

Quando a Biologia Encontra a Geologia: possibilidades interdisciplinares entre áreas

FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA¹ e GABRIEL GERBER HORNINK²

¹ Departamento de Educação, Informação e Comunicação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade Estadual de São Paulo, Ribeirão Preto, fernanda@ffclrp.usp.br.

² Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, gabrielbio@gmail.com.

Resumo. O trabalho interdisciplinar é um desafio apresentado para todos professores, dos diversos níveis de ensino e para ser exercido exige o diálogo entre as áreas diversas. Neste trabalho, apresentamos algumas possibilidades interdisciplinares entre a Biologia e a Geologia, a partir da disciplina Elementos de Geologia, para o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Os apontamentos feitos nesse artigo surgiram devido à nossa participação nessa disciplina no "Programa de Estágio Docente", onde atuamos como professores colaboradores. Além de defendermos a prática interdisciplinar, enfocamos o homem como agente geo-biológico, na tentativa de compreendê-lo como um dos agentes que atuam nas constantes modificações do planeta. Essa é uma perspectiva que deve permear todo o ensino de ciências, visando uma boa compreensão da atuação humana nos processos evolutivos da Terra. Apresentamos, ainda, a estrutura da disciplina a que se refere esse artigo para, em seguida, lançarmos algumas das possíveis interfaces entre as duas áreas.

Abstract. Interdisciplinary work is a challenge presented to all teachers of various education levels, which requires dialogue between the different areas to be exercised. We present some interdisciplinary possibilities between biology and geology, from the subject "Elements of Geology", for the Bachelor's Degree in Biological Sciences. The notes made in this article arose because of our participation in this discipline in the "internship teaching program" where we collaborate. Besides defending interdisciplinary practice, in this paper we focus on the man as geo-biological agent in an attempt to understand it as one of the agents working in the constantly changing Earth. This is a prospect that should permeate the science teaching, aiming at a good understanding of human activity on evolutionary processes on Earth. Moreover, we also show the subject structure in this paper, and then launch some of the possible interfaces between these two areas.

Palavras chave: formação inicial, interdisciplinaridade, ensino de Biologia, ensino de Geologia.

Keywords: initial teacher education, interdisciplinary, biology teaching, geology teaching

Introdução

Entre os maiores desafios postos ao professorado, é possível que o desenvolvimento do trabalho interdisciplinar figure como um dos mais importantes e difíceis de se praticar. A academia aponta essa perspectiva como uma necessidade, uma demanda da escola contemporânea, embora não avance, significativamente, em metodologias ou em formação para atingirmos esse objetivo. De fato, a solução para esse complexo problema não está nesse artigo, porém, nossa intenção é acenar possibilidades e idéias para refletirmos sobre essa problemática, a partir de duas áreas do conhecimento que, aparentemente, pouco convivem na educação básica: a Biologia e a Geologia.

Este artigo representa uma síntese de algumas reflexões feitas durante nossa atuação como colaboradores-biólogos matriculados na disciplina Programa Estágio Docente (PED). Esta disciplina é destinada para alunos de pós-graduação, com o objetivo de colocá-los na prática da sala de aula. Existem diferentes níveis de PED, desde aquele que ajuda no desenvolvimento da disciplina, até aquele que assume a disciplina integralmente. A disciplina em que participamos

como PED apresenta uma introdução à Geologia para o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Campinas, ministrada pelo Professor Dr. Maurício Compiani. Representa o esforço de dois biólogos em traçar pontos de união entre estas áreas a fim de auxiliar na prática e na reflexão de estudantes e professores que tenham como preocupação um ensino interdisciplinar e que, especialmente, tenham como objeto a Biologia e a Geologia.

Na Unicamp a disciplina Elementos de Geologia é oferecida no sétimo semestre do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas Noturno e quarto semestre do curso diurno e conta com carga horária de 60 horas, consistindo de aulas teóricas e práticas, incluindo um trabalho de campo que finaliza a disciplina. Muito embora a sua ementa seja explicitamente voltada para aspectos geológicos, acreditamos ser de interesse para o ensino de Ciências e, especialmente, para o ensino da Geologia e da Biologia, possibilitar reflexões interdisciplinares entre as áreas, uma vez que ambas trazem contribuições para o entendimento de diversos processos que ocorrem na Terra. Acreditamos que tal reflexão possa tornar o conhecimento das Ciências da Terra mais interessante ao aprendiz de Biologia, por suscitar a existência de relação mútua entre as áreas. Além disso, é o conhecimento adequado dessas ciências que possibilita ao homem compreender-se como agente responsável e atuante no planeta Terra ou, o homem como agente bio-geológico.

Nessa perspectiva, o homem é inserido na natureza, mas sua inserção é marcada por complexas transformações ambientais. Dentre elas, podemos citar o grande consumo de recursos não renováveis e a geração de grande quantidade de rejeitos gerados por conta de um modo de vida consumista e a própria alteração nos ciclos biogeoquímicos, decorrentes dessas relações. É a existência dessas premissas, dentre outras, que torna necessária a abordagem que pretendemos apresentar nesse artigo no ensino das Ciências Naturais.

