magníficas deduções. Refere em especial a teoria química, na qual o conhecimento de alguns elementos e de suas propriedades reativas permite explicar a estrutura e o comportamento dos corpos que são feitos com os mesmos. Enquanto teoria histórica, a Teoria da Evolução Biológica tem uma fraca capacidade de previsão de fatos, mas uma imensa ambição explicativa: é com ela que a diversidade da vida pode tornar-se inteligível.

Ainda na mesma obra, Gayon (2001) ressalta que a disciplina de Evolução Biológica continua sendo uma disciplina fundamentalmente teórica, um objeto que suscita uma curiosidade intelectual tão popular quanto universal. Apesar disso, a abordagem da Evolução Biológica em atividades de ensino permanece rara e tudo se passa como se o aspecto mais teórico das Ciências Biológicas devesse ser mantido e considerado como objeto de desconfiança em meio às matérias inicialmente ensinadas.

Entendo que este tipo de abordagem, - da teoria pela teoria - sem que exista a relação dos princípios evolutivos com os demais temas das Ciências Biológicas, não permite que seja evidenciado o caráter prático do tema, que é fundamentar o conhecimento biológico. Esta forma de abordagem também induz a “desconfiança” mencionada por Gayon (2001), à medida que é trabalhada de forma descontextualizada e como mais uma teoria postulada.

Apesar de diversos autores, como os citados, reconhecerem a posição central da Biologia Evolutiva entre as ciências da vida, ela ainda não representa, nos currículos educacionais e na concessão de verbas para pesquisa, uma prioridade à altura de sua importância intelectual e de seu potencial para contribuir com as

necessidades da sociedade. Futuyma (2002) coloca que as razões disso talvez incluam a percepção errônea de que todas as questões científicas importantes referentes à Evolução Biológica já foram respondidas, bem como a controvérsia entre alguns maus cientistas, a respeito da percepção dela como ameaça a certos valores tradicionais da realidade como, por exemplo, as concepções religiosas.

Nesse sentido, Bizzo (1997) relata casos conhecidos, quando um professor do Alabama foi processado por ministrar aulas sobre Evolução Biológica; e o caso do Tennessee, onde professores que ministrarem aulas sobre Evolução Biológica poderão ser demitidos. Somando-se a estes casos, o darwinismo também sofreu nas mãos da Igreja Católica Argentina, que conseguiu retirá-lo do currículo com receio que estimulasse a conversão ao marxismo. O mesmo ocorreu há alguns anos no estado do Paraná, mas com a justificativa inversa, ou seja, ele incentivaria a propaganda do capitalismo.

Futuyma (2002) lembra que o criacionismo ressurgiu nos Estados Unidos e em outros lugares, não como fenômeno científico, mas como uma questão social, parte de uma ideologia reacionária mais ampla que constitui uma ameaça real à integridade e qualidade do ensino público. A alternativa dos criacionistas à Evolução Biológica é simplesmente uma interpretação literal dos primeiros capítulos do livro bíblico do Gênesis, constantemente travestido na linguagem da Biologia mais carente de substância científica.

Entretanto, Futuyma (2002) argumenta que a Biologia Evolutiva é uma disciplina intelectual e tecnologicamente dinâmica, que inclui algumas das mais empolgantes descobertas atuais das Ciências Biológicas, que contribuem de forma direta com questões de relevância social. Nesse sentido, os avanços conceituais e teóricos da Biologia Evolutiva Básica contribuíram para o progresso da Biologia Evolutiva Aplicada. Importantes progressos foram feitos nas áreas das ciências da saúde, da agricultura, dos produtos naturais, do meio ambiente e conservação, do

desenvolvimento de tecnologias e do intercâmbio educacional e intelectual com outras disciplinas.

Segundo Bizzo (1997), no Brasil não existem oficialmente cientistas que se dediquem ao estudo da Evolução Biológica. Duas das maiores e mais prestigiosas agências de financiamento de pesquisa do país, FAPESP e CNPq, ainda não reconhecem “Evolução Biológica” ou “Biologia Evolutiva” como campos específicos de estudo. Para que as pesquisas sejam feitas, os pesquisadores devem usar outros “nomes” para se cadastrar nas agências.

Somando-se às questões anteriormente apontadas, a falta de clareza sobre conhecimentos científicos a respeito do tema Evolução Biológica, por parte de docentes e discentes, torna o ensino e a aprendizagem desse tema merecedores de estudos adicionais, conforme apontam uma série de trabalhos como o de Cicillini (1997). Esta autora coloca que a produção do conhecimento escolar distancia-se substancialmente do conhecimento científico. Justifica esta afirmação argumentando que os professores apresentam o conteúdo evolutivo como um conhecimento já construído, não passível de modificação e para isso, eliminam as teorias que geraram polêmicas. Argumenta, ainda, que outra forma de distanciamento acontece quando o conhecimento evolutivo biológico vem impregnado de manifestações ideológicas. Segundo Cicillini (1997), as conotações finalistas, diretivas e de progresso acerca da Evolução Biológica são exemplos da presença de concepções ideológicas, também no ensino da Biologia. O distanciamento também pode ser evidenciado quando os professores modificam o sentido da estrutura interna da teoria evolutiva: a Evolução Biológica ocorre no nível de um grupo de indivíduos – raça, população ou espécie – e não no nível de um indivíduo, como muitas vezes os professores apresentam em suas aulas.

Detectar as idéias distorcidas de docentes e discentes, a respeito do tema Evolução Biológica num contexto onde o ensino de Evolução Biológica tem sido

considerado fundamental para a compreensão dos conceitos centrais da Biologia, deve ter como objetivo atender às questões básicas de entendimento e contextualização a respeito do que se ocupa a Biologia Evolutiva.

Pesquisas nesse sentido têm mostrado que os estudantes do Ensino Médio possuem concepções alternativas ligadas ao senso comum que persistem mesmo após anos de instrução (Bizzo, 1991). Entenda-se aqui, senso comum como o conhecimento produzido a partir da observação da regularidade da ocorrência de certos fenômenos, o modo comum, corrente e espontâneo de conhecer, adquirido no trato direto com as coisas, ou seja, o saber que prevalece sem a necessidade de comprovação ou estudo, sem a aplicação de um método mais cuidadoso e sem reflexão sobre algo que é afirmado como verdade. Para esses estudantes, compreender a diversidade da vida como resultado de um processo aleatório parece ser o grande obstáculo epistemológico para o entendimento da Evolução Biológica, pois eles entendem o ser humano como “*algo tão perfeito*” e acreditam que “*na vida sempre estamos nos aperfeiçoando e melhorando*” e “*tem que ter alguém que criou isto tudo*” (Santos e Bizzo, 2000).

Os estudantes também mantêm idéias cujo significado se distancia das concepções científicas, pois geralmente, compreendem Evolução Biológica como melhoramento, crescimento e aperfeiçoamento (Rosa *et al*, 2002), que acontecem a partir de um objetivo determinado. Nesse sentido, as diferentes concepções ligadas a crenças religiosas, senso comum e experiências pessoais, que permeiam o discurso de professores em referências ao tema Evolução Biológica, tende a reforçar esses entendimentos.

O fato de a Evolução Biológica ser apresentada aos alunos de ensino médio de modo fragmentado, impregnada de ideologias e com distorções das informações científicas atualmente aceitas, gera a necessidade desta ser efetivamente trabalhada nas escolas de forma clara e precisa, fazendo integração com diversos outros

conhecimentos. Também apontam para a necessidade de se identificar diferentes noções que professores têm a respeito deste tema, pois a falta de clareza por parte do docente sobre o assunto que ministra pode ser fato gerador de insegurança tanto para quem ensina quanto para quem aprende, além de favorecer a formação de concepções equivocadas (Rosa *et al*, 2002).

É imperativo no ensino de Evolução Biológica, definir os conceitos científicos, contrapondo as concepções cotidianas e as científicas, tendo muito cuidado ao utilizar termos como adaptação, ou mesmo evolução.

Entendo que as representações a respeito do tema Evolução Biológica não estão isoladas do contexto sócio-histórico-cultural de sua origem e uso. Neste sentido, a abordagem do tema a partir da história do desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico, pode permitir a transposição histórica de algumas concepções e levar à melhor compreensão dos processos evolutivos. Acredito que relacionar tais concepções históricas, com conceitos ligados à Evolução Biológica, pode resultar em uma interessante e esclarecedora ferramenta de ensino. Mas para isso, é necessário definir os conceitos científicos, contrapondo as concepções cotidianas com as científicas. É necessário também ter muito cuidado ao utilizar termos complexos no seu ensino, como adaptação, ou mesmo Evolução, pois, caso não haja uma compreensão mais profunda e clara dos conceitos evolutivos, pode-se estar favorecendo a formação de idéias distorcidas, que tendem a ficar enraizadas e permanentes.

Villa-Branco Júnior (2000), com base num estudo realizado na Universidade Federal do Paraná, junto a professores do ensino médio na forma de um Curso de Atualização intitulado “Genética do Processo Evolutivo”, afirma que é necessário atualizar e dar formação teórica a professores sobre o tema Evolução Biológica, bem como aprimorar novas abordagens para as aulas deste assunto. Para tanto, acredito que analisar as diferentes concepções que professores de Biologia possuem a

respeito de um tema tão pouco trabalhado no Ensino Médio, embora considerado fundamental para a compreensão de questões relacionadas a Ciências Biológicas deva proporcionar subsídios para direcionar o ensino de Evolução Biológica no sentido de resultados mais animadores.

Portanto, a importância da Evolução Biológica ser efetivamente trabalhada nas escolas de forma clara e precisa, fazendo integração com diversos outros conhecimentos, apontou para a pertinência de se analisar diferentes noções que professores têm a respeito deste tema. Ter consciência a respeito de suas próprias noções equivocadas, dentro de um tema, pode levar educadores a uma reflexão sobre os caminhos que podem ser traçados para que se alcance um processo de ensino/aprendizagem voltado para o conhecimento científico.

2.2. Ensino do tema Evolução Biológica – Uma argumentação histórica do Desenvolvimento do Pensamento Evolutivo Biológico

A importância da perspectiva histórica na educação científica atualmente é quase um consenso (Leite, 2004). Apesar de Peduzzi (2001) dar destaque ao papel da História da Ciência para o ensino da Ciência, alerta para a necessidade de fundamentação teórica, obtida através da Filosofia da Ciência, pois considera que História e Filosofia da Ciência são interligadas.

Leite (2004) argumenta que a História da Ciência poder ser um aporte para o seu ensino, ao ser considerada como conteúdo em si mesmo, como um recurso para auxiliar na escolha de conteúdos, como estímulo para o ensino, como mediador no entendimento dos conteúdos, bem como um expediente que contribui para a construção de uma imagem da Ciência mais próxima à dos epistemólogos modernos.

Bizzo (1991) ressalta que o significado de “História da Ciência” para os educadores nem sempre é parecido com aquilo que os filósofos e historiadores têm em mente. Segundo Matthews (*apud* Bizzo, 1991), talvez a maior contribuição da História da Ciência para o ensino seja a possibilidade de antecipar “obstáculos epistemológicos” que possam dificultar o processo de aprendizagem e, a partir daí, elaborar estratégias de ensino que possam contemplar os debates originais, oferecendo assim, maior número de alternativas para os alunos. Bizzo (1991) coloca ainda, que uma outra proposta de utilização da História da Ciência, seja no sentido de determinar os conceitos estruturantes em cada área do conhecimento de forma a abordá-los no ensino.

No que se refere ao estudo das teorias evolutivas, Oliveira (1995) ressalta a importância que este se dê à luz da História da Ciência, analisando as diferentes idéias e os contextos sócio-culturais onde estas foram geradas.

Essa autora alerta, contudo, que no contexto do ensino de ciências existe uma crítica central feita à abordagem de conceitos científicos através da contextualização histórica, embora alguns educadores defendam que as versões resumidas de episódios históricos podem contribuir para que os alunos entendam versões mais complexas em níveis posteriores. Tal crítica está centrada na simplificação e na interpretação de trechos históricos, por considerar que abordagens simplificadas podem levar a distorções tanto da ciência como da história, tornando mais difícil ainda a aprendizagem. Apesar desses argumentos, cabe defender que a abordagem metodológica e a compreensão do tema Evolução Biológica sejam facilitadas quando este é tratado dentro do contexto sócio-histórico de seu desenvolvimento. As variações de interpretações de episódios históricos, nesse contexto, são condições que permitem uma constante re-leitura e estimula à reflexão, permitindo entender que esta teoria é fruto de um contexto sócio-cultural. Além de mostrar que não existe um desenvolvimento linear e cumulativo da ciência, mas ao contrário, uma condição onde muitas vezes, para avançar, tem-se que regressar às idéias e

posicionamentos que, em algumas épocas, eram concebidas como corretas, e hoje não mais. A história do desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico, bem como as demais áreas da ciência, representa um importante e útil instrumento para o ensino (Oliveira, 1995).

Entretanto, não é possível desconsiderar que o ensino da história das ciências no processo de ensino e aprendizagem constitui uma prática diferenciada que deve levar em conta a necessidade de um enfoque historiográfico, que normalmente não é subsidiado por material didático. Tal abordagem requer que o professor procure apoio em materiais como periódicos, artigos, revistas que tragam uma abordagem centrada em aspectos cronológicos do desenvolvimento das ciências, a história dos primeiros pensadores e cientistas, sem, no entanto, fazer referência às controvérsias, aos erros, aos fracassos e sem considerar o meio social e cultural prevalente, entre outros, necessários a uma posição reflexiva que valorize o caráter humano da ciência, com todas as implicações culturais e sociais que determina. Segundo Leite (2004), para os professores, encontrar bibliografia para subsidiar trabalhos com perspectiva histórica, principalmente textos em português, é uma dificuldade adicional.

