Para além da seleção natural: algumas considerações sobre as contribuições de 'Darwin como Geólogo' para o ensino de Biologia

Narjara Zimmermann
Doutoranda do do Progr. Pós-Grad. Ensino e História de Ciências da Terra, Unicamp.
narjara.zimmermann@gmail.com

ABSTRACT *This paper discusses contributions of Charles Darwin, through his work as Geologist, offsetting to some extent some common conceptions, which have strictly associated his name with Biology, in particular for the theory of natural selection. Initially some proposals for teaching about evolution are considered, taking as an example one of the leading textbooks adopted by schools of the state of São Paulo. It is also discussed how evolution have been proposed in research on Biology and Science teaching. Finally, by advocating the importance of geology to Darwin as a subsidy for methodological development of evolution theory based on the principle of natural selection, some possibilities and implications of this didactic approach to teaching biology are analysed. This helps to extend Darwin´s biological perspective. The conclusion is highlighted that the importance of integrating the history of Geosciences in this scenario should be considered by chalenges.* **Citation**: Zimmermann N. 2012. Para além da seleção natural: algumas considerações sobre as contribuições de 'Darwin como Geólogo' para o ensino de Biologia. *Terræ,* 9(1-2):2-11. <http://www.ige.unicamp.br/terrae/>.

KEYWORDS: *Charles Darwin [1808-1882], Geology, Geosciences, History of Science, Teaching of Evolution*

RESUMO *O presente trabalho discute contribuições de Charles Darwin, por meio de sua atuação como Geólogo, contrapondo em certa medida o imaginário que o coloca normalmente associado à Biologia, em especial à teoria da seleção natural. Parte-se inicialmente de alguns modos como o ensino de Evolução é desenvolvido e proposto na escola, tomando como exemplo um dos principais livros didáticos adotados por escolas da rede estadual de São Paulo no ensino médio, e na pesquisa em ensino de Biologia e Ciências. Por fim, ao defender a importância da Geologia para Darwin como subsídio metodológico para elaboração da teoria evolutiva baseada no princípio da seleção natural, discutiremos algumas possibilidades e implicações didáticas da abordagem no ensino de Biologia, ao ampliar a perspectiva biológica associada a Darwin. Neste sentido, destaca-se a importância da inserção da história das Geociências.*

PALAVRAS-CHAVE: *Charles Darwin [1808-1882], Geologia, Geociências, História da Ciência, Ensino de Evolução*

Introdução

Charles Darwin, seleção natural, evolução, palavras que vemos comumente associadas à Biologia, ao ensino de Biologia. Como biólogos e educadores podemos buscar em nossa memória inúmeros episódios em que tais relações foram traçadas, estreitamente traçadas, por narrativas que são contadas anos após anos, de modos bastante semelhantes, nas escolas e universidades (e em outros espaços não-formais de ensino).

Sem dúvida, há uma grande relevância na continuidade dessas relações ao se ensinar Biologia. Sobretudo, quando assumimos que as teorias evolutivas apresentam um papel central e estruturante no pensamento biológico, permeando as diversas áreas das Ciências Biológicas (Meyer e El-Hani 2005).

Motivados por esse papel atribuído às ideias evolutivas, buscamos nesse trabalho apresentar contribuições de Charles Darwin por meio de

sua atuação como Geólogo, contrapondo em certa medida o imaginário que o coloca normalmente relacionado apenas a Biologia. Para isso, apresentamos inicialmente alguns modos como o ensino de Evolução é desenvolvido e proposto na escola, a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais do ensino médio (PCNEM) e de um dos principais livros didáticos adotados por escolas da rede estadual de São Paulo para todo o Ensino Médio, e na pesquisa em ensino de Biologia. Por fim, ao defender a importância da Geologia para Darwin como subsídio metodológico para elaboração da teoria evolutiva baseada no princípio da seleção natural (Sequeiros 1996), discutiremos algumas possibilidades (e implicações) didáticas dessa abordagem no ensino de Biologia.

A teoria da evolução no ensino de Biologia

A Teoria da Evolução, ainda que incipiente, vem assumindo posição cada vez mais central no ensino de Biologia, refletindo, de certo modo, a centralidade já reconhecida pela Biologia. Passa a ser mais que um "conteúdo a ser ensinado", por organizar e unir as diversas e fragmentadas áreas do conhecimento biológico (Marandino et al. 2009).

O caráter de ciência unificada aparece no fim do século XVIII. Até então os naturalistas "não estudavam a 'vida' como um fenômeno único, mas somente os seres vivos, que eram estudados de maneira separada por diferentes ramos do conhecimento, como a Medicina, a Zoologia, a Botânica" (Meyer e El-Hani 2005, p. 124-125), entre outros. Dessa forma, a Evolução lança outro modo de compreensão sobre a vida, ao partir do pressuposto de que as espécies sofrem modificações ao longo do tempo e de que há relação de parentesco entre os seres vivos.

No entanto, o fortalecimento da noção unificadora da Biologia é posterior ao uso do termo "biologia", designado por Jean-Baptiste Lamarck e Gottfried Treviranus no início do XIX, e à proposta de Darwin para a Evolução a partir do conceito de seleção natural. Tal compreensão ganha força nas primeiras décadas do século XX, principalmente, após uma "ressignificação" da teoria evolutiva Darwiniana, por meio da contribuição da genética na elaboração de uma teoria sobre hereditariedade (Meyer e El-Hani 2005, Marandino et al. 2009).