A partir dessas considerações, nossos objetivos são: 1) Apresentar algumas reflexões de nossas experiências durante a colaboração na disciplina Elementos de Geologia; 2) Refletir sobre potenciais contribuições entre a Biologia e a Geologia, a fim de iniciarmos estudos e incitar práticas interdisciplinares; 3) Apresentar temas/áreas/objetos que podem ser enriquecidos quando estudados pelas duas áreas.

A interdisciplinaridade e o homem como agente bio-geológico

Dois assuntos principais permeiam o referencial teórico-metodológico sobre os quais nossas idéias se sustentam: a interdisciplinaridade e a concepção do homem como agente bio-geológico. A primeira porque a nossa proposta é vincular duas áreas que caminham isoladas e paralelamente, entretanto, deveriam estar mais próximas do que se imagina, se o intuito é promover a reflexão em

torno do ensino de ciências dotado de significado. A segunda, porque representa uma premissa de trabalho importante a consideração do homem como um dos agentes modificadores do planeta Terra. Esse é um pressuposto que deveria guiar o ensino de ciências na tentativa de promover uma real compreensão da nossa atuação na configuração dos aspectos biológicos e geológicos da Terra, buscando relacionar as nossas atividades e eventos do tempo histórico e o tempo geológico.

Interdisciplinaridade

Refletir sobre interdisciplinaridade, atualmente, é quase um caminho natural de quem pesquisa a educação. Critica-se, no entanto, seu esvaziamento de sentido, uma vez que diante o aparente modismo em torno do conceito, os significados possíveis são banalizados e pouco avanço reflexivo conseguimos obter. Pombo (2004) adverte que:

Ela [a palavra interdisciplinaridade] cobre um conjunto muito heterogêneo de experiências, realidades, hipóteses, projectos. E, no entanto, a situação não deixa de ser curiosa: temos uma palavra que ninguém sabe definir, sobre a qual não há a menor estabilidade e, ao mesmo tempo, uma invasão de procedimentos, de práticas, de modos de fazer que atravessam vários contextos, que estão por todo o lado e que teimam em reclamar-se da palavra interdisciplinaridade. (p. 3).

Para Gallo (2008),

[...] apesar de toda essa profusão conceitual, o sentido geral da interdisciplinaridade parece-[l]he transparente é a consciência da necessidade de um inter-relacionamento explícito e direto entre as disciplinas todas. [...] é a tentativa de superação de um processo histórico de abstração do conhecimento que culmina com a total desarticulação do saber que nossos estudantes (e também nós, professores) têm o desprazer de experimentar. (p. 23).

Um ensino pautado na prática interdisciplinar pretende formar alunos com uma visão global de mundo, aptos para “*articular, religar, contextualizar, situar-se num contexto e, se possível, globalizar, reunir os conhecimentos adquiridos*” (MORIN, 2002, p. 29 *apud* AUGUSTO *et al*, 2004).

Sabemos que a prática interdisciplinar se configura como uma resposta à intensa fragmentação do conhecimento que, desde o século XIX tem se intensificado em demasia. Segundo Morin (2008) a fecundidade da disciplinaridade na história da ciência não tem que ser demonstrada:

[...] de um lado, a disciplinaridade delimita um domínio de competência sem o qual o conhecimento se fluidificaria e se tornaria vago; de outro, ela descobre, extrai e constrói um 'objeto' digno de interesse para o estudo científico. [...] Entretanto, a instituição disciplinar conduz, ao mesmo tempo, ao risco da hiperespecialização do pesquisador e ao risco de

"coisificação" do objeto estudado. Este, percebido como uma coisa em si, expõe-se a esquecer que é extraído ou construído. (p. 54).

Concordamos com Morin (2008) quando nos fala do problema da disciplinarização, que para o autor conduz ao risco de hiper-especialização do pesquisador e ao risco de 'coisificação' do objeto estudado, advertindo ainda que a *"fronteira disciplinar, sua linguagem e seus conceitos próprios isolam a disciplina das outras e dos problemas que a recobrem."* (p. 54). Com essa crítica, justifica a existência das disciplinas intelectualmente, contanto que *"elas guardem um campo de visão que reconheça e compreenda a existência das ligações de solidariedade. E mais, elas somente são plenamente justificadas se não ocultam as realidades globais."* (p. 60).

A questão mais atual parece ser: como nos mantermos disciplinares se a sociedade e a escola clamam por uma formação mais ampla, voltada para o aluno crítico e cidadão? Reconhecemos que *"As transformações ocorridas na sociedade nas últimas décadas têm imposto à área de educação em geral e à de ensino de ciências em particular a necessidade de reformular constantemente seus pressupostos, redefinindo o como e o porquê ensinar ciências."* (PIERSON e NEVES, 2001, p. 120). Assim, especialmente, no ensino das Ciências, que é o nosso caso, a pergunta seria: de que maneira tornar os conceitos científicos dotados de sentidos reais, com perguntas e respostas para questões voltadas ao papel das ciências e da tecnologia em nossa atual sociedade. De fato, o fechamento disciplinar pouco colabora para um conhecimento que transborda a fronteira das disciplinas, mas, que fazer então se as disciplinas representam uma realidade consolidada no fazer científico e no saber fazer escolar?