Também é importante que o professor tenha domínio sobre os principais postulados das teorias evolutivas e que, na medida do possível, não permita que suas concepções pessoais transpareçam em seu discurso.

Um estudo realizado por Pacheco e Oliveira (1997), onde foi analisada a abordagem sobre o tema Evolução Biológica em alguns livros didáticos, detecta vários problemas: equívocos históricos por parte dos autores; abordagem confusa quando os autores valorizam alguns aspectos da História da Ciência sobre as Teorias da Evolução, pois apresentam idéias do passado e do presente de forma confusa e deturpam fatos importantes; e a forma como os autores relatam o desenvolvimento da ciência e a história das idéias sobre Evolução Biológica, levando os estudantes a terem representações equivocadas a respeito das mesmas. Num contexto no qual o processo de ensino/aprendizagem se apóia principalmente em livros didáticos, tais

constatações contribuem como um importante alerta às questões ligadas ao ensino do tema Evolução Biológica.

Apesar das dificuldades que a iniciativa de contextualizar historicamente a abordagem da Evolução Biológica possa gerar, é importante mostrar aos alunos as mudanças históricas pelas quais passaram o desenvolvimento do pensamento evolutivo e que este, é fruto do contexto sócio-cultural predominante. Nesse sentido, é importante propiciar ao professor de Biologia em formação inicial ou continuada, elementos curriculares que abordem a história e a epistemologia dos conceitos evolutivos.

CAPÍTULO III

O CENÁRIO DA PESQUISA

Neste capítulo relatarei, inicialmente, as características do contexto onde a pesquisa se desenvolveu, em especial algumas peculiaridades da amostra de professores/alunos. A seguir, caracterizarei o curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, Química, Física e Matemática nos aspectos de organização, grade curricular e desenvolvimento. Por último, farei uma breve relação entre o curso oferecido e o que é preconizado para a modalidade Educação a Distância, atualmente.

3.1. Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia

Atuei como tutora, de maio/2001 a setembro/2002, do Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, realizado na modalidade de Ensino a Distância (EaD) e oferecido numa parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina e o Governo do Estado da Bahia. O Curso buscou atender o dispositivo legal previsto na Lei 9.394/96 que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, em vigência desde dezembro de 1996, e que dispõe que todos os professores devam possuir habilitação em sua área de atuação. A duração prevista para o Curso foi de quatro trimestres, com uma carga horária total de 720 horas/aula por habilitação.

Os alunos matriculados neste curso foram 110 professores de Biologia não-licenciados do ensino médio da Rede Pública Estadual da Bahia, aprovados em processo seletivo. Tais professores/alunos, a maioria situada na faixa etária entre 30 e 50 anos, não foram liberados de suas funções docentes, nem tiveram qualquer decréscimo no número de horas-aula que ministravam no governo do Estado da

Bahia, para que fizessem o curso de Complementação. A grande maioria desses professores, além de exercer a docência na rede pública estadual, também trabalhava em escolas particulares. Alguns deles ainda acumulavam funções referentes à sua área de formação superior inicial. Os professores/alunos só ausentaram-se de suas funções docentes por um período de 5 dias durante os encontros presenciais previstos para as disciplinas, que aconteceram a cada 3 meses. Os professores/alunos que residiam no interior do estado tiveram seu deslocamento para a capital e estadias pagos pelo Governo Estadual da Bahia, através do Instituto Anísio Teixeira (IAT). O material didático das disciplinas (livros elaborados por professores da UFSC) foi fornecido gratuitamente aos professores/alunos durante os encontros presenciais. A grande maioria desses professores/alunos não fazia um curso de formação continuada há muito tempo.

Os professores/alunos são graduados em distintas áreas como Ciências Biológicas, Medicina Veterinária, Enfermagem, Odontologia e Agronomia. Tal formação inicial não garante que estes professores/alunos tenham mantido contato com o tema Evolução Biológica, além do recebido quando cursavam o ensino médio.

Durante o curso em questão, acompanhei todas as disciplinas que fizeram parte da Grade Curricular (anexo 1) do primeiro ao quarto e último trimestre do Núcleo Estrutural do curso de Biologia. Conforme esta grade, o contato dos professores/alunos com o tema Evolução Biológica, aconteceu em dois momentos distintos.

No primeiro, o tema foi incluído com diversos outros, ligados aos conhecimentos biológicos, na disciplina de Tópicos Essenciais em Biologia, num total de 45 horas-aula, ministradas tanto de forma presencial (12 horas-aula) e como à distância (33 horas-aula) no primeiro trimestre do curso (maio a agosto de 2001). O Plano de Ensino dessa disciplina encontra-se no anexo 2.

O segundo contato dos professores/alunos com o tema Evolução Biológica foi durante a disciplina de Genética e Evolução que, conforme seu Plano de Ensino (anexo 3), previa um total de 45 horas-aula ministradas de forma presencial (12 horas-aula) e à distância (33 horas-aula), oferecida no quarto e último trimestre do curso (julho-setembro 2002). Como a disciplina de Tópico Essenciais em Biologia foi ministrada no início do Curso, participaram no total 110 alunos, enquanto que na disciplina de Genética e Evolução, que foi ministrada no final (quarto e último trimestre) do curso, participaram 83 alunos. No transcorrer do curso, 21 professores/alunos desistiram do mesmo e 6 tiveram aprovadas as solicitações de validação da disciplina de Genética e Evolução.

Para efeito de avaliação discente, foi proposta uma atividade (anexo 4) na disciplina de Tópicos Essenciais de Biologia, que consistiu na elaboração de uma pequena redação a partir das considerações feitas por Stephen Jay Gould (Gould, 1997) num texto de divulgação científica (anexo 5). Nesta redação, os professores/alunos deveriam responder a 3 perguntas: “O que a evolução não é? O que a Evolução é? Que diferença isso faz para nós?”, na forma de respostas que dariam a seus alunos caso eles viessem a fazer estas indagações em sala de aula.

A análise das redações elaboradas para atender a atividade acima mencionada, permitiu a identificação de erros conceituais, de omissões de aspectos relevantes ao tema e de utilização de vocabulário inadequado para alunos do Ensino Médio, apontando para a necessidade de um estudo mais detalhado sobre as noções que tais professores/alunos têm sobre o tema Evolução Biológica. Partindo desse indicativo, este tema de pesquisa foi proposto e, para atender a seus objetivos foi solicitado aos professores/alunos, como uma das atividades da disciplina de Genética e Evolução, que reelaborassem a redação sobre Evolução Biológica proposta anteriormente e também que respondessem a um questionário (anexo 6) aplicado durante o último encontro presencial do curso (julho/2002).

A primeira atividade proposta aos professores/alunos não foi pensada inicialmente como uma ferramenta de investigação, mas como se constitui importante fonte preliminar de informações a respeito das concepções dos professores/alunos sobre o tema Evolução Biológica passou a ser assim considerada, visando o aproveitamento dos dados no presente trabalho. Propor a mesma atividade em um segundo momento, no qual estes professores/alunos já haviam tido contato com os conteúdos específicos na disciplina de Genética e Evolução, buscou investigar de forma mais profunda suas concepções sobre Evolução Biológica expressas nas redações, bem como confirmar (ou não) algumas das impressões identificadas durante a análise das primeiras redações.

Tendo em vista o propósito inicial das atividades de redação, no âmbito das disciplinas de Tópicos Essenciais em Biologia e Genética e Evolução, foram empregados três critérios para a sua avaliação. Estes critérios foram:

1- se o professor/aluno evidenciou domínio do conhecimento científico sobre os processos evolutivos;

2- se o professor/aluno utilizou-se de linguagem clara e adequada para a tarefa proposta e se compôs um texto organizado;

3- se o professor/aluno atendeu ao objetivo proposto para a atividade (elaboração de um texto para seus alunos).

Estes critérios foram subdivididos em 3 itens onde o professor/aluno poderia se enquadrar:

a- sim - quando atingiu o objetivo do critério;

b- não - quando não atingiu o objetivo do critério;

c- parcialmente - quando atingiu parcialmente o objetivo do critério.

A análise das concepções sobre o tema Evolução Biológica expressas pelos professores/alunos na elaboração de redações para a disciplina de Tópicos Essenciais em Biologia e para a disciplina de Genética e Evolução deu origem a dois trabalhos. O primeiro (anexo 7) foi apresentado no VIII Encontro e Perspectivas do Ensino de Biologia (EPEB), sob o título: “O tema Evolução entre professores de Biologia não Licenciados – Dificuldades e Perspectivas” e o segundo (anexo 8) foi apresentado no 4º Encontro Nacional de Perspectivas e Ensino de Ciências (ENPEC), sob o título “Três Aspectos da Evolução – Concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Gould”.

Quanto à análise dos critérios utilizados para avaliação das redações produzidas para a disciplina de Genética e Evolução e que efetivamente foram utilizadas como dados para esta dissertação de mestrado, constatei certo grau de sobreposição. Por entender que o terceiro critério, que é o de produzir um texto para os alunos do ensino médio, só será alcançado se o professor/aluno efetivar os dois primeiros, utilizei somente o primeiro e segundo critérios. Entendo que esta forma permitiu a análise, em separado, do critério que buscava saber se o professor/aluno evidenciou domínio do conhecimento científico sobre os processos evolutivos biológicos, se o professor/aluno utilizou-se de linguagem clara e adequada para a tarefa proposta, e se compôs um texto organizado para seu aluno do Ensino Médio. Os três itens de enquadramento dos professores/aluno nos critérios continuaram a ser utilizados.

Como as atividades propostas não haviam sido elaboradas com o objetivo de investigação acadêmica, mas sim como um instrumento de avaliação da disciplina, buscou-se um instrumento específico de pesquisa que viesse a atender este objetivo.

Aplicou-se, então, um questionário⁴ elaborado com o objetivo de identificar e analisar concepções sobre Evolução Biológica, a partir de questões problemas, que permitiu, através de respostas pré-estabelecidas e de justificativas, que os professores/alunos expressassem suas concepções sobre Evolução Biológica. As respostas apresentadas às questões evidenciaram concepções desde as Lamarckistas até concepções Darwinistas. Os respondentes deveriam justificar a resposta assinalada.

Quando esse questionário foi entregue aos professores/alunos, durante as primeiras aulas da disciplina de Genética e Evolução, no último encontro presencial, foi explicado seu objetivo – que atenderia aos objetivos da pesquisa de mestrado e não contaria para efeito de nota - e passadas instruções para sua elaboração. Foi solicitado que os questionários fossem entregues aos professores até o último dia do encontro presencial. Foram devolvidos 19 questionários respondidos aos professores. A análise das respostas dos questionários ocorreu no sentido de buscar confirmação de concepções já expressas pelos professores/alunos quando da elaboração das redações, bem como, identificar novas concepções sobre o tema Evolução Biológica. Em uma primeira análise, pode parecer que as questões propostas no questionário têm um caráter pontual, mas uma análise mais criteriosa dos enunciados das questões permitiria que o professor/aluno expressasse seus conhecimentos científicos a respeito do tema Evolução Biológica. Era esperado que o professor/aluno evidenciasse essa análise através das justificativas que daria às respostas objetivas assinaladas.

⁴ Questionário utilizado por Bizzo (1991).

3.2. O curso de Complementação para Licenciatura de Biologia, Química, Física e Matemática

Dentro da modalidade de Educação a Distância (EaD), com suas características diferenciais da modalidade de ensino presencial, é que aconteceu a abordagem do tema Evolução Biológica e a análise das diferentes concepções que professores do Ensino Médio manifestam sobre o tema Evolução Biológica. Nesse sentido, o ensino a distância, com todas as variantes que esta modalidade de ensino apresenta (Litwin, 2001), constituiu um importante diferencial no contexto de análise desta pesquisa.

Segundo Morin (2000), a educação a distância surgiu e se consolidou a partir de cursos preparados com material instrucional impresso, distribuído aos estudantes pelo correio, ao quais, do mesmo modo, encaminhavam suas dúvidas e exercícios. Este modelo está sendo repensado devido às possibilidades recentes que as novas tecnologias de comunicação e informação aplicadas a EaD proporcionam, fazendo avançar para um ensino com maior flexibilidade e acessibilidade através destas tecnologias cada dia mais poderosas em recursos, velocidade, programas e comunicação, permitindo a alunos e professores pesquisar, simular situações, testar conhecimentos específicos, descobrir novos conceitos, lugares, idéias, produzir novos textos, avaliações e experiências.

O Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, Física, Matemática e Química teve por objetivo habilitar professores que já possuíam formação de nível superior (bacharéis) e estavam em efetivo exercício docente na Rede Estadual de Ensino da Bahia, ministrando aulas de Química, Física, Biologia e Matemática.

Este Curso de Formação Continuada a Distância foi o resultado do convênio firmado entre a Secretaria de Educação do Estado da Bahia – SEC e a Universidade

Federal de Santa Catarina – UFSC, com a participação de Centros de Ensino (Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências Biológicas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Centro de Educação e Centro Tecnológico) e executado pelo Laboratório de Ensino a Distância – LED, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP.

O Curso teve amparo legal na Resolução nº 02 aprovada pelo Conselho Nacional de Educação em 26/06/1997, que dispõe sobre os programas especiais de formação pedagógica de docentes para as disciplinas das quatro séries finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, destinados a portadores de diplomas de nível superior em áreas afins.