No ensino de Biologia, o tema Evolução começou a ser tratado nos livros didáticos a partir da década de 1930, porém ainda era trabalhado de forma tímida, como recurso teórico nos capítulos referentes à Paleontologia e Hereditariedade, e sem o tratamento dicotômico das teorias Darwinistas e Lamarckistas. Esse panorama se modifica no início dos anos de 1960, fortemente influenciado pela publicação do BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*)[1] (Almeida e Falcão 2005). Essa obra se torna importante marco por apresentar pela primeira vez, segundo Almeida e Falcão (2005),

> o estabelecido confronto teórico entre o Lamarckismo e o Darwinismo como "dois pontos de vista em conflito" (BSCS, 1965: 38). Em primeiro lugar a teoria lamarckiana é rebaixada a uma mera "hipótese", que não teria base experimental e, muito menos, a "prova" da transmissão dos caracteres adquiridos. No texto, as especulações de Lamarck são confrontadas ao modelo canônico do trabalho científico de Darwin, que com seu trabalho "experimental" teria "provado" a sua teoria da evolução através da seleção natural. É esta visão distorcida e superficial da história que vai perpetuar-se na maior parte dos livros didáticos de Biologia e nas práticas pedagógicas dos professores da área, até a atualidade. (p. 27).

Tomando como exemplo um dos livros didáticos mais adotados por professores de Biologia da rede pública estadual de São Paulo, nos anos de 2010 a 2012, apresentamos algumas considerações sobre tal livro, enfocando as possíveis abordagens encontradas sobre a temática Evolução.

O livro "Biologia, volume único" (Lopes e Rosso 2005) possui 608 páginas e é composto por 41 capítulos que são distribuídos ao longo de sete unidades: Introdução à Biologia e origem da vida (cap. 1-2), Citologia (cap. 3-8), Reprodução, Embriologia e Histologia (cap. 9-11), Seres Vivos (cap. 12-28), Genética (cap. 29-35), Evolução (cap. 36-37) e Ecologia (cap. 38-41). Abrange, com esse formato, todo o conteúdo (ou quase todo), tradicionalmente, abordado nos três anos do ensino médio.

O modo como o livro se divide já nos dá indícios de que a temática evolução se encontra como um conteúdo entre tantos outros da Biologia, organizado de acordo com os diferentes ramos do conhecimento biológico, vestígios de uma ciência fragmentada.

A unidade seis, que especificamente se refere ao tema Evolução, é dividida em dois capítulos:

1 BSCS foi produzido a partir de uma iniciativa da comunidade de biólogos, apoiado pela Fundação Nacional de Ciências norte-americana, e traduzido no Brasil pelo Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (Ibecc) como uma "inovação" no ensino de Biologia. Dentre os objetivos principais estava a atualização, nos moldes acadêmicos, dos conteúdos e métodos da disciplina escolar nas escolas secundárias (Marandino et al. 2009).

Evolução – teorias e evidências (cap. 36: páginas 510-523) e Genética de populações e especiação (cap. 37: páginas 523-538). Desses dois capítulos, interessa-nos, para uma discussão mais cuidadosa, apenas o primeiro deles e que se organiza ainda em cinco tópicos principais:

1. **O pensamento evolutivo**: apresenta-se em apenas três pequenos parágrafos, nos quais se discute a mudança do pensamento evolutivo, que era baseado inicialmente no fixismo (a partir do entendimento das espécies como imutáveis), por contestações de três personagens: Jean-Baptiste Lamarck, Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. Vale destacar a seguinte passagem do texto: "Somente a partir do início do século XX a Evolução passou a ser mais aceita e é hoje considerada o eixo central da Biologia" (Lopes e Rosso 2005, p. 510). É interessante notar que, apesar de os autores perceberam o papel de tal teoria, o texto ainda é marcado pela fragmentação, como um conteúdo a mais.

2. **Evidências evolutivas**: esta seção abrange cerca de três páginas completas e discute a importância das evidências evolutivas para o desenvolvimento das ideias sobre Evolução. Divide-se em quatro itens, que se remetem a quatro diferentes tipologias de evidências: Homologia, Órgãos vestigiais, Estudo dos fósseis e Evidências moleculares. Há, nessa seção, a utilização de muitas imagens que são relacionadas com exemplos das evidências apresentadas.

3. **As ideias de Lamarck**: tal seção, com pouco menos de uma página, destaca inicialmente a importância de Lamarck como o primeiro naturalista a propor uma teoria sistemática da Evolução. Apresenta em seguida alguns pontos principais da teoria de Lamarck que parte do entendimento de que os seres vivos progridem das formas de vida mais simples, originadas por geração espontânea (de matéria não-viva), para formas mais complexas e perfeitas. Ressalta também que essa forma de progressão é guiada pelo ambiente. Posteriormente, discorre sobre duas leis fundamentais que sustentam sua teoria: a lei do uso e desuso e a lei da transmissão dos caracteres adquiridos. Na continuação, ainda apresenta breve discussão sobre as inconsistências de suas ideias atualmente e na época de sua formulação. Um aspecto chama atenção nesse texto e que é discutido por Meyer e El--Hani (2005). Tal aspecto se refere ao papel de destaque que é dado nos livros didáticos (inclusive neste) ao ambiente na teoria de Lamarck, principalmente quando se discute a lei do uso e desuso. Meyer e El-Hani questionam justamente tal centralidade. Para esses autores, "na teoria de Lamarck, o ambiente tinha um papel secundário: ele não explicava o aumento de complexidade dos seres vivos" (2005, p. 22), diferentemente de como é proposto em normalmente em livros didáticos.