No nosso ponto de vista, as disciplinas possuem o grande potencial de transcender suas fronteiras, especialmente quando buscamos fazer esse exercício, procurando intersecções, vias de acesso, possibilidades de trocas entre áreas consolidadas.

De toda forma, convém não esquecer que, para que haja interdisciplinaridade, é preciso que haja disciplinas. As propostas interdisciplinares surgem e desenvolvem-se apoiando-se nas disciplinas; a própria riqueza da interdisciplinaridade depende do grau de desenvolvimento atingido pelas disciplinas e estas, por sua vez, serão afetadas positivamente pelos seus contatos e colaborações interdisciplinares. (SANTOMÉ, 1998, p.61, apud AUGUSTO et al, 2004).

Trata-se de buscar soluções para a chamada fragmentação do conhecimento, cujas consequências são vistas na formação de professores e na própria escola. Nos limites desse artigo, problematizamos o ensino da Biologia e da Geologia, a partir da grade curricular proposta por geólogos e dirigidas ao público da Biologia, tentando valorizar o diálogo entre as referidas áreas.

Nesse sentido, a interdisciplinaridade será aqui compreendida através do destaque de áreas onde ambas as disciplinas se integram ou, tem o potencial de se integrar, gerando objetos que podem ser tratados a partir da integração dessas disciplinas. Defendemos que essa integração entre os conteúdos que descreveremos colaboraria para uma formação mais ampla, crítica e profunda do futuro professor de Biologia e para o profissional geólogo envolvido em questões educacionais.

O homem como agente bio-geológico

Nos estudos dos processos biológicos é comum considerar o homem como agente central das transformações biológicas que ocorrem no seu meio, isto porque, a dinâmica complexa da vida deve ser tomada como fruto de constantes interações entre os elementos. No entanto, no ensino, não é tão comum assim referir-se ao homem como agente geológico, uma vez que, em geral, o ser humano encontra-se desconectado dos estudos referentes às ciências geológicas. Contudo,

As novas coberturas pedológicas e as novas formações geológicas, que se encontram em processo de geração, estão fortemente influenciadas pela ação do homem, que está se tornando o mais recente e poderoso agente geológico do Planeta. (OLIVEIRA, 1990), ou, como diz Pellogia (1995):

E o homem é um agente especificamente geológico na medida em que as conseqüências de suas atividades (sua ação sobre a natureza, ação ativa e mediatizada pelo trabalho) são comparáveis qualitativamente e quantitativamente significativas em relação a processos naturais e, ainda mais, quando os efeitos produzidos materializam-se em marcos estratigráficos. (p. 108).

Oliveira (*op cit*) destaca que diversos autores têm enfatizado o significado e a intensidade com que essas mudanças vêm-se processando, isto é, o período em que a atividade humana passa a ser qualitativamente diferenciada da atividade biológica na modelagem da Biosfera, desencadeando processos cujas intensidades superam em muito os processos naturais. Para nós, essa premissa deve permear os estudos referentes à Biologia e à Geologia (e especialmente o ensino destas áreas), pois demarcam uma nova dimensão às ações humanas, identificando-as como ações tecnogênicas.

Segundo Oliveira (*op cit*), poderíamos adotar o termo antropogênicas para tais ações, no entanto, o autor sugere que tal palavra também tem sido empregada para qualificar eventos do Antropógeno, ou Período Antropogênico que vem sendo usada em substituição ao termo Quaternário. Esse, por sua vez, identifica o período geológico mais recente, marcado pela evolução do homem - desde o mais antigo representante da família Hominidae até o moderno *Homo sapiens*. Assim, nos lembra o autor de que eventos ditos antropogênicos seriam identificados ao período de sua ocorrência, podendo estar ou não associados a atividades humanas. Nesse sentido,

[...] para definir uma origem ligada à atividade do homem, seria mais conveniente usar o termo tecnogênico. Assim, todo evento tecnogênico (origem) seria antropogênico (período), o inverso não sendo necessariamente verdadeiro. Por outro lado, o termo tecnogênico (originado pela técnica) destaca a importância em se considerar que os eventos resultantes da ação humana refletem uma 'ação técnica' e, neste aspecto, sua adoção tem larga vantagem sobre a do antropogênico, pois a técnica, conjunto de processos por meio dos quais os homens atuam na produção econômica e qualquer outra que envolva objetos materiais, surge com o Homem. (OLIVEIRA, *op cit*, p.412).

Dessa forma, os eventos que descreveremos não podem se desvencilhar dessa premissa. Os consideraremos como processos tecnogênicos, porque estão intimamente relacionados às ações desenvolvidas pelo homem como agente bio-geológico.

Nesse sentido, Oliveira (*op cit*) também destaca que o estágio evolutivo da técnica implica formas e intensidades diferentes da ação do homem no meio ambiente,

[...] resultando em impactos também diferenciados e, assim, o termo tecnogênico, além de definir eventos provocados pelo homem, traz implícita a idéia de que tais eventos são qualitativa e quantitativamente diferentes ao longo da história da evolução do homem. Hoje, não há mais processos exclusivamente naturais na Biosfera: há um processo acelerado de humanização da natureza [...]. (p. 412).