Em seu artigo terceiro, tal Resolução estabelece que os programas especiais devam respeitar uma estruturação curricular articulada em três Núcleos:

- Núcleo Contextual – visando à compreensão do processo ensino/aprendizagem referido à prática da escola, considerando tanto as relações que se passam no seu interior, com seus participantes, quanto suas relações, como instituição, com o contexto imediato e o contexto geral onde está inserida;
- Núcleo Estrutural – abordando conteúdos curriculares, sua organização seqüencial, avaliação e integração com outras disciplinas, métodos adequados ao desenvolvimento do conhecimento em pauta, bem como sua adequação ao processo de ensino/aprendizagem;
- Núcleo Integrador – centrado nos problemas concretos enfrentados pelos alunos na prática de ensino, com vistas ao planejamento e reorganização do trabalho escolar, discutidos a partir de diferentes perspectivas teóricas, por meio de projetos multidisciplinares, com a participação articulada dos professores das várias disciplinas do curso.

A Resolução nº 02 prevê também, em seu artigo quarto, que programas deste tipo se desenvolverão em, no mínimo, 540 horas, incluindo 300 horas de Prática de Ensino.

No que diz respeito à legislação interna, as habilitações que compõem o curso obedecem a Resolução 001/Cun/2000 da UFSC, que dispõe sobre os princípios para o funcionamento dos cursos de formação de professores em caráter especial em seu artigo segundo, inciso quinto, parágrafo primeiro.

O ingresso de candidatos foi feito em maio de 2001, mediante critérios definidos pela Secretaria de Educação da Bahia, sob a coordenação da Universidade Federal de Santa Catarina, tendo como seu público-alvo os profissionais que atendiam a 2 critérios:

- 1) possuir grau de Bacharel, conforme a relação com o curso pretendido,
- 2) possuir formação profissional estabelecida no Edital de Inscrição para Seleção ao Curso, concluída.

Quanto ao aproveitamento de cada disciplina, o mesmo foi verificado em relação aos objetivos previstos nos respectivos planos de ensino. As avaliações de aprendizagem ocorreram ao longo do período letivo, de acordo com o plano e respeitando as especificidades das diferentes disciplinas. Em todas as disciplinas foram realizados exames presenciais obrigatórios a todos os participantes em atendimento ao Decreto 2.494/98, art. 7º. Todas as avaliações foram expressas através de notas variando de 0 (zero) a 10 (dez), sendo a nota mínima de aprovação em cada disciplina igual a 6,0 (seis virgula zero). O curso previu recuperação das disciplinas ao final de cada trimestre, para os alunos que não atingiam a média 6,0 (seis). O aluno reprovado em até duas disciplinas deveria cumpri-las em prazo limite de 60 (sessenta) dias, após o término das atividades regulares do último trimestre. A reprovação em até três disciplinas implicava no desligamento do curso. A frequência dos alunos no curso foi avaliada levando-se em conta 75% de frequência mínima na

parte presencial de cada disciplina, entrega das atividades de avaliação nos prazos previstos e presença nas teleconferências com recepção organizada, valendo a mesma percentagem de 75%.

A organização curricular do curso previa que os alunos deveriam integralizar o curso em 12 meses e serem aprovados em todas as disciplinas do currículo. O registro de notas e/ou conceitos esteve sob a responsabilidade do Departamento de Administração Escolar (DAE) da UFSC. A certificação do curso foi regida pela legislação vigente na UFSC (Resolução 17/Cun/1997), respeitando-se as especificidades inerentes a programas de formação em caráter especial. O concluinte do curso recebeu certificado e registro profissional equivalentes à licenciatura plena (conforme artigo 10 da resolução 02 de 26/06/1997, do Conselho Nacional de Educação). Ao longo do curso professores e estudantes avaliaram o processo de ensino/aprendizagem mediante a aplicação de questionários impressos e/ou on-line, tendo como principal objetivo a busca de subsídios para o aprimoramento das ações desenvolvidas.

Os professores/alunos contaram, no processo ensino/aprendizagem, com o apoio de livros textos elaborados pelos professores das disciplinas, de uma equipe de tutores e de um ambiente virtual de aprendizagem (VIAS).

No Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, foi adotada uma concepção amparada por uma teoria de EaD que permitiu que as ações fossem voltadas para a qualidade do processo de ensino/aprendizagem, valorizando as potencialidades dos diferentes atores envolvidos (professores, estudantes, tutores, monitores, bolsistas e equipe técnico-pedagógica).

Nesse sentido, Homberg (1985) oferece um referencial teórico mais próximo, uma vez que sua teoria resgata o diálogo como eixo principal da ação educativa, bem como traz um enfoque interessante, valorizando a troca entre os envolvidos no processo denominado de comunicação de ida e volta.

Este autor considera que, para existir essa comunicação, é necessário o estabelecimento de uma relação pessoal com o aluno, como um pré-requisito fundamental para a sua motivação e, por consequência, tornando-se um forte auxílio à aprendizagem. Deixa claro que, na educação a distância, uma das metas principais das instituições é auxiliar os alunos a atingirem um estado de autonomia em relação ao professor/instituição, através da criação de sistemas abertos, adaptados ao ritmo individual dos alunos.

Segundo Holmberg (1985), se as ações da EaD forem consideradas processos de comunicação consistente, os alunos poderão ser estimulados a uma maior motivação, permitindo-lhes obter êxito na aprendizagem.

O mesmo autor aponta algumas características essenciais para a prática dos sujeitos envolvidos no sistema de acompanhamento, entre elas:

- *criar um diálogo personalizado com o estudante;*
- *tratar o tema de estudo de cada estudante como único e muito importante;*
- *criar um ambiente onde o estudante sinta-se parte da instituição que promove o curso;*
- *promover o curso, através de uma relação pessoal, no entanto isso não significa deixar o estudante dependente;*
- *estabelecer um contato permanente com os estudantes, principalmente com aqueles que tendem a se afastar do grupo, muitas vezes um contato informal perguntando ao aluno se está tudo bem e colocando-se à disposição, traz resultados positivos;*
- *considerar a comunicação como o centro do processo educacional. A comunicação implica atividade e participação dos estudantes em oposição a uma participação passiva no processo. (Homberg, 1985)*

Nesse sentido, o Sistema de Acompanhamento ao Estudante a Distância (SAED), oferecido pelo Curso, teve especial relevância, pois procurou estimular a autonomia e motivação dos alunos. Segundo Homberg (1985), para que isso seja possível, é necessário que se conheça o perfil do aluno, e a partir desse perfil, sejam traçadas suas reais necessidades.

O Curso oferecido procurou contemplar essa exigência, visando com isso, oferecer um curso adequado às necessidades do alunado e, para tal fim, levou em consideração a necessidade de saber do estudante, o seu auto conceito, suas experiências anteriores, sua prontidão para aprender, sua orientação para a aprendizagem e sua motivação.

Visando oferecer um acompanhamento constante, o curso permitiu ao estudante interagir através de telefone, correio postal, correio eletrônico, fax e Internet, com seguinte suporte de acompanhamento:

- Professores na UFSC
- Tutoria nos Núcleo de Apoio na Bahia
- Tutoria no LED/UFSC
- Monitoria no LED/UFSC
- Bolsistas nos Centros da UFSC

3.3. O Acompanhamento da Tutoria

Quando fui convidada, em março de 2001, a trabalhar como tutora do Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, pouco sabia sobre a modalidade de educação a distância e muito menos sobre a função que deveria desempenhar. No entanto, preenchia os requisitos mínimos para a função que eram a condição de Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas e experiência prévia em ensino. Já havia desempenhado função docente na disciplina de Ciências do Ensino Fundamental e na disciplina de Biologia do Ensino Médio na rede pública estadual de Santa Catarina, por cerca de 2 anos.

Durante os dois meses que antecederam o início do Curso de Complementação, busquei informações sobre a EaD, sobre o Curso de Complementação e a respeito dos professores/alunos com os quais iria trabalhar. O fato de trabalhar como tutora de professores de Biologia do Ensino Médio que exerciam esta função há vários anos causou certo receio em relação à demanda de conhecimento. Os esclarecimentos dados pelos professores das disciplinas de que estariam sempre à disposição para auxiliar os tutores em questões ligadas ao conhecimento, mostraram que a função de tutoria seria de fazer uma “ponte” entre eles e os professores/alunos e nesse sentido, estariam sempre à disposição de ambos.

Obtive uma cópia, com os professores da disciplina, do livro texto de Tópicos Essenciais de Biologia - primeiro material didático que os professores/alunos iriam receber. Ao ler todo o material e responder os exercícios propostos no livro, que era uma das tarefas da tutoria, a abordagem não me pareceu nada complicada.

Antes do início do Curso de Complementação em Biologia, Física, Química e Matemática, entrei em contato com o Laboratório de Ensino a Distância (LED) apenas uma vez, cerca de uma semana antes do início do Curso. Esse encontro foi programado com todos os tutores de todas as disciplinas dos quatro Cursos e nos foi

apresentado o Ambiente Virtual de Aprendizagem (VIAS), o qual deveria nos possibilitar mais um contato com os alunos. Também nos foram disponibilizadas algumas informações sobre o Curso, em um Guia Geral elaborado para os professores/alunos, bem como um guia com Orientações para tutores, monitores e bolsistas, elaborado pela equipe pedagógica do LED. A leitura desses materiais, somada às informações passadas pelos professores das disciplinas, possibilitou uma visão geral do Curso.

Com o início do Curso em maio de 2001, deu-se início o trabalho de tutoria. Os professores/alunos dispunham de atendimento das disciplinas de Biologia durante oito horas por dia. Em quatro delas, o atendimento era prestado por mim, e nas outras quatro horas, por uma colega. Os horários de atendimento, organizados em três turnos, conforme os dias, foram disponibilizados integralmente aos professores/alunos. As impressões que a partir daqui passo a relatar, vêm ao encontro das impressões de minha colega de tutoria. Tais impressões são resultado de um minucioso trabalho de registro sobre o conteúdo das ligações recebidas e efetuadas para os professores/alunos.

A primeira ligação atendida era uma pergunta sobre questões administrativas. Aliás, é bom deixar claro desde o início que a maioria dos atendimentos prestados aos professores/alunos sempre foi ligado a questões organizacionais tais como: qual o prazo para enviar a atividade, para onde enviar a atividade, saber se a atividade enviada havia chegado ao LED, se as notas de atividades e provas já haviam sido publicadas e quais eram como acessar o VIAS, etc..., apesar dessas questões sempre terem sido divulgadas antecipadamente de alguma forma. A maioria delas estava no plano de ensino das disciplinas, publicadas no VIAS ou no Guia Geral dos alunos. Na verdade, a modalidade de educação a distância era uma experiência nova também para os professores/alunos e, nesse sentido, também gerava dúvidas e inseguranças para estes, fazendo com que buscassem maior contato com a tutoria.

Os professores/alunos procuravam estabelecer, com a tutoria, um clima de camaradagem e mostravam-se muito educados, interessados, curiosos e ansiosos em saber coisas sobre o Curso ou sobre as disciplinas que estavam cursando.

Ao longo do Curso, embora não tenha dados para comprovar, somente cerca de 40% dos contatos dos professores/alunos foram para discutir questões sobre os temas trabalhados nas disciplinas e, sempre que os alunos apresentavam dúvidas, essas eram geradas a partir da necessidade de entender algum tópico apresentado na disciplina, resolver algum exercício para ser entregue ou estudar algum tema específico para as provas presenciais.

Alguns motivos poderiam justificar este fato: o primeiro deles é porque não tinham dúvidas sobre o conteúdo abordado e, portanto, não havia motivo para questionar. Mas, de forma geral, o resultado quantitativo e qualitativo das avaliações não comprovava esta possibilidade.

Esta constatação pode remeter a um segundo motivo. A falta de procura poderia estar relacionada com a falta de tempo desses professores/alunos em ler o material didático, em estudar, em fazer as atividades com certa antecedência. Realmente, a falta de tempo para se dedicar ao Curso sempre foi uma das maiores queixas desses professores/alunos. A maioria deles exercia a atividade docente por até 60 horas semanais e os que não possuíam uma carga horária letiva tão extensa, se dedicavam às atividades ligadas à sua formação inicial. Os médicos veterinários e dentistas, na sua grande maioria, clinicavam durante o dia e lecionavam à noite. Os enfermeiros conciliavam seus horários entre plantões e as aulas que ministravam, a exemplo dos demais profissionais.

Nesse sentido, o papel da tutoria oferecida pelo Curso, foi um pouco além das questões práticas de ensino e orientação para aprendizagem, passando, muitas vezes, somente ao papel de motivar e estimular o professor/aluno a não desistir do Curso. A maioria dos professores/alunos que desistiu do Curso, realmente o fez por falta de

tempo para desempenhar as atividades solicitadas e por não possuir tempo suficiente para se dedicar aos estudos, pois eles não tiveram redução de suas cargas horárias letivas durante o Curso.

Um terceiro motivo proposto para que os professores/alunos não procurassem sanar suas dúvidas de conhecimento é algo mais abstrato ou intuitivo do que os motivos anteriormente apresentados. Sempre me pareceu que eles ficavam constrangidos quando estavam fazendo alguma pergunta ou comentando algum tópico dos conteúdos que estavam sendo abordados. Embora sempre procurasse estabelecer uma conversa sobre o assunto que estava sendo tratado e lhes possibilitasse que colocassem suas concepções ou o que sabiam sobre este, eles não conseguiam dissertar com tranquilidade. Quando solicitava que me explicassem o que haviam entendido, a tentativa primeira era fugir do assunto e tentar dizer que não tinham mais dúvida nenhuma. Em suma, mesmo os que ligavam para tirar alguma dúvida de conteúdo, tinham muitas dificuldades em fazê-lo.