4. **A teoria da seleção natural**: em quase três páginas do capítulo 36, a seção discorre inicialmente apresentando aspectos da viagem de Charles Darwin ao redor do mundo a bordo do navio *Beagle*. Levanta a importância de suas observações ao longo dessa viagem, principalmente sobre a fauna do arquipélago de Galápagos na contestação da "imutabilidade das espécies". Durante o desenvolvimento do texto, os autores resgatam outros personagens que teriam auxiliado Darwin na elaboração de sua teoria, como Thomas Malthus, que em sua obra escreveu sobre os princípios que "regem as populações humanas" (Lopes e Rosso 2005), ao relacionar as limitações de recursos, impostas pelo aumento das populações humanas, ao crescimento de outras populações de seres vivos. Outro personagem que aparece no texto é o naturalista Alfred Wallace, que também elaborou, independentemente, ideias sobre a seleção natural. Os autores discutem justamente o pouco crédito que esse naturalista teve e tem no ensino de Biologia, especificamente no ensino da teoria da seleção natural. Já no final desse tópico, há uma pequena discussão sobre ausência de explicações na teoria de Darwin sobre como as características são transmitidas ao longo das gerações. Resgatando, então, a importância do reconhecimento dos trabalhos de Mendel para explicar tais questões. Porém, o que mais se destaca nesse tópico não é tanto o que foi dito, mas, sim, a ausência completa de referências à formação de Darwin em Geologia e às contribuições de personagens como Charles Lyell, autor do livro "Princípios de Geologia", na elaboração da teoria da seleção natural.

5. **A teoria sintética da Evolução**: ao longo de quatro páginas, o texto aborda o processo

> de formulação da teoria sintética da Evolução, ou Neodarwinismo, pela conciliação das ideias sobre seleção natural com a Genética. Em seguida, a seção é dividida em cinco itens: Mutação, Permutação, Migração, Seleção natural e Deriva Genética que correspondem aos principais fatores evolutivos que compõem a teoria sintética.

Ainda sobre o último tópico, os autores do livro tecem algumas considerações acerca do papel integrador da Evolução: "Atualmente considera-se a Evolução como o conceito central e unificador da Biologia" (Lopes e Rosso 2005, p. 517). E se utilizam, inclusive, de uma "frase de efeito" do geneticista Dobzhansky: "Nada se faz em Biologia a não ser à luz da evolução". No entanto, essa integração parece ainda não ser encontrada no ensino de Biologia, pelo menos no que se refere aos livros didáticos em circulação. Além disso, alguns aspectos que foram destacados acima (sobre o capítulo 36 do livro didático) aproximam-se de algumas considerações sobre Evolução no ensino de Biologia presentes no trabalho de Almeida e Falcão (2005, 2010), principalmente sobre a ênfase dada à contraposição entre Lamarck e Darwin, e no artigo de Sequeiros (1996), ao destacar que a figura de Darwin é quase sempre associada aos aspectos biológicos da seleção natural.

Observamos que o caráter unificador da evolução se mostra muito mais como um desejo do que como manifestação mais realista no processo de elaboração dos livros didáticos de Biologia. Importância, como indicam Marandino et al. (2009), que se expressa também nos documentos curriculares nacionais, como nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Fundamental e Médio (PCN e PCNEM). Para melhor exemplificação, trago a passagem, a seguir, retirada das Orientações Curriculares para o Ensino Médio que se originam de desdobramento dos próprios PCNEM.

> ***Um tema de importância central no ensino de Biologia*** é a origem e evolução da vida. Conceitos relativos a esse assunto são tão importantes que devem compor não apenas um bloco de conteúdos tratados em algumas aulas, mas constituir uma linha orientadora das discussões de todos os outros temas. (Brasil 2006, p. 22) [grifos nossos]

Também podemos destacar que as pesquisas no ensino de Biologia produzidas por autores nacionais e estrangeiros reafirmam a importância e influência (ou as possíveis influências) da "teoria da Evolução na organização dos currículos escolares" (Marandino et al. 2009, p. 29). No entanto, há diferentes modos de se pensar e propor as teorias evolutivas na relação com o ensino. Diante disso, buscamos na próxima seção deste trabalho tecer algumas considerações sobre como as questões estão sendo propostas no ensino de Biologia.

O Ensino de Evolução nas pesquisas em ensino de Biologia

Para compreender melhor os modos como a Evolução vem sendo pensada e proposta nas pesquisas em ensino de Biologia, realizamos um levantamento bibliográfico a partir de periódicos brasileiros que poderiam estampar estudos que enfocassem tais questões. Entre os periódicos pesquisados estão: Investigações em Ensino de Ciências; Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências; Ciência & Educação; Ciência & Ensino; Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências; Terrae Didatica; História, Ciências, Saúde – Manguinhos. Buscou-se, também, trabalhos em duas importantes revistas espanholas: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra e Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias.