A consideração do homem como agente bio-geológico é algo extremamente importante do ponto de vista educacional. Não somente porque enfatiza as questões relacionadas à Geologia e à Biologia nas interações com o ambiente, mas fundamentalmente, porque demonstra o grande valor do conhecimento biológico e geológico na compreensão de fenômenos que afetam diretamente e indiretamente a vida dos seres humanos e demais organismos, bem como a incrível dependência desta em relação aos recursos advindos de ambas as áreas. Além disso, esta premissa confere o devido valor para as ciências biológicas e geológicas na compreensão da organização, planejamento e dinâmica da vida no planeta Terra.

Estrutura da disciplina Elementos de Geologia

A disciplina Elementos de Geologia tem como objetivo prover conhecimentos da Geologia que seriam importantes para a formação do Biólogo e do futuro professor de Biologia/Ciências, permitindo uma visão diferenciada dos processos naturais. Alguns conteúdos representam a base que alicerça o conhecimento tomado como essencial para os aprendizes da Biologia e para que possamos conhecer melhor a própria disciplina, a seguir, apresentamos as unidades detalhadas no "programa do curso".

Seriam as seguintes: (1) Elementos Metodológicos de Geologia, que envolve o estudo e compreensão do instrumental utilizado pela Geologia para construir o conhecimento da natureza. Nessa perspectiva, cabe discutir problemas relativos à observação e interpretação, representação visual da informação geológica, escalas de espaço e tempo e método histórico comparativo. (2) Geologia/ambiente e as transformações da superfície terrestre, que busca a compreensão da interação dos processos terrestres, buscando relação entre a Geologia e outras áreas do conhecimento. (3) Dinâmica interna, que visa formar uma imagem da Terra como resultado de mútuas inter-relações. Envolve a compreensão da parte das transformações geológicas que são mobilizadas pelas esferas internas do planeta e seus mecanismos. (4) O estudo do passado da Terra, que discute os registros geológicos e interpretações para compreensão da história da Terra. Inclui o aprofundamento de estudos dos problemas de ocupação territorial de Campinas.

Apresenta-se abaixo a sequência dos conteúdos trabalhados em sala:

Quadro 1: Unidades de trabalho da disciplina Elementos de Geologia, anos 2008 e 2009.

Unidade	Descrição
Unidade I Elementos Metodológicos da Geologia	Observação/interpretação e raciocínio científico Registro nas rochas: formas Fixadas Tempo geológico Bases cartográficas da informação geocientífica
Unidade II Geologia/Ambiente e as Transformações da Superfície Terrestre	Circulação atmosférica Energia, umidade e clima Ciclo da água O trabalho dos rios Destruição de continentes: movimentos de massa e erosão Intemperismo e formação de solos
Unidade III Dinâmica da Terra	Interior da Terra Tectônica de Placas/Ciclo das Rochas Materiais litosféricos: rochas e minerais
Unidade IV O estudo do passado da Terra	Decifrando os registros do processo histórico-geológico Meio físico de Campinas - Geologia e Geomorfologia

Fonte: Programa da disciplina.

Na disciplina, busca-se uma metodologia de ensino participativa, mesclando aulas expositivas, atividades práticas e problemas para trabalho em grupo (em sala), finalizando a disciplina com um trabalho de campo na região de Campinas. As atividades buscam o ensino interdisciplinar, numa dinâmica interativa/ participativa com o aluno.

Espera-se que com a disciplina os alunos possam construir conhecimentos que articulem a Geologia a partir das interações entre os conhecimentos trabalhados em sala e no campo.

Possibilidades interdisciplinares como desdobramentos de temas

A partir daqui apresentaremos algumas possibilidades que nomeamos como interdisciplinares, por indicarem amplas e fartas conexões entre as áreas que tratamos nesse artigo. Nossa intenção é demonstrar como tais conexões podem enriquecer o estudo da Biologia e da Geologia e, notadamente, o ensino das mesmas ciências.

Biologia e Geologia: ciências históricas?

Nesse primeiro tópico, nosso intuito é apresentar algumas das semelhanças epistemológicas entre a Biologia e a Geologia no que se refere ao seu caráter de ciência histórica. Essa opção é o que justifica um tópico com ênfase mais teórica, em detrimento a exemplos práticos de conexões entre a Biologia e a Geologia, o que o leitor encontrará na sequência.

Com relação à característica histórica, a Geologia já é bastante reconhecida por isso, no entanto, o mesmo não ocorre com a Biologia, cuja marca mais forte está associada ao rol das disciplinas experimentais. Tentaremos problematizar esse pressuposto, caracterizando uma ciência histórica e aproximando a Biologia desse importante ramo epistemológico.

Em um importante artigo que define a Geologia como ciência histórica e hermenêutica, Frodeman (2001) diz que uma ciência histórica é definida pelo papel que a explicação histórica desempenha no seu funcionamento e destaca como os principais exemplos a Cosmologia, Geologia, Paleontologia, Antropologia e a História do Homem.