Por ter estas percepções, sempre que um professor/aluno ligava, mesmo que para assuntos mais gerais, era uma prática procurar incentivá-lo a conversar sobre algum conteúdo que estava sendo trabalhado.

Todas essas impressões sobre as dificuldades dos professores/alunos em fazer livremente seus questionamentos tornaram-se mais evidentes quando os professores das disciplinas começaram a prestar atendimento no LED pelo 0800 duas vezes por semana. Apesar dos professores/alunos terem sido avisados que poderiam ligar para os professores, eles não o faziam e, nas vezes em que ligavam, os professores estavam presentes, eu comentava que ele poderia aproveitar e falar com o próprio professor da disciplina. Mas a grande maioria negava-se a falar e desligava o telefone dizendo que ligaria em outro momento. Pelo relato dos professores, nas poucas vezes em que fizeram contato com os professores/alunos pelo atendimento do 0800 do LED, a conversa girava em torno de questões outras, como por exemplo

aspectos de organização da disciplina, que não quanto ao conteúdo que estava sendo trabalhado.

Estes fatos me levaram a pensar que, embora os professores/alunos necessitassem esclarecer algumas dúvidas, talvez a falta de argumentação, gerada principalmente pela falta de estudo, fazia-os pensar que não tinham condições para argumentação, ou de entender o que estava sendo colocado tanto pelo tutor como pelo professor da disciplina. Estabelecer conversação com a tutora, pessoa com quem estavam acostumados a tratar, já era difícil, imagine conversar com o professor. Pessoa que, além de não estarem acostumados a conversar, deveria saber bem mais que eles e a tutora juntos.

Tenho claro que a pouca procura por discutir os conteúdos das disciplinas pode ter sido gerada por algum dos motivos apresentados, bem como pelo somatório dos mesmos. Esta foi uma dificuldade que não consegui vencer na tutoria, apesar de conversar sobre isso com a equipe pedagógica, com os professores e com os próprios professores/alunos, que argumentavam não terem dúvidas.

Esses professores/alunos sempre deixaram claro, em seus discursos, considerarem a instituição UFSC como uma das mais competentes e que o Curso oferecido pela mesma era de alto nível. Conceituavam os professores e a tutoria como competentes nas funções que estavam exercendo. Alguns deles não negavam que começaram a fazer o Curso pensando que não teriam maiores dificuldades, e que acabaram por se surpreender com o nível de exigência imposto.

Foi no exercício da tutoria que aprendi a conhecer os professores/alunos e onde cada um deles passou a representar um conjunto de características que iam desde seus poderes de argumentação sobre os conhecimentos biológicos, passando por seus problemas pessoais e suas necessidades de atenção enquanto indivíduo. É difícil avaliar até onde este tipo de relação favoreceu os princípios primeiros da tutoria – o de ensino/aprendizagem e orientação –, mas não haverá forma de testar

um outro tipo de interação com este mesmo grupo. Acredito que todos os professores, professores/alunos, tutores e todos e demais profissionais envolvidos aprenderam a fazer o Curso e a contornar obstáculos durante todo o desenvolvimento do mesmo, sempre com o intuito de acertar e com este intuito sempre trabalharam juntos.

Um exemplo disso, dentre tantos outros que poderia relatar, é o fato dos professores das disciplinas do curso de Biologia, antes de publicarem um conceito final de professores/alunos que não haviam atingido a pontuação mínima para serem aprovados nas disciplinas, reunirem-se com a tutoria para avaliar o progresso, empenho, pontualidade na entrega de atividades e histórico desses alunos. Apesar de ser um curso a distância, o papel da tutoria permitia que o avaliador visse o avaliado, a partir dos “olhos” da tutoria, de forma menos impessoal.

Para tornar o processo de avaliação o mais transparente e eficiente possível, o Curso de Complementação em Biologia passou a elaborar, desde o primeiro trimestre do curso, *feedback* das atividades propostas e das provas presenciais. Este *feedback* tentava mostrar aos professores/alunos, a partir de exemplos de respostas corretas dadas pelos próprios professores/alunos, onde teriam incorrido em erros. Também tinha o objetivo de orientá-los na confecção de próximas atividades ou provas, e de enfatizar aspectos dos conteúdos que não haviam merecido o destaque necessário. Este sistema de *feedback*, mais tarde, foi adotado por alguns dos outros cursos.

Mas apesar do empenho conjunto, vários problemas surgiram durante o desenvolvimento do Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia. Alguns problemas foram de ordem mais localizada, como os anteriormente expostos, e alguns outros de ordem mais geral.

Aos professores/alunos foi disponibilizado um Ambiente Virtual de Aprendizagem (VIAS). Neste ambiente, os alunos poderiam interagir com os

professores, com outros colegas, tutores e toda uma equipe de atendimento. O VIAS também deveria dispor de um ambiente pedagógico onde os professores/alunos pudessem acessar os conteúdos das disciplinas, ter acesso a materiais complementares, informar-se sobre calendário de atividades e saber o resultado de suas avaliações e notas finais das disciplinas. Este sistema de acompanhamento nunca funcionou a contento. Em momentos em que foi questionada a falta de operacionalidade da ferramenta virtual, os técnicos sempre colocavam que estavam trabalhando para seu aperfeiçoamento. Na realidade, após muitas conversas, solicitações e reclamações, tentando passar o descontentamento de professores/alunos, professores e tutores, ficou claro que esta ferramenta não havia sido elaborada com a finalidade de atender aos interesses do curso de Complementação, mas sim que esta era uma ferramenta elaborada para atender a um outro cliente do LED, a Bunge Alimentos, pois o mesmo prestava este tipo de serviço técnico a algumas empresas. Na realidade, esta ferramenta estava sendo adaptada às necessidades do Curso de Complementação. Um exemplo muito claro disso é o fato do VIAS não dispor de um sistema de notas eficiente que pudesse ser alimentado pelos professores e informasse aos professores/alunos suas notas e médias. Somente ao final do terceiro trimestre do Curso, depois de várias tentativas e diversos pedidos, o pessoal técnico do VIAS passou a sentar com a equipe de tutoria para tentar atender esta necessidade.

Não bastando a inoperância do VIAS, por questões técnicas, somava-se a isso uma outra questão muito importante. Foi acertado com os professores/alunos que todos teriam acesso a computadores para poderem lançar mão do VIAS. Àqueles que não possuíam Internet em casa, lhes seria disponibilizado no ambiente escolar. Para isso, presume-se que o Estado equiparia todas as escolas com computador e acesso à rede. Isso não aconteceu. A quase totalidade dos professores/alunos não tinha acesso à rede em casa, as escolas não foram equipadas com computadores e acesso à rede e, naquelas onde este recurso existia, alguns professores enfrentavam a

intolerância da direção quando o queriam utilizar. Somando-se a isso, a maioria dos professores/alunos não possuía habilidade alguma com computadores, muito menos em acessar um ambiente imbricado como o que o VIAS dispunha, o que justifica duas coisas: o contato insistente por telefone e as dúvidas operacionais por parte dos alunos (como enviar um e-mail, como salvar arquivos no Word, etc). A grande maioria dos alunos mandava as atividades manuscritas e muitos dos que mandavam digitadas, pagavam à pessoas para fazer este trabalho.

Entendo que o VIAS não poderia ter sido uma ferramenta chefe do Curso de Licenciatura – e este era o objetivo -, pois o público alvo ao qual se destinava não enquadrava-se dentro do perfil exigido. Para se ter uma idéia mais precisa, tínhamos um professor/aluno que morava em uma cidade onde a única linha telefônica era a de um telefone público em frente da Prefeitura Municipal. Entendo, apesar das colocações, que outras formas de acesso ao Curso foram estabelecidas, como correio e 0800 e que a falta de acesso de alguns poucos não deveria impedir o acesso dos demais a uma plataforma de ensino eficiente. O que o VIAS não conseguiu provar ser.

Outra queixa constante dos professores/alunos sempre foi a falta de acesso à bibliografia recomendada pelos professores, como forma de complementar a abordagem feita pelos mesmos nos livros textos. A princípio, houve um comprometimento do Estado em disponibilizar estes materiais bibliográficos, mas essa promessa perdeu-se. Quando os alunos precisavam das referências indicadas, tinham que conseguir tempo para ir às bibliotecas de universidades públicas e tentar acessar o material.

A questão da reposição das aulas deixadas de ministrar em semanas em que estavam em encontros presenciais, sempre foi uma grande queixa dos professores/alunos. Além de terem que vencer o calendário escolar que, por si só, é

apertado, somavam-se a isso os atrasos decorrentes desses encontros. Vejo isso como mais uma angústia vivenciada por estes profissionais.

Na realidade, o grande fator “motivador” para que a maioria destes professores/alunos começasse a fazer o Curso de Complementação, foi o mesmo que fez com que a maioria deles não desistisse do Curso - a exigência da lei 9394/96 da LDBEN.

Em relação aos livros textos disponibilizados aos professores/alunos em cada uma das disciplinas cursadas, também houve alguns contratemplos. Ao início de cada disciplina, os professores/alunos tinham um encontro presencial com os professores das disciplinas no Instituto Anísio Teixeira (IAT). Nesses encontros, eram trabalhadas questões chaves ligadas ao conteúdo das disciplinas. Seria de extrema relevância que estes professores/alunos, além de saber quais disciplinas cursariam, tivessem contato com os livros textos que traria este conteúdo. Seria importante que estes professores/alunos lessem estes conteúdos com antecedência aos encontros e pudessem formular questões sobre os mesmos aos professores, nos encontros presenciais. O que viabilizaria esta prática seria o recebimento com antecedência do material didático.

Apesar do IAT se disponibilizar a enviar os livros textos aos professores/alunos, isso nem sempre foi possível, pois os mesmos ficavam prontos somente nas vésperas dos encontros presenciais. O livro texto de Genética e Evolução, por exemplo, só ficou pronto e foi entregue aos professores/alunos, após o encontro presencial da disciplina. A razão para este acontecimento, parece sempre ter sido a falta de tempo dos professores das disciplinas para elaborar o material didático. Razão esta que não se justifica, pois desde o início do Curso, sabiam que deveriam fazê-lo e a época em que estes deveriam ficar prontos. Esta foi mais uma das questões levantadas pelos professores/alunos durante o Curso.

Mas o Curso aconteceu. Previsto para durar 12 meses, um recesso de final de ano não previsto inicialmente no calendário, uma greve na rede Estadual da Bahia e a necessidade de transferir alguns encontros presenciais fez com que o Curso se estendesse por mais 4 meses.

Ao final do Curso, quatro alunos ficaram em dependência em disciplinas como Biologia Celular e Embriologia (2) e Genética e Evolução (2), mas ao final das dependências, todos foram certificados.

Em janeiro de 2003, os professores/alunos colaram grau no Centro de Convenções de Salvador em uma cerimônia conjunta, transmitida via satélite, entre a UFSC e a Secretaria de Educação do Estado da Bahia.

3.4. O tema Evolução Biológica no Curso de Complementação

O tema Evolução Biológica foi tratado em diferentes momentos durante o Curso de Complementação.

Primeiramente, o tema foi abordado de forma muito resumida na disciplina de Tópicos Essenciais em Biologia, no primeiro trimestre do Curso. A abordagem do tema Evolução Biológica no capítulo 5 do livro-texto desta disciplina, sob o título Evolução, objetiva discutir a origem da vida e sua evolução, enfatizando sua importância no ensino da Biologia. Para isso, o texto inicia com a teoria da “sopa pré-biótica”, passando a uma discussão sobre as mudanças ambientais e uma abordagem sobre a transição de alguns organismos para a vida na terra. O tema Evolução Biológica é tratado como um conhecimento estabelecido, sem que qualquer menção ao histórico do desenvolvimento do pensamento biológico tenha sido feita. A única inferência a Darwin é uma citação em um *link* sobre a negação da idéia de progresso ou superioridade quando se fala em Evolução Biológica. Apesar

de constar dos objetivos, neste capítulo não foi ressaltada a importância do tema para o ensino das Ciências Biológicas.

No capítulo 7 do mesmo livro texto, que trata sobre alguns aspectos da evolução do pensamento em Biologia, e tem por objetivo conhecer alguns nomes e idéias que marcaram o pensamento biológico ao longo da história, como parte do desenvolvimento da humanidade, o tema Evolução Biológica volta a ser tratado. Segundo Muniz (2001), os quatro conceitos unificadores da Biologia são a Natureza física da vida, Natureza celular, Hereditariedade e Evolução Biológica. É dentro desta visão que o tema Evolução Biológica é tratado a partir de uma breve abordagem histórica do seu desenvolvimento. Alguns dos princípios Darwinistas para a Teoria da Evolução Biológica pela seleção natural – variação, herança e seleção natural – também são mencionados e definidos. O texto sinaliza que uma maior abordagem sobre o tema será feita na disciplina de Genética e Evolução.

Durante o encontro presencial, o tema Evolução Biológica não mereceu destaque sobre os demais temas abordados. Como uma das atividades propostas para a disciplina de Tópicos Essenciais em Biologia, foi solicitada a elaboração de um texto para os alunos, conforme já mencionado no capítulo 3 desta dissertação.

A disciplina de Genética e Evolução foi oferecida simultaneamente com as disciplinas de Biologia Celular e Embriologia, no quarto trimestre do Curso e este foi o segundo momento em que o tema foi tratado.

A abordagem feita no livro texto está centrada em dois capítulos. O capítulo sete – A Teoria da Evolução e sua Importância para as Ciências Biológicas – tem por objetivo identificar e discutir aspectos históricos do surgimento de idéias sobre o fenômeno da variação e da Evolução dos seres vivos, com destaque para o papel do darwinismo sobre a teoria atual, bem como, apontar e discutir a importância da Evolução Biológica para o entendimento de todas as áreas da Biologia.