Ao realizar o levantamento bibliográfico, limitamos a pesquisa a trabalhos que enfocassem explicitamente o ensino de Biologia e questões evolutivas. Uma das constatações preliminares desse levantamento foi a pouca ocorrência de estudos que partissem de questões relacionadas à teoria evolutiva no ensino de Biologia no campo da investigação em ensino de Ciências. Foram encontrados, nessa revisão, 14 trabalhos, distribuídos entre as diferentes revistas, exceto nos periódicos: Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Terrae Didatica e Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. No entanto, com exceção da revista Ensaio, os outros periódicos encontram justificativas bastante plausíveis para tal fato. No caso de Manguinhos, apesar de encontrarmos um número significativo de trabalhos que abordam aspectos da Evolução, até mesmo dedicando uma edição especial a estudos sobre o naturalista Charles Darwin por meio do "Dossiê Darwinismo", nenhum trabalho se relaciona a questões educacionais. Isso se explica pela abordagem da própria revista, focada em pesquisas

na área da História das Ciências e da Saúde. Já as duas últimas revistas, Terrae Didatica e Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, apesar do enfoque educacional, preocupam-se, ambas, com questões sobre o ensino de Ciências da Terra prioritariamente. Abordagem esta que confere um caráter mais específico à revista, em relação às outras pesquisadas, que englobam estudos mais abrangentes na área de ensino de Ciências, incluindo a Biologia.

Dentre os trabalhos levantados, observamos distintas abordagens de pesquisa acerca da temática Evolução. Dos 14 estudos, cinco deles analisam as abordagens evolutivas em diferentes materiais didáticos (Valeiras et al. 2003, Bizzo e Molina 2004, Almeida e Falcão 2005, Carneiro e Gastal 2005, Almeida e Falcão 2010).

No estudo de Valeiras et al. (2003), as autoras analisam o discurso escrito (suas dimensões contextuais e linguísticas) em sítios eletrônicos que apresentam a temática Evolução e Origem da vida, de modo que possam ser inseridas como materiais complementares na formação de professores. Já os trabalhos de Almeida e Falcão (2005) e Carneiro e Gastal (2005) se dedicam à análise de livros e manuais didáticos. Em Carneiro e Gastal (2005), as autoras buscam evidenciar as concepções de História da Biologia em livros destinados ao Ensino Médio e Superior. Na análise, a temática evolutiva é uma das destacadas, entretanto, o enfoque da pesquisa é dado para as representações de Ciência e História das Ciências nos livros didáticos de Biologia. Almeida e Falcão (2005, 2010) discutem as dificuldades da transposição, para o ambiente escolar, do tema Evolução, partindo de programas que discutem Lamarckismo e Darwinismo. Os autores ainda discutem os problemas encontrados nos conteúdos dos livros didáticos de Biologia sobre a temática.

Especificamente, Almeida e Falcão (2010) abordam as formas como os livros didáticos trazem Darwin e Lamarck, destacando diferenças de aprofundamento e representações. Nesse sentido, destacam que Darwin é apresentando como modelo de cientista, enquanto Lamarck como teórico especulativo. Bizzo e Molina (2004) analisam os conteúdos presentes em fontes secundárias que discutem o Darwinismo como possibilidades de inserção no ensino, dada a raridade (e dificuldades) de se utilizar fontes primárias – isto é, os originais de Darwin. Os autores trazem como possibilidades de fontes o livro de Thomas Henry Huxley, "Darwin and his World" e de Richard Dawkins, "O Relojoeiro Cego".

Vale ressaltar as discussões bastante pertinentes dos trabalhos de Almeida e Falcão (2005) e Bizzo e Molina (2004) por buscarem mostrar distorções de alguns conceitos evolutivos relacionados aos estudos, principalmente, de Darwin e Lamarck. No artigo de Almeida e Falcão (2005), há até mesmo um trecho que discute a contribuição do gradualismo para a compreensão do mecanismo de seleção natural:

> Uma outra teoria auxiliar era a do gradualismo contínuo. Darwin enfatizava que a seleção natural atuava sobre as variações em tempo muito longo e, gradualmente, para rejeitar o catastrofismo, tinha como uma de suas máximas preferidas de que "a natureza não dá saltos". Assim, rejeitava as variações bruscas que, segundo ele, equivaleriam a "entrar no domínio dos milagres" (Thuillier 1994: 200). Este gradualismo foi fortemente influenciado pelas teorias geológicas de Hutton e Lyell. (p. 23).

Vale lembrar que o gradualismo, proposto por Lyell, compõe uma das quatro proposições do Uniformitarismo[2] e defende que "os processos operam com idênticas velocidades, ainda que extremamente lentas e quase imperceptíveis aos seres humanos" (Carneiro et al. 1994, p. 281). No entanto, apesar do seu importante papel nas observações de Darwin, o gradualismo não possibilita explicar todas as mudanças na história da Terra, sejam biológicas ou físicas, principalmente as mudanças ocorridas em curtos episódios de tempo (Carneiro et al. 1994). Nesse sentido, apesar dos autores (Almeida e Falcão 2005) não aprofundarem tais discussões, indicando inclusive as limitações do gradualismo nas explicações dos processos evolutivos, encontramos indícios das contribuições da Geologia, o que possibilita a criação de outras narrativas e leituras sobre o Darwinismo. Entretanto, é necessário avançar mais em tais discussões no ensino de evolução.