O que nos chama atenção, à primeira vista, é a distinção entre as ciências ditas experimentais e as ciências históricas. Para Frodeman (op cit),

Na medida em que o seu trabalho se basear em experiências laboratoriais, as ciências experimentais (por exemplo a Física e a Química) [e em certa medida, a própria Biologia] são essencialmente não históricas; o espaço e o tempo não tem um papel significativo no processo de pensamento. (p. 51).

Na realidade, o trabalho se dá no laboratório, espaço em que as condições podem ser controladas e de onde se pressupõe que outros pesquisadores possam recriar a mesma experiência¹.

Numa ciência histórica, o objetivo não é identificar leis universais, mas estabelecer uma cronologia dos acontecimentos ocorridos num dado local. "*Isso significa que as hipóteses não podem ser testadas da mesma forma que nas ciências experimentais.*" (FRODEMAN, op cit, p. 52). Assim, diante a dificuldade em se trabalhar com o passado devido às gigantescas escalas temporais e espaciais e devido à singularidade e à complexidade dos fenômenos geológicos, os cientistas lançam mão de outro tipo de explicações, nomeadas por Frodeman como raciocínio por analogia, método das hipóteses e o processo indutivo eliminatório.

Podemos dizer, com Frodeman, que as ciências históricas distinguem-se pelo papel decisivo da interpretação na sua explicação. Assim,

A interpretação é um tipo de explicação imaginária de fenômenos naturais em que os detalhes ganham sentido na estrutura da história. Ao contrário das ciências experimentais, em que as previsões são feitas pela combinação de leis universais com a descrição de condições iniciais [...], as ciências históricas não se empenham em fazer previsões. As narrativas históricas não explicam um acontecimento submetendo-o a uma generalização, mas integrando-a num todo organizado. (p. 55).

Dessa forma,

O discurso histórico dos geocientistas [...] visa explicar como ocorreu um evento do passado da Terra através de 'marcas' observáveis do evento, que supomos ser evidências ligadas aos processos ocorridos. Ou seja, partimos dos produtos, dos efeitos de um acontecimento para buscar as suas causas. (COMPIANI, 1996, p. 65 e 66).

Autores que endossam a característica histórica da Geologia/Geociências são vários. Além de Frodeman, Potapova também traz considerações de suma relevância ao afirmar que o objeto de investigação da Geologia é o processo histórico geológico, pensado e investigado através das "formas fixadas" que se preservam na litosfera (POTAPOVA, 1968). Diz Potapova: "*A Geologia investiga todos os processos naturais em suas inter-relações históricas. Processos contemporâneos não são mais do que um elemento no infinitamente longo processo de evolução...*" (p. 3).

A frase é breve, mas traz em si uma enorme complexidade. Potapova vincula a construção de conhecimento de cada uma das esferas terrestres à questão temporal. Formula-se modelos explicativos para o passado a partir de características e conhecimentos atuais – o que nomeamos de

¹ O autor não deixa de nos lembrar de que, apesar do espaço e tempo não terem tanta relevância para as ciências experimentais, "[...] o tempo e a história são algo a que nenhuma ciência pode escapar: uma reação química leva algum tempo a completar e qualquer reação química é histórica na medida em que tem alguma característica, por mais insignificante que seja, que a distingue de outra reação. Mas, o nosso interesse em reações químicas não está em narrar as condições históricas específicas que afectam determinada reação, mas em estabelecer uma verdade universal ou ideal acerca de uma dada classe de reações químicas"(p. 51).

“atualismo”, e a base de tais conhecimentos permite a produção de prognósticos acerca do planeta. A questão histórica, nessa citação, remete-nos à própria característica histórica dessa ciência. Para Paschoale (1989, p. 22 e 23 *apud* SILVA, 2009) o caráter histórico é o fato mais marcante da Geologia. Sua natureza histórica advém da inclusão do fator tempo, “[...] *implicada pelo reconhecimento do vestígio, ou seja, objeto identificado na superfície terrestre como documento, nas explicações que esta ciência produz*” (*apud* SILVA, 2009).

Como essa discussão reverbera no campo da Biologia? Conforme já explicitamos, encontra-se pouca referência que destaque o caráter histórico da Biologia. É possível que Ernst Mayr seja a principal delas no que tange a tal discussão, uma vez que nessa obra (2005) o autor tenta distinguir a Biologia do campo das ciências experimentais, argumentando em favor do caráter único dessa ciência.

Na tentativa de responder à questão: "O que é Biologia?", Mayr (2005) distingue dois campos bem diferentes: a Biologia mecanicista (funcional) e a Biologia histórica.

A Biologia funcional lida com a fisiologia de todas as atividades de organismos vivos, sobretudo com todos os processos celulares, incluindo aqueles do genoma. Em última instância, tais processos funcionais podem ser explicados de maneira puramente mecanicista por química e física. (p. 39 e 40).

Continua:

O outro ramo da Biologia é a Biologia histórica. Conhecimento de história não é necessário para a explicação de um processo puramente funcional. No entanto, é indispensável para a explicação de todos os aspectos do mundo vivo que envolvem a dimensão do tempo histórico - em outras palavras, tal como agora sabemos, todos os aspectos que lidam com a evolução. (p. 40).