O texto oferecido aos professores/alunos pelos professores da disciplina faz uma abordagem histórica do desenvolvimento do pensamento evolutivo biológico, bem como, uma abordagem sobre os aspectos mais significativos da Teoria de Darwin. Finalizam o texto, com um excerto de Jean Gayon (2001), a respeito da importância da Evolução Biológica.

O capítulo nove – Fatores e mecanismos que atuam na Evolução Biológica - tem por objetivo tornar compreensíveis os processos e fatores que levam à modificações em uma população e à formação de uma espécie. Ao iniciar o texto, os autores enfatizam o significado do termo Evolução de forma breve e, a seguir, passam a tratar dos fatores e mecanismos que podem levar ao surgimento de novas espécies.

Aconteceram dois encontros presenciais na disciplina de Genética e Evolução. Participei do último encontro, priorizando assistir as aulas sobre o tema Evolução Biológica ministradas nas três turmas do Curso. Possuía grande expectativa sobre as representações que poderiam surgir por parte dos professores/alunos em relação a este tema. As expectativas a respeito das representações estavam relacionadas com as categorias levantadas quando da análise do primeiro texto por eles produzido na disciplina de Tópicos Essenciais em Biologias, e outras mais que porventura surgissem.

Dois professores ministraram as aulas presenciais de Genética e Evolução. Um desses professores foi o mesmo que solicitou e participou da correção do primeiro texto sobre Evolução Biológica elaborado pelos professores/alunos. A ele, não coube tratar sobre o tema Evolução Biológica, e o professor que ministrou efetivamente as aulas não fez planejamento levando em conta a necessidade de fazer uma abordagem direcionada às concepções equivocadas, levantadas a partir da análise do primeiro texto. Esta situação também propiciou que nenhuma discussão fosse proposta e que não houvesse participação dos professores/alunos. Portanto, a

aula foi ministrada sem o objetivo de suscitar reflexões sobre tais questões, possivelmente contribuindo para que os equívocos reaparecessem quando da elaboração do segundo texto elaborado para atender a disciplina de Genética e Evolução.

Volto a enfatizar que o tempo presencial para discutir os temas propostos nas disciplinas sempre foi muito curto. A carga horária presencial para o tema de Evolução Biológica, por exemplo, não excedeu a três horas. Esses fatores, somados à falta de uma contínua avaliação das necessidades apresentadas pelos professores/alunos em outras disciplinas, com o objetivo de que as mesmas fossem sanadas a partir de um novo planejamento das disciplinas que se seguiam, contribuíram para o quadro que se apresentou.

3.5. Educação a Distância

As expressões “Ensino a Distância” e “Educação a Distância” já eram utilizadas na Alemanha, na década de 60, em substituição à expressão “estudo por correspondência”, em uso durante mais de um século. Não há unanimidade sobre o que se entende por Educação a Distância. Aretio (1994), a partir de alguns autores, cita algumas definições:

Educação a Distância é uma modalidade mediante a qual se transferem informações cognitivas e mensagens formativas através de vias que não requerem uma relação de contigüidade presencial em recintos determinados. (Vitor Guédez)

O ensino a distância é um sistema multimídia de comunicação bidirecional com o aluno afastado do

centro docente e ajudado por uma organização de apoio, para atender de modo flexível à aprendizagem de uma população massiva e dispersa. Este sistema somente se configura com recursos tecnológicos que permitam economia de escala. (Ricardo Marin Ibanez)

Educação a Distância é a atividade planejada que geralmente ocorre num lugar diferente do ensino e, por causa disso, requer técnicas especiais de desenho de cursos, técnicas especiais de instrução, métodos especiais de comunicação através da eletrônica e outras tecnologias, bem como arranjos essenciais organizacionais e administrativos. (Michael Moore)

Contudo, sem necessariamente ter que escolher a melhor definição para Educação a Distância, até porque elas trazem embutidas algumas limitações, pois não dão conta de incluir todos os aspectos envolvidos no complexo processo educativo a distância, cabe ressaltar suas características fundamentais.

- Educando e educadores estão separados pelo tempo e/ou espaço;
- Há canais que viabilizam a interação entre educadores e educandos;
- Há uma estrutura organizacional complexa a serviço do educando; um sistema de EAD com subsistemas integrados: comunicação, tutoria, produção de material didático, gerenciamento, etc.
- A aprendizagem se dá de forma independente, individualizada e flexível.

É importante ressaltar que, segundo Martins e Polak (2000), esta modalidade de ensino nem sempre está adequada a todos os segmentos da população, pois se

exige motivação, maturidade e autodisciplina para se obterem resultados satisfatórios. Segundo os autores, esta modalidade está muito mais voltada para atendimento da população adulta.

Um sistema de organização dos processos de aprendizagem por meio da EAD devem levar em conta três aspectos: os meios a serem utilizados, considerando que o aluno deva ter retorno efetivo (eficiente e eficaz) às suas dúvidas e anseios; o material didático, considerando que eles comporão os recortes de análise e produção do conhecimento nas áreas de formação que se proponha fazer. Daí a necessidade de serem interativos e propiciarem o diálogo necessário nesse mesmo processo; e o sistema de acompanhamento e avaliação, compreendendo que o aluno deva ter assistência sistemática e profícua, não caracterizando seu processo de estudo como um processo na distância, por isso, isolado e solitário, mas que ele venha a se sentir incluído e participante nos percursos de sua formação.

CAPÍTULO IV

DIFERENTES CONCEPÇÕES SOBRE O TEMA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

Neste capítulo, será feita a identificação e análise das diferentes concepções que os professores/alunos apresentam sobre o tema Evolução Biológica. Consta-se que algumas destas concepções estão relacionadas às atualmente aceitas pela comunidade científica sobre Evolução Biológica, enquanto outras revelam estar ligadas ao senso comum e à religião e já foram registradas em estudos semelhantes, na literatura da área.

4.1. Concepções a partir dos textos produzidos pelos professores/alunos

A importância de a Evolução Biológica ser efetivamente trabalhada nas escolas de forma clara e precisa, fazendo integração com diversos outros conhecimentos, apontou para a necessidade de analisar diferentes noções que professores têm a respeito deste tema.

Apresento a seguir os resultados obtidos a partir da análise das redações elaboradas pelos professores/alunos para atender a atividade solicitada para a disciplina de Genética e Evolução do Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, conforme os 2 critérios anteriormente estabelecidos.

O critério que buscou identificar se os professores/alunos apresentavam domínio do conhecimento científico sobre os processos evolutivos evidenciou que entre os 75, 20 (27%) deles apresentaram bom domínio desses conhecimentos, 17 (22%) apresentaram sérios problemas em relação a estes conhecimentos e 38 (51%)

satisfizeram parcialmente este critério. Estes últimos deixaram a desejar na sua argumentação sobre entendimento dos conceitos evolutivos, aspecto que impossibilitou analisar a compreensão desses professores/alunos através de seus textos. A seguir, indico e discuto algumas das concepções equivocadas expressas pelos professores/alunos, ilustrando-as com excertos extraídos das redações.

1) Quanto ao objeto de estudo da Evolução Biológica:

A análise dos textos tornou evidente a falta de clareza desses professores/alunos quanto ao objeto de estudo da Evolução Biológica. Com frequência referiam-se à mesma como uma teoria que tenta explicar a origem da vida, reportando-se sempre às questões postas pelo Criacionismo, como se estas estivessem em conflito com a Evolução Biológica:

“Somente o Criador poderia ter criado tantas espécies diferentes e tão perfeitas.”

“...outras pessoas voltadas mais para a ciência, defendem a hipótese de uma origem do nosso planeta...”

Segundo Gould (1997), a Evolução Biológica não se ocupa em explicar a origem da vida na Terra e, portanto, não se contrapõe à visão criacionista que postula o surgimento da vida a partir dos atos da criação. O conflito entre Criacionismo e Evolucionismo centra-se na visão fixista, ou seja, na visão de que todas as espécies criadas são imutáveis. O fato de que a maioria dos livros didáticos, bem como alguns livros para-didáticos, inicia a abordagem sobre a Evolução Biológica com inferências às teorias propostas para explicar a origem da vida na Terra, pode ser um dos fatores que contribuem para tais concepções equivocadas. É

como se o leitor, incluindo alunos e professores, fosse induzido a ver a Evolução Biológica a partir do entendimento da origem da própria vida na Terra.

Alguns professores/alunos, não conseguem tratar distintamente estas questões, pois não deixam de abordar suas crenças religiosas. Além disso, mesmo os professores/alunos que se expressam de forma cientificamente correta sobre a Evolução Biológica, enfatizam que hoje não existe mais a polêmica entre Criacionismo e Evolucionismo, possivelmente ignorando que, segundo Bizzo (1997), tal oposição está ressurgindo, com vigor, em cenários educacionais como o norte-americano.

“A polêmica criacionismo versus evolucionismo perdurou por muito tempo”.

Outras concepções equivocadas, ligadas ao objeto de estudo da Evolução Biológica, estão centradas nas afirmações de que ela ocupa-se de questões que expliquem a origem do universo e de questões culturais e éticas.

“Alguns acreditam que a Evolução compreende todos os estágios de desenvolvimento do universo, incluindo o cósmico, humano ou cultural.”

Conforme Gould (1997), a Evolução Biológica não trata destas questões, preocupando-se, sim, em explicar a diversidade dos seres vivos a partir de organismos mais simples.

Segundo Provine (1998), a Evolução Biológica não fornece fundamentos para a ética e nenhum significado profundo para a vida. Segundo este autor, o sonho de Julian Huxley de que a Evolução Biológica poderia fornecer bases éticas e dar

algum sentido à vida, não passou de um sonho. Afirma Provine (1998) que, apesar dela ter produzido nos humanos a possibilidade de uma ética efetiva e de uma vida plena de significados, estes são imediatos e não últimos. Entendo esta afirmação na medida em que o autor considera que os processos que levaram às mudanças que deram origem à nossa espécie, propiciaram algumas características que são inerentes a ela. Características estas, como por exemplo, a vida em grupo, que por sua vez levou à necessidade do estabelecimento de regras de convívio entre os indivíduos da mesma espécie. Nesse exemplo, o que Provine (1998) chamaria de conseqüências imediatas da Evolução Biológica, seria a capacidade de formular regras. No entanto, as concepções expressas pelos professores/alunos sobre a ética como objeto de estudo da Evolução Biológica, não transcende a tais questões.

Levando em conta a contextualização histórica do desenvolvimento do pensamento evolutivo, as concepções equivocadas a respeito do objeto de estudo da Evolução Biológica, apresentadas por esses professores/alunos, podem ter sua origem principalmente no pensamento Criacionista. O resgate histórico desse período pode trazer a compreensão de que, para todas as questões, havia respostas prontas e à elas, não cabia questionamentos. O pensamento Criacionista, conforme já visto no capítulo 1, explica a origem da vida na Terra quando relata a Criação e, ocupa-se de questões éticas à medida que faz inferências sobre o que é certo ou errado, o que pode ou não ser feito. Quando o professor/aluno faz afirmações equivocadas sobre o objeto de estudo do tema Evolução Biológica, está, possivelmente, trazendo preceitos de suas concepções religiosas. O que está sendo deixado de lado nesta prática docente, é o conhecimento científico abordado sob o enfoque do desenvolvimento histórico do pensamento evolutivo. Uma abordagem docente nesse sentido permitiria contextualizar a origem das duas formas de pensamento e estabelecer as diferenças entre ambas, ressaltando o fato de que a Evolução Biológica não trata da origem da vida.

2) Quanto à noção e significado da seleção natural

Em se tratando da seleção natural, os professores/alunos afirmam que todas as modificações das espécies são provocadas por ela.

“...todas [grifo meu] as modificações da espécie ao longo das gerações são provocadas através da Seleção Natural.”

Esta concepção se opõe ao conceito científico atualmente consagrado, de que a seleção natural em si não provoca mudanças individuais. Segundo Mayr (1998), as modificações ocorrem por força de fatores como a mutação e a recombinação genética e, se as espécies estão mais ou menos adaptadas, os indivíduos e as populações são respectivamente selecionados de forma positiva ou negativa. Para a Evolução Biológica e a Genética, o indivíduo não necessita morrer para se dizer que a seleção atua negativamente; basta não se reproduzir ou ter baixa fertilidade. Quando alguns dos professores/alunos falam em organismos bem adaptados, não deixam claro se efetivamente entendem que os organismos mais adaptados têm maior chance de chegar à vida adulta, reproduzir e deixar maior número de descendentes.

Também a idéia de que os indivíduos (e as populações) podem influenciar o meio, transformando-o, não é expressa, quando comentam sobre as pressões ambientais às quais os organismos estão expostos. No excerto abaixo, embora o professor/aluno expresse corretamente algumas de suas idéias, omite tal relação.

“Em meados do século passado, o naturalista C. Darwin lançou a idéia de que a evolução dos seres vivos era dirigida pela seleção natural, que atua provocando a morte diferencial de indivíduos de uma dada população

possibilitando que indivíduos tenham maior probabilidade de sobrevivência que os menos adaptados.”

3) Quanto à diferença entre Darwinismo e Neodarwinismo

Afirmações equivocadas de que a Teoria Neodarwinista difere muito dos fundamentos da Teoria Darwinista, indicaram que os professores/alunos não compreendem que esta última também inclui os conceitos de seleção natural e de adaptação.

“À medida que a pesquisa revela novos indícios comprobatórios, a Evolução novamente passa a ser revisada, isso justifica o porquê da Teoria neodarwinista diferir tanto dos fundamentos da teoria darwiniana.”