Ainda sobre o levantamento bibliográfico, três artigos (Martins 1998, Santos e Calor 2007a, 2007b) discutem aspectos mais teóricos sobre temáticas

2 Como apontam Carneiro et al. (1994), "o Uniformitarismo surgiu e se radicalizou como reação ao Catastrofismo" que apresentava um "significativo conteúdo religioso" (p. 277). O Uniformitarismo buscou explicar as transformações na crosta da Terra por meio de processos lentos e graduais que se repetem até o presente, tendo como base quatro tipos de proposições: a) uniformidade das leis, b) uniformidade dos processos terrestres, c) uniformidade de velocidades (gradualismo) e d) uniformidade de condições. No entanto, após reformulações a partir de novas descobertas científicas, "o Uniformitarismo modificou-se para o chamado Atualismo" (Carneiro et al. 1994, p. 277) e mantém as duas proposições iniciais, a e b.

evolutivas e outras. Nos trabalhos de Santos e Calor (2007a; 2007b), os autores defendem a Evolução como tema organizador do ensino de Biologia, por meio da utilização da estrutura da sistemática filogenética, auxiliando na compreensão das relações de parentesco entre grupos biológicos. Martins (1998), por outro lado, apresenta a possibilidade de utilização da História das Ciências no ensino de Biologia, a partir de concepções históricas errôneas da teoria de Lamarck, além de apresentar outros casos históricos relacionados às Ciências Biológicas.

Temos quatro trabalhos que se dedicam a pesquisar concepções/representações/aceitações que se relacionam a aspectos da Evolução (Sepulveda e El-Hani 2004, Oleques et al. 2011, Oliveira e Bizzo 2011, Valença e Falcão 2012) com alunos e/ou professores. Sepulveda e El-Hani (2004) analisam concepções sobre Religião, Ciência e Evolução, coletadas por entrevistas semi-estruturadas com estudantes protestantes de um curso de Licenciatura em Biologia. Os estudos de Oleques et al. (2011) e Valença e Falcão (2012) discutem as representações e percepções dos professores sobre o tema evolução. Nos trabalhos, são apontadas algumas concepções equivocadas sobre o tema, ao indicarem a evolução como processo causal, finalista e diretivo. Também apontam a carência de uma abordagem mais estruturante e integral da evolução em relação aos conteúdos de biologia. Já em Oliveira e Bizzo (2011), os autores trazem alguns resultados sobre aceitação e rejeição dos estudantes sobre o tema, indicando que os alunos tendem a aceitar mais os tópicos de evolução quando apresentam ilustrações de fósseis, que são interpretados como prova da existência de espécies que já foram extintas e das possibilidades de ancestralidades dessas espécies. No entanto, tendem a discordar sobre os processos evolutivos relacionados à origem do ser humano e dos hominídeos.

Apenas um trabalho (Lucas e Batista 2011) analisa a construção de uma sequência didática voltada ao ensino de evolução biológica. Os autores também investigam o processo de validação por professores com a utilização de um questionário semi-estruturado, de modo a refletir sobre a viabilidade da proposta desenvolvida.

Por fim, Borges e Lima (2007) apresentam um artigo de revisão bibliográfica, buscando traçar algumas tendências atuais do Ensino de Biologia no Brasil. O resultado da pesquisa mostra a carência de trabalhos sobre Evolução publicados no primeiro Encontro Nacional de Biologia I (2005), quatro de 118 pesquisas submetidas, o que coincide com a baixa incidência de trabalhos sobre Evolução na revisão bibliográfica do presente estudo.

Do levantamento bibliográfico preliminar, emergem duas considerações: o número pequeno de trabalhos sobre Evolução e a ausência de trabalhos que discutam propostas de ensino sobre a temática. Aliado a isso, podemos resgatar algumas problemáticas discutidas no início deste texto sobre o ensino de Evolução, que parte de uma visão, por vezes, distorcida sobre as teorias de Darwin e Lamarck, além de reforçar perspectivas bastante reducionistas sobre a atuação e contribuição desses naturalistas.

Tendo em vista esse panorama, propomos uma discussão que parta das relações que Charles Darwin estabeleceu com a Geologia, resgatando, principalmente, as contribuições das ideias em Geologia do também naturalista Charles Lyell no processo de elaboração da teoria da seleção natural. Ao trabalhar com o entrelaçamento do trabalho desses naturalistas também destacamos a importância da História das Ciências e, nesse caso, da História das Geociências, para o ensino de Evolução no ensino de Biologia.

História das Geociências: contribuições de 'Darwin como Geólogo' para o ensino de Biologia

Para o resgate de narrativas históricas de Darwin como Geólogo, baseamos-nos, quase que inteiramente, na leitura de três autores: Martin J. S. Rudwick, *Lyell and Darwin, Geologists: Studies in the Earth Science in the Age of Reform* (2005); Ferran A. Monfort, *Darwin i la geologia* (2009); Leandro Sequeiros, *Darwin como geólogo: sugerencias para la enseñanza de Ciências de la Tierra* (1996). Destacamos o último texto, por apresentar e discutir as narrativas históricas sobre Darwin na relação com o ensino. O autor propõe tal discussão partindo das conexões de Darwin com a Geologia, ao elaborar atividades para o ensino de Geologia, com base em leitura e debate de originais de Darwin. Já em Rudwick e Monfort, as narrativas se encontram na perspectiva da História das Geociências, sem pretensões ou implicações para o ensino (pelos menos explicitamente). Entretanto, nenhum dos três textos discute as relações de Darwin com a Geologia, ou ainda as contribuições da Geologia para a elaboração da teoria evolutiva por seleção

natural, pensando o ensino de Biologia. Monfort (2009) e Sequeiros (1996) apenas demarcam nos seus trabalhos, logo no início, a associação que é feita fortemente entre Darwin e a Biologia para, em seguida, reforçarem a importância da Geologia na elaboração de sua teoria evolutiva, sem qualquer retomada posterior da relação: "Sem dúvida, Darwin também foi – e, caso pudéssemos dizer temporalmente, antes de tudo – um fecundo Geólogo e, por meio de hipóteses baseadas em Lyell, conseguiu construir o paradigma da Evolução por Seleção Natural" (Bowler 1995 apud Sequeiros 1996, p. 21).