Mayr acrescenta a tal discussão o fato das duas áreas biológicas diferirem quanto à natureza das discussões. Dessa forma, em ambos os campos se fazem perguntas do tipo "o quê?" para a obtenção dos fatos necessários para a análise. No entanto, a questão mais usual em Biologia funcional é "como?" e, em Biologia evolucionista é "por quê?". O autor acrescenta que tal diferenciação não é completa porque em Biologia evolucionista, ocasionalmente, também se fazem perguntas do tipo "como?", contudo, justamente nos casos em que a experimentação não dá conta de buscar as explicações a Biologia evolucionista teria desenvolvido a sua própria metodologia: a das narrativas históricas. Nesse contexto, é possível enxergarmos interessantes conexões entre a Biologia e a Geologia, uma vez que ambas, em certo grau, se utilizam da mesma metodologia de trabalho, onde a criação de cenários hipotéticos é fundamental para implementar a análise de um determinado problema.

A Biologia histórica, assim como a Geologia, lida com fenômenos singulares. Exemplo pode ser dado com a extinção dos dinossauros, a origem dos seres humanos, a origem das novidades evolutivas, a explicação de tendências e taxas evolutivas e a explicação da diversidade orgânica (MAYR, *op cit*). Nesse sentido, é fácil perceber que não há como fazermos experimentos acerca da extinção dos dinossauros ou a origem do homem, sendo possível, somente (porém, de modo complexo) a criação de narrativas históricas com profundo caráter hipotético. Mayr ilustra essa metodologia com o exemplo da extinção dos dinossauros, que ocorreu no fim do Cretáceo, há cerca de 65 milhões de anos.

Uma primeira narrativa explicativa sugeria que eles haviam sido vítimas de uma epidemia particularmente virulenta, contra a qual não puderam adquirir imunidade. Uma boa quantidade de objeções sérias, no entanto, foi levantada contra esse cenário, que foi assim substituído por uma nova proposta, de acordo com a qual a extinção teria sido causada por uma catástrofe climática. Contudo, nem os climatologistas nem os geólogos conseguiram encontrar indícios de tal evento climático, e essa hipótese também teve de ser abandonada. Quando, porém, o físico Walter Alvarez postulou que a extinção dos dinossauros tinha sido causada pelas consequências do impacto de um asteróide na Terra, todas as observações se encaixavam nesse novo cenário. A descoberta da cratera de impacto em Yucatán deu ainda mais força à teoria de Alvarez. (p. 48 e 49).

Como vimos, não há como pensar em certas ocorrências consideradas "biológicas" levando em conta somente o tempo histórico. É a inclusão do tempo geológico nas explicações que permite compreendermos tais ocorrências. Além da própria evolução, que está estritamente ligada à paleozoologia e à paleobotânica, outras dessas ocorrências podem ser aqui exemplificadas. Pensemos, por exemplo, na reiterada ação dos microorganismos e plantas na configuração de novos ambientes e na formação de solos. Esses são exemplos de ciclos de longa duração, medidos em várias dezenas, centenas de milhares até milhões de anos. Certas modificações do meio ambiente pela esfera antrópica são considerados ciclos de média duração, em que a contagem envolve séculos até poucos milhares de anos (DA COSTA e INDA, 1992). Além disso, o destaque para o tempo geológico pode assumir lugar de especial importância na própria compreensão do meio ambiente, ao fazermos comparações entre o tempo que determinadas características ou feições demoraram para se formar e o tempo de degradação das ações antrópicas.

Para concluir esse tópico, podemos dizer que a dimensão de ciência histórica é algo que pode enriquecer o conhecimento nas ciências biológicas. A metodologia que advém desse tipo de ciência, a das narrativas históricas, é algo frequentemente ignorado na educação e, também, na formação dos futuros professores de Biologia, uma vez que não se enfatiza a importância da formação de conjecturas e a necessidade de se inferir hipóteses explicativas para a compreensão dos diferentes

fenômenos. Esse é um dos ganhos que o tratamento da ciência histórica pode trazer aos estudantes e futuros professores de Biologia.

A importância da compreensão da dinâmica interna da Terra e intersecções com aspectos biológicos

Em alguns momentos podemos pensar que compreender a dinâmica interna da Terra possa ser algo exclusivo ou de maior utilidade aos geólogos, entretanto, ao compreendê-la ampliamos as possibilidades de compreensão de temas da Biologia. A questão: “Porque são encontradas espécies similares, de mesma ‘família’, na América do Sul e África, em latitudes próximas?” é um exemplo que demonstra a importância da associação de ambas as disciplinas na tentativa de formular uma resposta.