Como consequência da redescoberta dos trabalhos de Mendel no início do século passado e o subsequente nascimento da genética, um moderno entendimento da seleção natural foi desenvolvido. A síntese da teoria de Darwin com a Genética Mendeliana é denominada de neodarwinismo. A origem de variação em uma população é atribuída aos processos genéticos probabilísticos da mutação e da recombinação, enquanto que mudanças na frequência das características ao longo do tempo são atribuídas à seleção natural, levando ao processo reprodutivo diferencial. Essa nova tese explica o que a teoria de Darwin não explicava (a herança das características e a origem de novas características) (Valotta e cols., 2000).

Os professores/alunos não fazem qualquer referência às correntes de pensamento mutacionista e selecionista, que fundamentaram a Teoria Sintética. A própria referência à Teoria aparece raramente no conjunto dos textos produzidos. A

grande maioria se restringe a abordar a Teoria Lamarckista e Darwinista, expressando a falsa noção de que são estas as únicas que tratam da Evolução Biológica, ou então, que a teoria postulada por Darwin dá conta de explicar todos os fatos evolutivos. Nesse sentido, uma abordagem histórica, a exemplo da que é feita no capítulo 1, pode fornecer o referencial necessário para que esta noção equivocada não permaneça. Em cursos de formação continuada para professores de Biologia, que busquem contemplar o conhecimento sobre as diferentes teorias evolutivas, a aplicação de uma metodologia de trabalho que inclua o desenvolvimento histórico destas, poderia se dar a partir da discussão dos próprios fatos históricos. Neste caso, as questões suscitadas por tais fatos, poderiam ser respondidas pela História da Ciência.

4) Quanto à Lei do Uso e Desuso

Alguns dos textos produzidos pelos professores/alunos tentaram explicar a teoria da Evolução Biológica a partir das idéias de Lamarck, utilizando-se para isso, a Lei do Uso e Desuso por ele postulada.

“...e a evolução vai acontecendo a medida que as características adquiridas se desenvolvem e vão sendo transmitidas aos descendentes de forma direta.”

“Lamarck explicou a evolução biológica com suas leis fundamentais: a Lei do uso e desuso e a Lei da transmissão dos caracteres adquiridos.”

Segundo Bizzo (1991), livros didáticos de Biologia também apresentam a mesma tendência. Este autor alerta para a possibilidade dos estudantes serem incapazes de discernir entre o que atualmente é aceito e o que já foi superado em termos científicos. As argumentações dos professores/alunos a respeito dos postulados de Lamarck, como se esses ainda fossem aceitos cientificamente, podem ter se originado desta forma. Uma leitura mediada pela História da Ciência poderia contribuir para que houvesse superação de tais equívocos.

5) Quanto às evidências da Evolução Biológica

Alguns professores/alunos afirmam que as evidências paleontológicas permitem a reconstituição dos caminhos seguidos pela Evolução Biológica. Tais afirmações levam a crer que esses professores/alunos desconsideram os elos perdidos da História Evolutiva.

*“...os registros paleontológicos permitem reconstituir **todos** [grifo meu] os caminhos seguidos pela evolução...”*

Esta noção equivocada possivelmente impede que estes professores/alunos possam se expressar a respeito do quanto os conhecimentos sobre os caminhos da Evolução Biológica ainda são desconhecidos e merecedores de investigação. A afirmação feita por Darwin de que a descontinuidade do registro fóssil “*talvez fosse a objeção mais óbvia e mais séria*” à sua teoria, continua valendo até os dias atuais. Um resgate histórico sobre como ocorreram os avanços do conhecimento na área da Paleontologia, em especial da Paleobiologia, que trata dos padrões evolutivos de

grande escala do registro fóssil, e como tais conhecimentos foram relacionados à Evolução Biológica, deixaria claro que esta área ainda tem muito a contribuir com o conhecimento evolutivo biológico (Futuyma, 2002).

6) Noção de Progresso e Direção

A idéia de que Evolução Biológica significa “progresso” e “melhoramento” com um objetivo determinado, é uma constante nos textos analisados.

*“De um modo geral, observa-se que a cada dia, os seres **aprimoram-se mais** [grifo meu], quer seja na adaptação ao meio no qual estão inseridos e/ou em costumes e valores que garantam a sobrevivência.”*

*“... à medida que se passa de um nível taxonômico para outro, existe um nítido **aperfeiçoamento** [grifo meu] dos órgãos e sistemas...”*

As colocações feitas por estes professores/alunos, vêm carregadas de certezas e não expressam ter qualquer noção dos diferentes posicionamentos dos cientistas sobre esses fatos. No sentido de esclarecer aos professores/alunos estas e outras afirmações a respeito dos termos progresso, melhoramento e direção utilizados em referência ao tema Evolução Biológica, é necessário que estes tenham acesso a cursos de formação continuada, bem como a uma literatura mais atual que contemple tais discussões.

Nesse sentido, conhecer a História da Ciência permitiria reconhecer que a idéia de progresso começou a se desenvolver desde o Renascimento. Segundo Barahona (1998), os Gregos antigos concebiam o mundo em ciclos e somente a

partir do século XVI, começam a pensar que a história da humanidade e a natureza poderiam ter passado por desenvolvimento progressivo. Segundo a autora, a partir de então, é que a idéia de progresso foi associada com a idéia de mudança, desenvolvimento e direção.

Com o objetivo de explicar a adaptação e os diferentes níveis de organização dos seres vivos, Lamarck postulou, no século XIX, que organismos se transformavam através do tempo em um processo que permitia a passagem de formas menos complexas às formas mais complexas. As mudanças, segundo Lamarck, ocorriam a partir da necessidade dos organismos em adaptarem-se às condições ambientais do meio. Na concepção Lamarckista, a adaptação ocupava um segundo plano, pois seria um ajuste das espécies ao seu meio.

Segundo Barahona (1998), a noção de progresso evolutivo é muito controversa e diferencia-se em três diferentes perspectivas. A primeira é defendida, entre outros, por Michael Ruse e David Hull, sustentando que não existem provas científicas que permitam aceitar direção na Evolução Biológica. Uma segunda, defendida por Stephen J. Gould, sustenta que, à medida que o termo progresso (que é antropocêntrico) é substituído pelo de noção operacional de direção, temos um conceito sem valor. Para Gould, o problema da noção de progresso é semântico. O autor entende que, à medida que optemos por falar em direção, podemos falar da adaptação dos organismos como sua causa. A terceira perspectiva, defendida por Francisco J. Ayala, John Maynard Smith e William Wimsat, sustenta que a noção de progresso evolutivo pode se livrar de sua conotação antropocêntrica e que podemos falar de progresso a partir do ponto de vista científico, com base em provas existentes (Barahona, 1998).

Outro aspecto bastante debatido é se existe ou não direção na Evolução Biológica. Segundo Barahona (1998), como “progresso” é definido a partir de valores subjetivos, os biólogos o tem substituído, atualmente, pelo conceito de

direção. A autora enfatiza que é difícil avaliar se a Evolução Biológica tem uma direção sem dizer se esta é ou não progressiva, e também sustenta que direção não implica em progresso. Esta mesma visão é compartilhada por Provine (1998), que coloca que a Evolução Biológica não revela nenhum traço de alguma força intencional ou diretriz.

Embora existam, dentro da comunidade científica, diferentes posicionamentos a respeito do significado de progresso e direção quando se trata do tema Evolução Biológica, é necessário deixar claro que o nível de discussão que os cientistas estabelecem sobre estes significados é diferente do nível em que os professores/alunos colocam suas concepções. Estes últimos afirmam que organismos mais complexos são mais perfeitos que os menos complexos, revelando que ignoram ou que passam ao largo das discussões travadas entre os pesquisadores citados. Também concebem, a partir dessa visão, que as mudanças que ocorrem nos organismos têm uma direção e que esta direção, teria o objetivo de atender a esse aperfeiçoamento. Tais afirmações são feitas enquanto fatos estabelecidos e não, a exemplo de Gould, discutidas enquanto significados lingüísticos.

6) Quanto à ausência de fundamentação científica na abordagem didática do Tema Evolução Biológica.

Apesar dos professores/alunos estarem escrevendo, segundo a orientação recebida na disciplina de Genética e Evolução, um texto sobre o tema Evolução Biológica, para alunos do ensino médio, por vezes os professores/alunos deixaram de citar Lamarck, Darwin e a Teoria Sintética da Evolução Biológica, ou, mesmo quando o fizeram, não estabeleceram as necessárias conexões que vinculam tais teorias, do ponto de vista histórico. Também omitiram termos que são essenciais como mutação, acaso, seleção natural, adaptação, diversidade, genes e pressões

ambientais. Em alguns casos, tais termos foram citados, mas não foram explicados ou explorados, o que compromete tanto a compreensão do texto produzido como um todo, como sua finalidade didática. Ao falar em mutação, por exemplo, os professores/alunos não explicaram que elas ocorrem ao acaso, de modo que não é possível prever o gene a ser mutado nem relacionar a existência de mutação com a adaptabilidade às condições ambientais e que as mutações não ocorrem para adaptar o indivíduo ao ambiente; elas ocorrem ao acaso e, por seleção natural. São mantidas quando são adaptativas (seleção positiva) ou eliminadas no caso contrário (seleção negativa). Que as mutações podem ocorrer em células somáticas ou em células germinativas sendo, neste último caso, de fundamental importância para a evolução, pois são transmitidas aos descendentes.

A falta de domínio da nomenclatura e dos conceitos relacionados à Evolução Biológica pode estar relacionada ao fato de que quase a totalidade dos professores/alunos deste estudo, não teve formação específica na área de Ciências Biológicas, mas em áreas afins como Medicina Veterinária, Enfermagem e Agronomia, e também por não serem licenciados.

Passo agora, a abordar o segundo critério de análise das redações. Este critério buscava identificar se o professor/aluno compôs um texto adequado aos alunos do ensino médio, ou seja, se utilizou de linguagem clara e adequada ao nível de escolaridade dos alunos e compôs um texto organizado a partir das questões propostas por Gould, mostrou que, entre os 75 professores/alunos, 29 (39%) atenderam plenamente ao solicitado na tarefa, 09 (12%) não atenderam e 37 (49%) atenderam parcialmente.

Destaco dois tipos de problemas identificados nas redações elaboradas pelos professores/alunos:

- a falta de uma linguagem objetiva e direta, o que resultou muitas vezes num texto excessivamente rebuscado e, em outras, num texto muito

simplificado e superficial. Em ambos os casos, o uso escolar do texto poderia implicar em sérias distorções acerca da compreensão do processo evolutivo;

- a não-adequação do texto elaborado para os alunos aos quais o material se destinaria (ensino médio). Neste caso, o professor/aluno que redigiu o texto pressupôs um nível de conhecimentos e de uso de linguagem técnica que dificilmente seria encontrado entre seus alunos, na escola;

Mortimer *et al.* (1998) salienta que a linguagem científica tem características próprias, que a distinguem da linguagem comum. Essas características não foram inventadas em algum momento determinado. Ao contrário, foram sendo estabelecidas ao longo do desenvolvimento científico, como forma de registrar e ampliar o conhecimento. Essa diferenciação entre linguagem científica e cotidiana parece não estar clara para os professores/alunos que redigiram os textos solicitados.

Outro aspecto evidenciado na análise foi o de que as redações não atenderam à organização solicitada pelos professores da disciplina, ou seja, não seguiram as questões norteadoras propostas no texto de Gould (1997) que são: *O que é a Evolução? O que não é a Evolução? Que diferença isso faz para nós?*

Além disto, constatou-se que, freqüentemente, os professores/alunos utilizaram-se da simples reprodução literal de trechos do artigo original, sem maior preocupação em registrá-los como citações no corpo do texto, nem de indicar a obra nas referências bibliográficas. Acrescento também que foi mínimo o cuidado com o registro de referências bibliográficas, mesmo quando era evidente o uso de material de obras consagradas (livros acadêmicos e didáticos sobre Evolução) ou obtidas em domínios da Internet. A falta de registro das fontes utilizadas para pesquisa pode ter se dado por insegurança dos professores/alunos em relação a como fazê-lo ou por julgarem uma tarefa trabalhosa.

Ainda quanto ao atendimento da organização solicitada pelos professores da disciplina de Genética e Evolução, foi possível observar que alguns dos textos produzidos pelos professores/alunos não atenderam ao número de 1000 a 1200 palavras solicitadas para sua elaboração, tornando-se ou muito extensos (15 ou mais páginas), ou muito limitados e resumidos (1 página), em ambos os casos comprometendo o desenvolvimento do tema.

Longe de consistir em uma crítica à capacidade desses professores/alunos se expressarem adequadamente, esta constatação vem demonstrar que os diversos níveis de dificuldades por que passa o ensino de Evolução Biológica, têm início na própria compreensão que os professores têm sobre o tema e na forma como o expõe, ao menos de forma escrita, aos alunos.

4.2. Concepções a partir dos questionários respondidos pelos professores/alunos

Buscando aplicar um instrumento dimensionado especificamente para pesquisa, utilizei um questionário empregado por Bizzo (1991). A escolha deste questionário (anexo 6) ocorreu em virtude de sua formulação permitir que os respondentes argumentem livremente sobre os aspectos evolutivos, e também porque as questões propostas permitiram relacionar conceitos evolutivos como mutação, variabilidade, seleção natural e outros, às justificativas das respostas objetivas. Outro fator determinante para a escolha deste instrumento de pesquisa, foi que as situações propostas nas questões não induziriam os respondentes a argumentar suas respostas com conceitos evolutivos como mutação e seleção natural, obrigando-os a tratarem as justificativas a partir das concepções que dominam. Ou seja, permitiria que os respondentes manifestassem de forma espontânea a concepção que detêm sobre os fatos evolutivos.