Nesse sentido, Sequeiros (1996) defende que, mesmo antes de sua viagem ao *Beagle*, Darwin já apresentava formação em Geologia. Porém, a Geologia estaria enraizada na Teologia Natural – influências de John Stevens Henslow e Adam Sedgwick[3]. "As ideias catastróficas e diluvianistas de Sedgwick impregnam a mente do jovem aprendiz de Geologia. Estas são as representações mentais que Darwin levará no início de sua viagem" (Sequeiros 1996, p. 23).

Monfort (2009) e Sequeiros (1996) relatam que Darwin, mesmo partindo dessa formação em Geologia, modifica, ao longo da viagem a bordo do *Beagle,* seu pensamento científico sobre a formação geológica da Terra. A troca parece ser decisiva para a compreensão, durante a própria viagem, de suas observações e interpretações essenciais para elaboração da teoria sobre a seleção natural, apesar de que, conforme Sequeiros (1996), haja algumas controvérsias entre os historiadores de que tal entendimento sobre a teoria de seleção natural só foi construído após seu regresso. No entanto, não se retira a importância da mudança da compreensão da formação da Terra por Darwin, uma vez que, para elaborar a teoria de seleção natural, Darwin necessitaria de interpretações e modos de observações que embasassem tais argumentos.

Nessa relação, Sequeiros (1996) ainda aponta três circunstâncias que foram importantes para que Darwin estabelecesse esta alteração no pensamento:
1) As observações durante a sua viagem a bordo do *Beagle*, principalmente, das observações na América do Sul (Chile e Patagônia). Aliado a isso, destaca-se a ausência, na época, de trabalhos realizados por naturalistas em muitos dos locais observados por Darwin. Vale destacar também que parte das observações de Darwin estava voltada para três processos geológicos – formação dos fósseis, dos vulcões e das ilhas de corais. Tal interesse contribuiu para construção de argumentos em sua mudança conceitual e metodológica sobre a formação da Terra (Rudwick 2006; Sequeiros 1996).
2) A leitura do livro de Lyell: "Princípios da Geologia". No embarque no navio, Darwin levou o primeiro volume deste livro recém-lançado (1830). E durante a própria viagem Darwin recebeu da Inglaterra o segundo volume. Em seus trabalhos, Lyell (influenciado por James Hutton, geólogo do século XVIII) se contrapõe ao catastrofismo. Lyell incorpora o tempo na interpretação do mundo, defendendo que "as causas que atuam no presente são as mesmas que atuaram no passado" (Sequeiros 1996, p. 24). Desse modo, os acontecimentos geológicos que ocorrem na superfície terrestre "são produzidos por processos físicos, químicos e biológicos, atuando de modo lento, gradual e contínuo ao longo do tempo geológico. Processo denominado por Lyell de uniformitarismo" (Sequeiros et al. 1997, p. 21). Desse modo, não há como não ressaltar a importância, para a Geologia, do contexto histórico e social no qual vivia Darwin (Rudwick 2005; Sequeiros 1996): "Uma época crucial para o estabelecimento do paradigma uniformitarista da Geologia" (Sequeiros 1996, p. 22).
3) As discussões, muitas vezes fervorosas, com o capitão Fitzroy (naturalista e fundamentalista) por não aceitar evidências (ou outra interpretação) que não estivessem presentes em relatos bíblicos. Gould (2006), em um dos seus textos, relata a importância dessas discussões para a mudança de compreensão da Geologia por Darwin:

> Haveria algo de mais profundo escondido nas conversas não registradas entre Darwin e Fitzroy, durante as refeições? Os cientistas têm uma séria tendência a atribuir insights criativos às imposições da evidência empírica. Assim mesmo, as tartarugas e os tentilhões receberam aprovação plena como principais agentes na transformação da visão de Darwin, já que embarcara no Beagle como um ingênuo estudante do assunto, e começara a escrever suas notas sobre a transmutação das espécies menos de um ano após seu regresso. Sugiro que o próprio Fitzroy tenha sido um catalisador ainda mais importante. (p. 22).

Essa transformação de visão de Darwin, marcada por outra forma de pensar e interpretar a Geologia, parece ser mobilizada por esses fatores, contrapondo-se a seu objetivo inicial da viagem, do

3 John Stevens Henslow foi clérigo, teólogo e professor de Botânica, e Adam Sedgwick foi um prestigiado catedrático da Geologia de Cambridge, sendo inclusive Presidente da Sociedade Geológica de Londres (Sequeiros 1996, Rudwick 2005).

qual "acreditava que poderia encontrar muitas provas do dilúvio universal" (Sequeiros 1996, p. 23).