Os conhecimentos sobre a dinâmica interna da Terra explicam como a Terra se "comporta" ao longo do tempo geológico. Sabemos que a Terra não é a mesma de milhões de anos atrás, a tectônica de placas demonstra a existência de placas e o movimento destas, de tal modo que os continentes movimentam-se há milhões de anos. Muitos dos estudos de Biologia baseiam-se na teoria de tectônica de placas para explicar a distribuição de diversas espécies de organismos ou microorganismos pela terra, assim como para explicar as diversas configurações da crosta ao longo do tempo geológico que criaram habitats em que espécies pré-históricas viveram. Outro exemplo interessante é o das aves ratita que não voam (RICKLEFS, 2003, p. 431), que provavelmente foram separadas pela fragmentação da Gondwana e atualmente aparecem na América do Sul (Ema-americana), África (Avestruz), Austrália e Nova Guiné (Casuar), Austrália (Ema), Nova Zelândia (Quiuí, Moa).

Essa inter-relação entre a Biologia e a Geologia é apresentada na própria disciplina, a partir de um dos exercícios feitos em sala de aula sobre os conceitos de tectônica de placas. Nesse caso, aborda-se a convergência de espécies mamíferas na América, assim como em outros continentes. Nesse exercício, são apresentados aos alunos dados e mapas paleogeográficos, a partir dos quais os mesmos analisam e discutem a problemática apresentada.

As grandes “catástrofes naturais” (como os terremotos, a Era Glacial, impacto de grandes meteoros na Terra) também se constituem como um assunto importante para a compreensão da evolução das espécies. A partir de registros dos processos histórico-geológicos é possível refletir e inferir hipóteses acerca das correlações entre o aparecimento e desaparecimento de espécies em determinados habitats.

A compreensão do ciclo das rochas e minerais é útil na elaboração da explicação da dinâmica externa da Terra, esta vista como o habitat dos seres vivos. No contexto da pedologia (dinâmica externa), é necessário que se façam relações entre rocha, relevo, clima e solo para a compreensão da formação dos biomas, reconhecendo que, além das espécies animais, vegetais e outros organismos, existem variáveis físicas importantes para compreensão dos sistemas ecológicos.

Importância da Geologia ambiental na compreensão das transformações da superfície terrestre

Os processos biológicos e geológicos, numa escala de tempo geológico, apresentam relações intrínsecas, o que se pode observar na análise da evolução das espécies vegetais e a formação de solo. Observa-se aumento gradativo do tamanho das raízes das plantas à medida que o solo torna-se mais profundo. Na pedogênese diversos fatores contribuem para a formação do solo, entre eles a ação dos microorganismos, vegetais e animais (RICKLEFS, 2003), assim, ao mesmo tempo em que os organismos influenciam as modificações do ambiente, o ambiente influencia na evolução das espécies, caracterizando a formação de determinados tipos de vida.

Desta forma, o entendimento das alterações ao longo do tempo geológico contribui para a compreensão do desenvolvimento geral da vida sob a Terra, uma vez que os aspectos geofísicos, como temperatura, radiação, umidade, relevo, solo, etc, influenciam diretamente os organismos.

Nesse sentido, a atmosfera antiga (de milhões de anos) não é a mesma, do mesmo modo que as espécies também não são. De certa forma, isso gera certo assombro entre os pesquisadores, pois as condições climáticas atuais estão em plena alteração, em condições não apropriadas para a vida como ela existe atualmente.

Nestes exemplos pode-se demonstrar a importância da compreensão dos processos bio-geológicos e como os aspectos de ambas áreas foram importantes para a evolução das espécies. Com esse preceito, entendemos que o homem, ao criar interferências no ambiente, em maior escala física e temporal que os outros animais, interfere diretamente sobre aspectos biológicos. Estes, por sua vez, refletem no geológico e vice versa, o que nos remete ao início do texto quando falamos do homem como agente bio-geológico envolvido nos processos tecnogênicos. Não há como separar os aspectos, uma vez que são interdependentes.

Ao se abordar a temática de interferência do homem no ambiente abre-se possibilidades de explorar temas interdisciplinares importantes, como os ciclos biogeoquímicos, por exemplo. Nesse caso, tais ciclos podem se relacionar com elementos de rochas, intemperismo, solos, assim como a questão das mudanças climáticas. Além disso, é possível observarmos que algumas das etapas dos ciclos ocorrem dentro de um tempo histórico-biológico, como o caso da formação da chuva. Entretanto, algumas etapas dos ciclos, como a fixação do carbono, por exemplo, pode se estender

por muitos anos, chegando até mesmo em tempos geológicos. Ao entender o exemplo do ciclo do carbono, relacionando com as mudanças climáticas ao longo do tempo geológico, é possível compreender o problema dos combustíveis fósseis, relacionando-o com a questão das mudanças climáticas atuais.

Considerações finais

A reflexão feita nesse artigo partiu de nossa experiência como colaboradores da disciplina de introdução à Geologia, para o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, portanto, uma experiência voltada para a formação inicial de estudantes de Biologia. Esse texto pode ser compreendido como uma proposta de auxílio para esses estudantes, uma vez que como biólogos, nossas preocupações estavam em concatenar o referencial biológico ao referencial geológico. Como professores da disciplina, o nosso esforço foi tecer algumas das referidas conexões, a fim de demonstrar o quanto uma área poderia ser enriquecida pela outra.