Da mesma forma que a análise dos textos, a análise das respostas aos questionários indicou dois problemas: o primeiro deles esteve relacionado à falta de conhecimento científico dos professores/alunos sobre os fatos evolutivos e o segundo, relacionado à linguagem utilizada, quando da exposição de suas argumentações.

No que se refere ao primeiro problema, a análise das respostas dos questionários, conforme será visto a seguir, permitiu a confirmação de algumas das concepções equivocadas já identificadas quando da análise dos textos.

Nas respostas às questões nas quais se fazia necessário argumentar sobre fatores como adaptação, taxa reprodutiva, isolamento geográfico, entre outros, as justificativas dos professores/alunos, quando presentes, foram muito superficiais. A carência de argumentação pode ser resultado da falta de domínio do conceito que estava sendo relacionado. O fato de que a atividade não seria considerada para efeito de avaliação, também pode ter desmotivado a argumentação.

As concepções evidenciadas pelos professores/alunos, revelaram entendimento que se insere em uma perspectiva Lamarckista sobre Evolução Biológica. Tal constatação é a mesma feita por Bizzo (1991) quando analisou as respostas dos questionários que aplicou a 192 alunos do ensino médio. Na análise das respostas dos questionários, Bizzo (1991) constatou que a maioria dos estudantes (nunca menos do que 65%) atribuíam à Lei do Uso e Desuso as modificações ocorridas nas espécies. Neste trabalho de pesquisa, apesar do tipo de análise ter sido diferente da utilizado por Bizzo (1991), dos 19 questionários analisados, 13 (68%) permitem a mesma constatação. Tais concepções são evidenciadas quando os professores/alunos supõem ser o ambiente o fator determinante para desencadear o processo de mudanças nas características dos seres vivos.

“Podem ter sido originados de animais que não precisavam usar os olhos, desde quando viviam em ambientes escuros.” (Justificativa à questão 3)

A perspectiva Lamarckista também se torna evidente quando os alunos justificam o valor assinalado como resposta citando a lei de uso e desuso postulada por Lamarck, como se ela fosse uma lei aceita cientificamente. Também procurando deixar claro que entendem que as características não utilizadas são perdidas ou substituídas, quando justificam a resposta assinalada.

“Lei do uso e desuso.” (Justificativa à questão 1)

“ Lei do uso e desuso e a necessidade.” (Justificativa à questão 1)

“ De peixes normais que foram perdendo a visão a partir do momento que não necessitavam de luminosidade.” (Justificativa à questão 3)

A idéia de que as mudanças nas espécies ocorrem com uma direção/propósito também se faz presente nas respostas dadas aos questionários. Em razão dessa visão, o conceito de adaptação é entendido como se o organismo fosse capaz de direcionar um processo de ajuste, no sentido de garantir a sua sobrevivência. As possíveis origens dessa concepção, foram discutidas no item 4.1.

“Os patos domésticos sofreram um processo de evolução para se adaptarem a vida doméstica....” (Justificativa à questão 1)

“...sofreram mutações e se adequaram a falta de luminosidade e passaram aos seus descendentes a “não-funcionabilidade visual”, se adequando assim ao ecossistema.” (Justificativa à questão 3)

“Em virtude da adequação destes animais ao ambiente doméstico.” (Justificativa à questão 1)

O fato de alguns professores/alunos responderem de forma contraditória à primeira e segunda questões, as quais requerem as duas formas de respostas, respondendo a parte objetiva dentro da perspectiva Lamarckista e a dissertativa dentro da perspectiva Darwinista, ou vice-versa, leva a acreditar que os conceitos apresentados nas respostas objetivas e subjetivas não estão de fato relacionados entre si. Um exemplo, refere-se à primeira questão onde o professor/aluno assinala a resposta 5, que afirma: “Os patos domésticos têm ossos mais pesados nas pernas devido a variações acidentais que apareceram no passado. O mesmo pode ser dito dos ossos da asa.” No entanto, quando o professor/aluno justifica sua resposta na mesma questão coloca:

“Como consequência devido ao pouco uso das asas, elas se atrofiaram com o tempo e perderam a sua função principal.”
(Justificativa à questão 1)

Outro exemplo foi retirado da segunda questão. Apesar de alguns professores/alunos argumentarem com a existência de variabilidade genética intra-específica, a partir das referências que fazem à ocorrência de modificações genéticas para explicar a situação colocada pela questão, um professor/aluno afirma que:

“Com o passar do tempo, o acaso “selecionou naturalmente” [grifo do professor/aluno] os mais bem adaptados (mais corredores) e com esta variabilidade benéfica, as chitas, passaram as características aos seus filhos (Transmitida de pais para filhos através dos gametas.” (Justificativa à questão 2)

Contradizem-se ao responder a parte objetiva da mesma questão com a argumentação Lamarckista, que diz: “Com o tempo a maioria das Chitas foi desenvolvendo os músculos e ossos, o que foi possibilitando alcançar velocidades cada vez maiores. Seus descendentes foram conseguindo elevar essas velocidades.” Ainda nesta questão, a mesma contradição é evidente quando o professor/aluno diz:

“O aparecimento por acaso de características genéticas em algumas chitas que conseguiram correr mais do que outras e conseqüentemente passaram essas características aos seus descendentes, justificando também a questão da esquerda: “a evolução desta habilidade foi devido ao tempo, conseguindo assim, um maior desenvolvimento dos músculos e ossos.” (Justificativa à questão 1)

A “questão da esquerda” a que este professor/aluno se refere é a anteriormente citada, que defende uma concepção Lamarckista, assim como ele o faz ao final de sua argumentação.

Estas concepções, apesar de destituídas de fundamentação científica, como a teoria de Lamarck e as crenças religiosas, parecem não ter sido substituídas, ao longo do processo de aprendizagem. Os professores/alunos, portanto, permanecem com suas concepções iniciais, apesar de construírem novos conceitos, que passam, então, a coexistir, sendo utilizados de modo diferenciado, de acordo com as circunstâncias. Faço tais afirmações a partir da constatação de que os professores/alunos, em suas respostas ao questionário, não deixam de manifestar concepções contraditórias sobre os processos evolutivos. Os professores/alunos utilizam-se de argumentos Lamarckistas para responder uma questão e contradizem-se dentro da mesma questão, com argumentos Darwinistas.

Esperava-se que as concepções relacionadas ao Neodarwinismo fossem claramente explicitadas nas respostas às questões de um a quatro. No entanto, somente seis professores/alunos enfatizam que o aparecimento de uma nova característica e a sua transmissão para as gerações futuras ocorreria a partir de mudanças processadas em nível genético. Destaco que, nestas questões, somente dois professores/alunos fazem referência explícita ao conceito de seleção natural de Darwin, que foi posteriormente ampliado e melhor compreendido, a partir do neodarwinismo. Um deles diz:

“Seleção natural, sobrevivência dos mais aptos.”(Justificativa à questão 2)

Além das referências à lei do uso e desuso, como um fato cientificamente aceito, outra equívoco emerge das colocações feitas pelos professores/alunos.

Atribuem a Darwin afirmações que este não fez, fato que leva a crer que este professor/aluno desconhece ou confunde os postulados Darwinistas.

“A afirmação segue o pensamento de Darwin através da seleção natural. Para ele, os animais sofrem mudanças ao longo das gerações por imposição do meio.” (Justificativa à questão 2)

No que se refere à capacidade de argumentação, saliento que os professores/alunos encontraram grande dificuldade para justificar as respostas assinaladas e quando o fizeram, deixaram muito a desejar, pois as justificativas foram superficiais ou não apresentavam sentido algum, além de permanecerem presos àquelas oferecidas nas próprias questões.

“Através da teoria da evolução com critérios de adaptação evolutiva e também a introdução da natureza ao acaso.” (Justificativa à questão 2)

“ Houve uma adaptação evolutiva.” (Justificativa à questão 3)

“Os pais não seguiam a tradição.” (Justificativa à questão 4)

Portanto, da mesma forma que já observado nos textos elaborados para a disciplina de Genética e Evolução, as respostas dos questionários revelam também, algumas concepções equivocadas sobre o tema Evolução Biológica, bem como

dificuldades em tratar o tema no processo de ensino/aprendizagem. Estas questões – conhecimento científico e prática docente - juntas confirmam um grave quadro de dificuldades na abordagem deste tema e indicam a necessidade de iniciativas no sentido de superá-las, tanto na formação inicial como continuada de professores de Biologia.

Nesse sentido, concordo com Villa-Branco Júnior (2000), quando este afirma que é necessário atualizar e dar formação teórica a professores sobre o tema Evolução Biológica, bem como aprimorar novas abordagens para o trabalho em sala de aula, buscando com isso, que o processo de ensino/aprendizagem desse tema, tenha resultados mais animadores.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que esta dissertação foi elaborada pensando naqueles que se empenham em ensinar os conhecimentos biológicos, em especial o tema Evolução Biológica, algumas considerações finais sobre as perspectivas de continuidade deste trabalho se fazem relevantes. Longe de apontar aspectos novos ou soluções definitivas, os que apresento têm o objetivo de enfatizar a importância dos elementos identificados no presente trabalho, e relacioná-los com possibilidades de superação das dificuldades diagnosticadas.

No que se refere ao aluno, entendo que a educação científica possa subsidiá-lo no exercício de uma cidadania consciente e atuante. Para isso, ela deve ir além da simples aprendizagem de fatos, leis e teorias científicas. Entre outras coisas, é preciso também proporcionar ao aluno uma compreensão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. Para que isso ocorra, entre outros elementos, torna-se imprescindível o comprometimento dos professores no sentido de abordar o processo histórico e epistemológico de produção do conhecimento científico, para que o aluno passe a entender a Ciência como uma atividade humana. Para Matthews (*apud* Leite, 2004), a concepção da natureza da Ciência afeta a postura do professor em sala de aula e influencia a imagem de Ciência dos estudantes. Dessa forma, o domínio das teorias científicas não é mais condição suficiente para a atuação do professor do ensino de Ciências em geral; é preciso ter também uma formação em disciplinas como a Epistemologia e a História da Ciência. Acredito que valorizar uma abordagem histórica do desenvolvimento do pensamento evolutivo possa desempenhar um papel fundamental para desfazer algumas das concepções equivocadas, relativas ao ensino/aprendizagem do tema

Evolução Biológica, conforme identificadas e discutidas no capítulo 4. No entanto, também concordo com Matthews (*apud* Leite, 2004), quando este diz que incluir a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência nos currículos (tanto de disciplinas científicas do ensino básico como em cursos de formação de professores de Ciências), não soluciona todos os problemas da educação científica. Somada a esta observação está a de que, embora atualmente exista praticamente um consenso entre pesquisadores em educação, sobre a importância da contextualização histórica, não passam despercebidas questões como, por exemplo, a falta de formação do docente para contemplar esta abordagem, bem como outras já apontadas no capítulo 2, que podem interferir na qualidade dos resultados do processo de ensino e aprendizagem.

Acredito na necessidade de um investimento maior em pesquisas que visem obter um quadro mais detalhado sobre o ensino da disciplina Biologia, mais especificamente do tema Evolução Biológica, no Brasil. Investigações nesse sentido permitiriam entender, por exemplo, porque o tema Evolução Biológica vem sendo abordado de forma tão superficial e equivocada.

Pesquisas junto a professores de Biologia do ensino médio, como a que resultou nesta dissertação, apontam para os mesmos problemas conceituais identificados em pesquisas com os alunos do ensino médio. Esta situação sinaliza que o alvo do problema não está localizado só nas escolas desse nível de ensino, mas sim, no nível de formação superior ou de formação continuada desses professores. Nesse sentido, pesquisas que busquem investigar como o tema Evolução Biológica é trabalhado nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e de formação continuada de professores, poderiam proporcionar dados para que estratégias sejam traçadas, visando equacionar os problemas apontados, como a falta de domínio do conhecimento científico e dificuldades na sua abordagem.

No que se refere à abordagem docente do tema Evolução Biológica, sabe-se que essa normalmente inicia com a Teoria da Evolução Biológica proposta por

Lamarck e finaliza com a Teoria da Evolução Biológica proposta por Darwin. O que prevalece nos discursos, dos professores/alunos do presente estudo, é a idéia de que a Teoria Lamarckista não tinha fundamento e que é completamente refutada a partir dos postulados de Darwin. O quadro de dificuldades é agravado ainda, quando se detecta que, para estes mesmos professores/alunos, os fatos evolutivos continuam a ser explicados a partir dos postulados de Lamarck.

Existem indicativos que problemas dessa natureza, na abordagem do tema Evolução Biológica, deva-se a fatores como falta de conhecimento e de domínio sobre a história do desenvolvimento do pensamento evolutivo, bem como, a reduzida compreensão por parte dos docentes, dos conceitos básicos e de conteúdos específicos em Evolução Biológica. Cabe lembrar que a amostra de professores de Biologia, utilizada neste estudo, foi extremamente peculiar. No entanto, esta peculiaridade não impede a análise sobre suas concepções e não compromete a representatividade dessas para o ensino do tema Evolução Biológica, pois eles compõem uma parcela considerável do perfil de professores atuantes no ensino de Biologia no Brasil, na atualidade. Embora não tenham sido incluídos, no presente estudo, dados estatísticos referentes à atuação de profissionais não-licenciados, ao Ensino de Ciências e em outras áreas, iniciativas como a de Cursos de Complementação estão ocorrendo no Brasil todo, por conta de que tais profissionais, formados em áreas afins, estão atuando no ensino de várias disciplinas, como a de Biologia, tanto em escolas de rede pública como particular.