A partir das considerações históricas sobre a mudança no entendimento da formação geológica da Terra, que teve contribuição direta no modo de Darwin interpretar suas observações, podemos reconhecer o grande potencial de discussão para o ensino de Biologia. Primeiramente, por observamos as contribuições do *gradualismo*, influenciadas por Lyell, na teoria de seleção natural de Darwin, que parece estruturá-la. Relações que podem, e devem, ser exploradas quando do ensino de Evolução, possível pela utilização da História das Geociências. Em segundo lugar, por verificarmos uma grande potencialidade dessa abordagem histórica sobre a transformação do pensamento de Darwin para um ensino que busque privilegiar também a compreensão da natureza da ciência. Quando da elaboração de aulas e atividades didáticas que partem da teoria da seleção natural pode-se demonstrar que "a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual [também] está sujeito a transformações" (Matthews 1995, p. 172), a fim de extrapolar, com a introdução dessa abordagem histórica, o ensino focado, exclusivamente, nos produtos das ciências. Neste caso, como coloca Silva et al. (2008),

> interessam-se mais em analisar os processos de construção dos conhecimentos do que apenas seus produtos finais [como as definições sobre o que é e como ocorre a seleção natural tão fortemente encontrada nos livros didáticos], e buscam explicá-los de forma contextualizada, sem emitir julgamentos. (p.499).

Nesse sentido, Figueirôa (2009) apresenta perspectiva bastante interessante sobre a utilização da História das Geociências, ao discutir o processo de elaboração de uma "nova teoria/interpretação". Para tanto, a autora baseia-se em um dos trabalhos de Rudwick que discute a relação do trabalho de campo com a inovação teórica por meio da noção de experiência-limite. Neste sentido, Rudwick (1996) destaca o papel do trabalho de campo para o geólogo longe de uma área familiar (longe de sua área 'natal'). O autor traz algumas questões importantes em seu estudo, buscando problematizar o impacto dessas "áreas" desconhecidas na formulação de teorias inovadoras na Geologia (mas no artigo também cita a Biologia).

> O que acontece se o geólogo realiza trabalho de campo fora da área 'natal' em que ele foi treinado ou tem treinado? Qual é o impacto do radicalmente novo e das características geológicas desconhecidas sobre ele? Estou interessado em ver se a história da geologia sugere ótimas condições de experiência em que é mais provável de ocorrer a inovação conceitual ou criatividade cognitiva. Se existem tais condições ideais, como elas estão relacionadas com o contraste entre trabalho de campo do geólogo na área 'natal' e em qualquer nova área estrangeira que tem oportunidade de estudar? Em outras palavras, o contraste entre o familiar e o estranho é condição relevante para a importante inovação teórico em geologia, e se sim, como? (p. 146).

Nessa perspectiva, trazemos a viagem de Darwin a bordo do *Beagle* como exemplo, por possibilitar a Darwin vivenciar experiências em áreas distantes, com características desconhecidas. Inclusive, Rudwick (1996), em seu trabalho, aborda o caso de Darwin na América do Sul como exemplo de experiência limite.

Darwin vinha de uma formação que entendia os fenômenos geológicos baseados no catastrofismo e no diluvianismo. Ao sair de viagem, partindo para locais pouco (ou nada) estudados, distanciando-se do contexto do qual participava (de seus mestres, de conversas reincidentes, de sua rotina, das paisagens...), juntamente com a leitura de Lyell e as "animadas" discussões com seu capitão Fitzroy, Darwin mobilizou e desestabilizou suas interpretações inicias sobre a Geologia, potencializando outra compreensão, que acabou por influenciar nas suas observações e na elaboração de sua teoria evolutiva.

Nesse caso, essa viagem, como situação de isolamento e de experiência-limite, possibilitou, como aponta Figueirôa (2009),

> a progressiva libertação das amarras dos argumentos de autoridade dentro dos quais o pesquisador foi educado e ensinado a ver: a saber, o mestre, o tutor, os manuais, o local geográfico e geológico em que foi treinado, a comunidade técnico-científica mais próxima, a tradição de pesquisa, os paradigmas, enfim. (p. 69).

Uma das contribuições que mais se destaca desse processo incide na compreensão da construção do conhecimento científico mediado por modos de ler, ver, interpretar os fatos, e não de revelar os fatos. Nesse entendimento, a construção dos dados são interpretações, não qualquer interpretação, mas as possíveis dentro de contexto histórico e social específico.

A importância de se tomar as mudanças no pensamento científico ultrapassa o ensino, ao discutir as potencialidades da construção de contextos de criação, de experiências-limite, nas investigações científicas. Até mesmo a firme convicção, quando a Ciência é tomada como verdade irrefutável, "cria interferências na mente do observador, que resiste a outras interpretações, e com isso pode afetar o pensamento de outros que estão na sua esfera de influência" (Figueirôa 2009, p. 70).

Contribuições da Geologia podem desempenhar papel importante para compreensão dos processos biológicos, principalmente nas temáticas evolutivas, provocando um deslocamento no entendimento da noção de tempo, pela inserção da Escala do Tempo Geológico, e mudança, pela discussão da Terra como dinâmica. No entanto, as contribuições podem ser ainda mais completas pela introdução da História das Geociências, ao ampliar a reflexão sobre as noções, e ao buscar compreender a natureza da ciência/geociências, para além das práticas experimentais, que é uma perspectiva distante das ciências naturais. As Geociências, como ciência histórica e interpretativa, auxiliam na construção de outros modos de produção de conhecimento, que são negligenciados na Biologia. O fato é realmente um sério problema, pois a teoria evolutiva só pode ser entendida em sua complexidade ao incluir esta perspectiva.

Agradecimento

A autora agradece à profa. Dra. Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa pelas discussões e leituras ao longo da disciplina "História das Ciências e Ensino" e pelo incentivo e sugestões para a publicação do texto.

Referências Bibliográficas

Almeida A.V., Falcão J.T.R. 2005. A estrutura histórico-conceitual dos Programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. *Ciência & Educação*, **11**(1):17-32. URL: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/02.pdf. Acesso 12.12.2012.