Julgamos que a mesma discussão também seja pertinente para a educação básica. Não só porque trabalhávamos com futuros professores de Biologia/Ciências, mas, porque, tradicionalmente, os conteúdos de Biologia/Ciências não se interpenetram com os conteúdos de Geologia.

Em geral, os conteúdos geológicos/geocientíficos são abordados na quinta série (atualmente, sexto ano no Brasil) e os assuntos biológicos abordados na sexta e sétima séries, com os respectivos conteúdos: seres vivos e corpo humano. Essa estrutura é corroborada pelo programa dos livros didáticos e por uma larga tradição na abordagem desses temas. Assim, a Geologia trabalhada na quinta série mostra-se descritiva e enciclopédica, normalmente tratando a Terra, sua estrutura interna e ciclo de rochas e minerais, além de conteúdos de água e ar. Quase nada se interconecta com o homem como agente modificador das esferas do planeta ou com uma Geologia histórica. O mesmo ocorrendo com os conteúdos de Biologia: os temas são abordados sem que haja conexões com outras áreas do conhecimento. Considerando isto, a nossa preocupação também reside no questionamento da estrutura curricular do futuro professor de Ciências/Biologia, cuja formação é legado de uma clara e histórica rigidez curricular.

Nesse texto, a interdisciplinaridade representou um exercício cujo objetivo era integrar conhecimentos das duas áreas em questão, tentando torná-lo (o conhecimento) mais dotado de sentido, mais próximo e concreto dos estudantes de Biologia.

Referências bibliográficas

AUGUSTO, T. G. da S.; CALDEIRA, A. M. de; CALUZI, J. J. & NARDI, R.. Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 277-289, 2004.

COMPIANI, M.. A narrativa histórica das geociências no ensino fundamental (EGB): um exemplo com o tema "A formação do Universo". *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, v. 4, n. extra, p. 64-69, 1996.

DA COSTA, L. A. M. & INDA, H. A. V. *Fundamentos da Geologia pós moderna*. Rio de Janeiro: CPRM. (Série Sinopses), 1992.

GALLO, S. Transversalidade e educação: pensando uma educação não disciplinar. In: ALVES, N. & GARCIA, R. L. (Orgs.) *O sentido da escola*. Petrópolis: DP&A. 2008, p. 15-35.

MAYR, E. *Biologia, Ciência Única: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MORIN, E. Articular os saberes. In: ALVES, N. & GARCIA, R. L. (Orgs.) *O sentido da escola*. Petrópolis: DP&A, 2008, p. 53-64.

OLIVEIRA, A.M.S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1990, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1990.

PELLOGIA, A.U.G. A dialética da Geologia (temas de Geologia inspirados na obra de Friedrich Engels e suas aplicações). *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, n. 2, p. 107-110, 1995.

PIERSON, A. & NEVES, M.R. Interdisciplinaridade na formação de professores de ciências: conhecendo obstáculos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 1, n. 2, p. 19-30, 2001.

POMBO, O. Epistemologia da interdisciplinaridade. Disponível em: <<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/investigacao/portofinal.pdf>>. Último acesso em: 10 mai. 2011.

POTAPOVA, M. S. Geology as an historical science of nature. In: *Interactions of sciences in the study of Earth*. Moscou: Progress Publisher, 1968, p. 117-126.

RICKLEFS, R. E. *Economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

SILVA, F. K. M. da. *Rastros e Apropriações no Projeto Geociências e a Formação Continuada de Professores em Exercício no Ensino Fundamental*. Tese de doutorado em Ensino e História de Ciências da Terra - Unicamp, Campinas, 2009

FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA: Possui licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (1998), mestrado em Geociências (2002) e doutorado em Ensino e História de Ciências da Terra (2009), ambos pela Unicamp. Tem experiência na área de Educação, com ênfase na Formação de Professores, atuando principalmente

nos seguintes temas: ensino de geociências, ensino de ciências, ensino de biologia, metodologia do ensino de ciências e biologia, educação ambiental, imagem e educação, investigação em sala de aula e formação de professores. Compõe a equipe do Projeto de Pesquisa Anhumas na Escola, apoiado pela FAPESP e Petrobrás Ambiental e atua como professora participante do Programa de Ensino e História de Ciências da Terra, do Instituto de Geociências, Unicamp. Atualmente é professora do Departamento de Educação, Informação e Comunicação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade Estadual de São Paulo, Ribeirão Preto.

GABRIEL GERBER HORNINK: Possui bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (2003), licenciatura em Ciências Biológicas pela Unicamp (2006), especialização em gestão ambiental pela Unicamp (2006), mestrado em Biologia Funcional e Molecular (área Bioquímica, subárea Ensino) (2006) e doutorado em Ciências (2010), ambos pela Unicamp. Tem experiência na área de Biologia geral, com ênfase em formação de professores para o uso de Informática no ensino, atuando principalmente nos seguintes temas: *softwares* educacionais, educação a distância, formação de professores. Também possui ampla experiência em gestão ambiental, desenvolvendo trabalhos sobre áreas contaminadas, melhorias e avaliações ambientais. Atualmente esta como professor de bioquímica e ensino de bioquímica na Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG), onde também atua como colaborador no Centro de Educação Aberta e a Distância - CEAD.