Portanto, considero que a atuação de professores que se graduaram em cursos como Medicina Veterinária, Agronomia, Enfermagem, Odontologia e outros afins na disciplina de Biologia do ensino médio, é uma questão polêmica e merecedora de estudos adicionais, não somente no que se refere ao ensino de Biologia, mas também no de outras áreas como a Física, Química e Matemática. No que se refere ao ensino do tema Evolução Biológica, faço tal afirmação por entender que os cursos de Ciências Biológicas devam possibilitar que este tema seja contextualizado em todas

as áreas da Biologia. O fato dos profissionais de áreas afins das Ciências Biológicas, não terem um currículo que contemple todas estas áreas, não permitirá atender este importante requisito de formação profissional.

Nesse sentido, faz-se necessário repensar a pertinência de se continuar mantendo e contratando docentes que tenham formação em diferentes áreas, para ministrar aulas de Biologia. No entanto, uma formação minimamente adequada deve ser oferecida aos docentes já contratados e para isso, investimentos devem ser feitos no sentido de oferecer cursos de formação continuada que vise atender tal formação. A adequação desses cursos deve priorizar não somente os docentes formados em áreas afins da Ciências Biológicas, mas também os graduados na área específica, pois um quadro não muito animador em relação a abordagem do tema Evolução Biológica, também se faz presente entre estes profissionais.

No que se refere à adequação dos cursos de formação continuada, entendo que o Curso de Complementação para Licenciatura em Biologia, oferecido pela UFSC, conforme descrito no capítulo 3, não atendeu plenamente esse requisito. No que se refere ao tema Evolução Biológica, os professores/alunos não tiveram contato com uma abordagem que contemplasse suas necessidades e aquela que efetivamente aconteceu foi distinta da que defendo como adequada, nesta dissertação. A abordagem do tema se deu de forma superficial, pelas imposições já relatadas no capítulo 3, e de forma desarticulada com os demais temas das Ciências Biológicas. A abordagem histórica do desenvolvimento do pensamento evolutivo apresentada no livro texto da disciplina de Genética e Evolução, não foi suficientemente significativa e, nas etapas presenciais, não foi explorada ou enfatizada, o que permitiu que esses professores/alunos, expressassem suas concepções já existentes, sem que se reportassem a um enfoque do tema a partir da História da Ciência. A partir dessas considerações, torna-se evidente a necessidade de que cursos como o oferecido, serem acrescidos de reflexões que busquem equacionar problemas de

abordagem e de articulação metodológica entre os conteúdos, visando com isso, buscar a superação de problemas como os apresentados nesta pesquisa.

É necessário que os professores de Biologia tenham sólida formação em Biologia Evolutiva e para isso, desenvolver investigações no sentido de fornecer mais dados para análise e mais subsídios para o desenvolvimento de estratégias a serem utilizadas em cursos de formação continuada de professores são de extrema relevância. Uma dessas estratégias poderia estar centrada em priorizar a inserção da História da Ciência na formação inicial e continuada de professores de Biologia, no que diz respeito ao tema de Evolução Biológica.

Cabe também salientar que este trabalho de pesquisa apresentou algumas limitações ligadas, principalmente, à sistematização da coleta dos dados que o subsidiaram. O fato de que o principal instrumento de análise das concepções dos professores/alunos (os textos por eles elaborados) não ter sido pensado para este fim, mas ter sido dimensionado enquanto uma atividade com fins de avaliação para uma disciplina, apresenta dois aspectos. Um deles, de caráter positivo, fez com que os professores/alunos despendessem um esforço maior na sua elaboração, o que permitiu expor suas colocações sobre o tema abordado e por consequência, fornecer um material bastante rico para análise. O outro, que entendo como dificultante, pois não permitiu que a pesquisa buscasse alvos específicos. Em razão desse último aspecto, fica a certeza que a interpretação dos dados de análise feita neste trabalho de pesquisa, poderia ser acrescida por outras discussões que aqui não foram estabelecidas. Tais discussões poderiam se dar no sentido de explorar as importantes dúvidas a respeito da Evolução Biológica, que estes professores/alunos manifestaram quando da elaboração de seus textos. Outra interessante discussão, poderia de dar a partir da investigação sobre as diferenças de abordagem e/ou concepções sobre o tema Evolução Biológica dentro de cada área de formação profissional desses professores/alunos.

Como relatado no capítulo 3, também foi aplicado um instrumento elaborado para fins de pesquisa. Como os critérios para análise dos textos já haviam sido estabelecidos, estes mesmos critérios foram utilizados quando da análise dos questionários, buscando com isso, reforçar a partir de um outro instrumento, as concepções já identificadas quando da análise dos textos. O resultado da análise dos questionários reforçou as concepções evidenciadas nos textos.

Um dos objetivos iniciais dessa pesquisa era acompanhar as aulas sobre o tema Evolução Biológica desses professores/alunos, após a conclusão do Curso. Tal objetivo não foi contemplado principalmente por questões de tempo, e também porque a análise pretendida para esta pesquisa, deixou de priorizar este aspecto. No entanto, entendo que uma análise da prática docente desses, já não mais professores/alunos, mas professores de Biologia formados em áreas afins das Ciências Biológicas e licenciados para o ensino da disciplina Biologia, seria um interessante campo de pesquisa. Defendo que um dos objetivos desses estudos privilegie o desenvolvimento de um instrumento pedagógico para docentes e discentes, a partir da abordagem da História da Ciência, sobre o tema Evolução Biológica.

VI. Referências Bibliográficas

ARETIO, L. G. Educación a Distancia Hoy. **Madrid: UNED. 1994.**

AYALA, F.J.; VALENTINE, J.W. Evolving. The theory and processes of organic evolution. **California: The Benjamin/Cummings Publ. Comp., 1979.**

AYALA, F.J. La evolucion em accion: teoría y procesos de la evolución orgánica. **Madrid: Alambra, 1983. 412 p.**

BARAHONA, A. El progreso en la ciencia y en la biología. *In: MARTÍNEZ, S.; BARAHONA, A.* Historia y explicación en biología. **Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México: 1998.**

BEHE, M. A Caixa Preta de Darwin: o desafio da Bioquímica à teoria da evolução. **Coleção Ciência & Cultura. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1997.**

BIZZO, N. M. V. Ensino de Evolução e História do Darwinismo. **Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação/USP - São Paulo: 1991.**

BIZZO, N. M. V. *In: DIAS, A.L.M. et al.* Perspectivas em epistemologias e histórias das ciências. **Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana. 1997.**

CHASSOT, A. A ciência através dos tempos. **São Paulo: Moderna Ltda, 2002.**

CHAUTARD-FREIRE-MAIA. E. A. Aspectos polêmicos da Teoria Sintética da Evolução. **SBPC – Ciência e Cultura. 42 (5/6): 360-368. 1990.**

CICILLINI, G. A. Formas de integração e características da fala do professor na produção do conhecimento Biológico em aulas de Biologia do ensino médio. In: I Encontro Nacional em Pesquisa e Ensino de Ciências. Anais. Águas de Lindóia: 1997.

CUNHA, I. C, SILVA, J.M., SILVA, M. B. Conteúdos e Metodologias do Ensino de Ciências. Florianópolis: UDESC/EaD, 2003.

DEMBSKI, W. A. Intelligent design: the bridge between science and theology. Intervarsity Press: Dowbers Grove, Illinois. 1999.

DOBZHANSKY, T. Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution. Amer.Biol.Teacher, 35: 1973, p.125-129.

DOBZHANSKY, T.; AYALA, F.J.; STEBBINS, G.L.; VALENTINE, J.W. Evolución. Barcelona: Omega S.A., 1988, 558p.

EL-HANI, C. N. & VIDEIRA, A P. O que é vida? Para entender a biologia do Século XXI. Ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

FLECK, L. La Génesis y el Desarrollo de un Hecho Científico. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FREIRE-MAIA, N. Criação e Evolução – Deus, acaso e a necessidade. Petrópolis/RJ: Vozes, 1986, 357p.

FUTUYMA, D. J. Biologia Evolutiva. Trad. De Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. Ribeirão Preto: 2^a ed., Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1992. 646p.

FUTUYMA, D.J. Evolução, Ciência e Sociedade. São Paulo: Editor de Livros SBG, 2002.

GAYON, G. Ensinar a Evolução. *In: MORIN, E.* A Religação dos Saberes: o desafio do Século XXI. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil Ltda, 2001.

GLEISER, M. A dança do Universo, dos mitos de criação ao big-bang. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GOULD, S. J. Os três aspectos da Evolução. *In: BROCKMAN, J. & MATSON, K.* As coisas são Assim: pequeno repertório científico do mundo que nos cerca. São Paulo: Companhia da Letras, 1997.

GOULD, S. J. Lance de Dados: a idéia de Evolução de Platão a Darwin. Rio de Janeiro: Record, 2001.

HOMBERG, B. Educación a distancia: situacion y perspectivas. Buenos Aires: Kapelusz, 1985.

LEITE, R. C. M. A Produção Coletiva do Conhecimento Científico: um exemplo no Ensino de Genética. Tese (Doutorado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. CED/UFSC. Florianópolis: 2004.

LIMA, L. C. A formação de professores de Ciências: uma abordagem epistemológica. Dissertação (Mestrado em Educação). Programa de Pós-Graduação em Educação. CED/UFSC. Florianópolis: 1999.

LITWIN, E. Educação a Distância: temas para o debate de uma nova agenda educativa. Rio Grande do Sul: Artmed. Ed. PoA, 2001.

MARTINS, O. B.; POLAK, Y.N.S. Fundamentos e Políticas de Educação e seus Reflexos na Educação a Distância. Curitiba: UFPR, 2000.

MAYR, E. O Desenvolvimento do Pensamento Biológico. Brasília: Ed. UNB, 1998. 1107 pp.

MONOD, J. L'Ê haserd et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologia moderne. **Paris: Sevil, 1970.**

MORIN, Edgar. Os sete saberes necessários à educação do futuro. São Paulo: 2. ed., Cortez, 2000.

MORTIMER, E.F., CHAGAS, A. N., ALVARENGA, V. T. Linguagem Científica *versus* Linguagem Comum nas respostas escritas de vestibulandos investigações em Ensino de Ciências. Investigação em Ensino de Ciências. **Porto Alegre/UFRGS: v.3, n.1, 1998.**

MUNIZ, E. C. N. et al. Tópicos Essenciais em Biologia. **Florianópolis: LED-UFSC, 2001.**

OLIVEIRA, D. L. Evolução: um fio condutor para os conhecimentos Biológicos. In: 1º Ciclo de Debates sobre o ensino de Biologia na UFSC. Anais. **Florianópolis: 1995.**

PACHECO, R. B. C., OLIVEIRA, D.L. O homem evoluiu do macaco? Equívocos e distorções nos livros didáticos de Biologia. In: VI Encontro de Perspectivas do Ensino de Biologia. Anais. **São Paulo: FEUSP, 1997.**

PEDUZZI, L.O.Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M (org.). Ensino de física: conteúdo, metodologia e epistemologia. **Florianópolis: EDUFSC, 2001.**

PROVINE, W.B. El progreso en la evolución y el significado de la vida. In **MARTÍNEZ, S.; BARAHONA, A.** Historia y explicación en biología. Universidad Nacional Autónoma de México. **México: Fondo de Cultura Económica, 1998.**

ROSA, V., MUNIZ, E.C.N., CARNEIRO, A.P.C., GOEDERT, L. O tema Evolução entre professores de Biologia não Licenciados – Dificuldades e

Perspectivas. In: VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Anais. São Paulo: USP, 2002.

SANTOS, C.S., BIZZO, N.M.V. O ensino e a aprendizagem de Evolução Biológica no cotidiano da sala de aula. In: VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Anais. São Paulo: USP, 2000.

SILVA, R. P., SANTOS, A.K.P., PIAN, M.C. Para pensar e ensinar a teoria da Evolução. In: I ENPEC Encontro Nacional em Ensino e Pesquisa de Ciências. Anais. Águas de Lindóia/SP: 1997.

SIMPSON, G. G. Tempo and mode in evolution. New York: Columbia Univ. Press, 1944.

STEBBINS, G.L. Processos de Evolução Orgânica. São Paulo: Polígono e Edusp, 1970. 255 p.

VALOTTA, L. A. *et al.* Freqüência de genes em populações: subsídios para o ensino de Evolução e Seleção Natural. In: VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Anais. São Paulo: FEUSP, 2000.

VILLA-BRANCO JÚNIOR , V. B. E. Prática e Teoria de Evolução para professores do ensino médio. In: VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Anais. São Paulo: FEUSP, 2000.

ANEXOS

Anexo 1

Grade Curricular do Curso de Complementação de Licenciatura em Biologia.

Anexo 2

Plano de Ensino da Disciplina de Tópicos Essenciais em Biologia.

Anexo 3

Plano de Ensino da Disciplina de Genética e Evolução.

Anexo 4

Proposta de atividade para as Disciplinas de Tópicos Essenciais em
Biologia e Genética e Evolução

Anexo 5

Texto de Divulgação Científica “Três Aspectos da Evolução” (Gould, 1997).

Anexo 6

Questionário de Pesquisa.

Anexo 7

Trabalho apresentado no VIII EPEB – USP, sob o título: O tema Evolução Biológica entre professores de Biologia não Licenciados – Dificuldades e Perspectivas (Rosa, 2002).

Anexo 8

Trabalho apresentado no 49º ENPEC, sob o Título: “Três Aspectos da Evolução” – Concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Gould. (Carneiro, 2003).