Almeida A.V., Falcão J.T.R. 2010. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de biologia no Brasil. *Ciência & Educação*, **16**(3):649-665. URL: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v16n3/v16n3a10.pdf. Acesso 12.12.2012.

Bizzo N., Molina A. 2004. El mito darwinista en el aula de clase: un análisis de fuentes de información al gran público. *Ciência & Educação*, **10**(3):401-416. URL: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/07.pdf. Acesso 10.12.2012.

Borges R.M.R., Lima V.M.R. 2007. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, **6**(1):165-175. URL: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf. Acesso 10.12.2012.

Brasil. Ministério da Educação. 2006. *Orientações curriculares para o ensino médio*: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Disponível em: URL: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso 11.07.2012.

Carneiro C.D.R., Brito-Neves B.B.de, Amaral I.A.do, Bistrichi C.A. 1994. O Atualismo como princípio metodológico em Tectônica. *Bol. Geoc. Petrobrás*, **8**(2/4):275-293.

Carneiro M.H.S., Gastal M.L. 2005. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. *Ciência & Educação*, **11**(1):33-39. URL: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n1/03.pdf. Acesso 12.12.2012.

Figueirôa S.F.M. 2009. História e Filosofia das Geociências: relevâncias para o ensino e formação profissional. *Terrae Didatica*, **5**(1):63-71. URL: http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a6.pdf. Acesso: 12/12/2012.

Gould S.J. 2006. *Darwin e os Grandes Enigmas da Vida*. 2 ed., São Paulo: Martins Fontes. 274p.

Lopes S., Rosso S. 2005. *Biologia*: volume único. São Paulo: Saraiva. 608p.

Lucas B.L., Batista I.L. 2011. Contribuições axiológicas e epistemológicas ao ensino da teoria da evolução de Darwin. *Investigações em Ensino de Ciências*, **16**(2):245-273. URL: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID263/v16_n2_a2011.pdf. Acesso 11.12.2012.

Marandino M., Selles S.E., Ferreira M.S. 2009. *Ensino de Biologia*: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez. 215p.

Martins L.A.P.A. 1998. História da Ciência e o ensino de Biologia. *Ciência & Ensino,* **5**:18-21. URL: http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/45/46. Acesso 11.12.2012.

Matthews M.M. 1995. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física,* **12**(3):164-214.

Meyer D., El-Hani C.N. 2005. *Evolução, o sentido da Biologia*. São Paulo: Editora UNESP. 132p.

Monfort F.A. Darwin i la geologia. 2009. *Ribalta - Quaderns d'aplicació didàctica i investigació*. **15**(1):43-53. URL: http://www.iesribalta.net/revista/num/15/Text1504.pdf. Acesso 12.12.2012.

Oleques L.C., Bartholomei-Santos M.L., Boer N. 2011. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,* **10**(2):243-263. URL: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen10/ART2_VOL10_N2.pdf. Acesso 12.12.2012.

Oliveira G.S., Bizzo N. 2010. Aceitação da evolução biológica: atitudes de estudantes do ensino médio de duas regiões brasileiras. *Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências,* **11**(1):57-79. URL: http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/226/221. Acesso 11.12.2012.

Rudwick M.J.S. 1996. Geological travel and theoretical innovation: the role of "liminal" experience. *Social Studies of Science,* **26**(1):143-59.

Rudwick M.J.S. 2005. *Lyell and Darwin, Geologists:* Studies in the Earth Science in the Age of Reform. Variorum collected studies series. Aldershot: Ashgate. 316p.

Santos C.M., Calor A.R. 2007a. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – I. *Ciência & Ensino*, **1**(2):1-8. URL: http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/99/130. Acesso 13.12.2012.

Santos C.M., Calor A.R. 2007b. Ensino de biologia evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – II. *Ciência & Ensino,* **2**(1):1-8. URL: http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/100/133. Acesso 13.12.2012.

Sepulveda C., El-Hani C.N. 2004. Quando visões de mundo se encontram: Religião e Ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em Ciências Biológicas. *Investigações em ensino de ciências*, **9**(2):137-175. URL: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID113/v9_n2_a2004.pdf. Acesso 12.12.2012.

Sequeiros L. 1996. Darwin como geólogo: sugerencias para la Enseñanza de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **1**(4):21-19.

Sequeiros L., Pedrinaci E., Berjillos P., García E. 1997. El bicentenário de Charles Lyell (1797-1875). Consideraciones didácticas para educatión secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **5**(1):21-31.

Silva C.P, Figueirôa S.F.M., Newerla V.B., Mendes M.J.P. 2008. Subsídios para o uso da História das Ciências no ensino: exemplos das Geociências. *Ciências & Educação*, **14**(3):497-517. URL: http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v14n3/a09v14n3.pdf. Acesso 12.12.2012.

Valeiras N., Micieli C., Skicko M. 2003. Estudio del discurso escrito en páginas de internet como apoyo para la enseñanza de temas científicos: Evolución y Origen de la vida. *Revista Brasileira de Pesquisa em Ciências*, **3**(2):21-29. URL: http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/152/137. Acesso 10.12.2012.

Valença C.R., Falcão E.B.M. 2012. Teoria da evolução: Representações de professores-pesquisadores de biologia e suas relações com o ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias,* **11**(2):471-486. URL: http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen11/REEC_11_2_11_ex623.pdf. Acesso 11.12.2012.