

Contribuições da epistemologia e da história da ecologia para a formação de professores e pesquisadores

Fernanda da Rocha Brando ¹

Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade ²

Fernanda Aparecida Meglhioratti ³

Ana Maria de Andrade Caldeira ⁴

Resumo: O objetivo deste artigo é apresentar os resultados de uma pesquisa empírica sobre os estudos realizados no Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia (GPEB) no ano de 2009, período no qual as atividades centraram-se em discussões sobre os aspectos históricos e epistemológicos da ecologia e na proposição de sequências didáticas para o ensino médio partindo dessa perspectiva. Os dados mostram que, a partir dos estudos desenvolvidos, os participantes do GPEB passaram a entender a ecologia como uma área composta de diferentes conhecimentos, teorias e conceitos. Também, que as dificuldades encontradas na elaboração de sequências didáticas, tendo como referência um modelo didático-epistemológico do conhecimento biológico, estão relacionadas ao modo de pensar e construir o conheci-

¹ Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FFCLRP-USP). Av. Bandeirantes, 3900. Monte Alegre. Ribeirão Preto, SP - Brasil. CEP: 14040-901. E-mail: ferbrando@ffclrp.usp.br

² Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Rodovia Celso Garcia Cid, 445. Londrina, PR - Brasil. CEP: 86051-990. E-mail: mariana.bologna@gmail.com

³ Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Rua Universitária, 2069. Jardim Universitário. Cascavel, PR - Brasil. CEP: 85819-110. E-mail: meglhioratti@gmail.com

⁴ Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho - *Campus* Bauru (FC-UNESP). Avenida Luís Edmundo Carrijo Coube, s/n. Vargem Limpa. Bauru, SP - Brasil. CEP: 17033-360. E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br

mento de forma articulada. As implicações desse estudo incidem sobre as práticas didáticas que não tratam articuladamente o conteúdo das ciências biológicas, assim como expõe a pertinência de espaços, durante a formação de professores e pesquisadores em biologia, nos quais possa ocorrer a discussão de conceitos científicos de forma integrada, contextualizada, considerando os processos históricos e epistemológicos na construção do conhecimento.

Palavras-chave: filosofia da biologia; ensino de biologia; história da ecologia; epistemologia da ecologia; formação de professores e pesquisadores em biologia

Contributions of epistemology and history of ecology to the training of teachers and researchers

Abstract: In the biology's teacher or researcher initial training it is relevant to understand the organization of biological knowledge and the ground in which this science was and is being built. In the beginning of 2006, the Group for Research in Epistemology of Biology (GPEB) dedicated to discuss issues related to the characterization of Biology as a specific area and the contributions of history and epistemology of biology to the teaching of biology. The aim of this paper is to present the Group's results in 2009, whose main focus in guided discussions about historical and epistemological aspects of ecology and the production of ecological science teaching sequences for secondary education.

Key-words: philosophy of biology; biology teaching; history of ecology; epistemology of ecology; training of teachers and researchers in biology

1 INTRODUÇÃO

A formação inicial de professores e pesquisadores em ciências muitas vezes não possibilita uma compreensão adequada dos conceitos da própria ciência que se estuda ou de suas interrelações, quando composta por várias áreas específicas. Frequentemente, os cursos de formação não priorizam espaços para discussões sobre a construção racional do conhecimento segundo a natureza da ciência.

No que concerne à formação de professores e pesquisadores em biologia, uma perspectiva centrada nas discussões históricas e epistemológicas do conhecimento biológico vem constituindo uma importante prática para enfrentar o seu ensino fragmentado e possibilitar a necessária integração didática das diferentes áreas que compõe as

ciências biológicas, no que podemos chamar de uma abordagem intradisciplinar.

Sobre a busca da construção racional do conhecimento científico, Ana Maria de Andrade Caldeira indica a possibilidade de aliar os estudos disciplinares a outras formas interdisciplinares de estudo e reflexão, em que alunos tenham a oportunidade de estudar o conhecimento biológico, inter-relacionando suas especificidades, formulando questões sobre a natureza desse conhecimento e planejando pesquisas na área de biologia e suas interfaces (Caldeira, 2009, p. 77). Caldeira destaca alguns pontos fundamentais na elaboração de um pensamento epistemológico no contexto de ensino de biologia:

- a) Inserir a História da Biologia, bem como a reflexão sobre esse conhecimento; [...]
- b) possibilitar os estudos de autores que pesquisaram em diferentes áreas do conhecimento biológico e suas interfaces; [...]
- c) analisar a produção do conhecimento biológico, por meio de conceitos oriundos da Filosofia da Biologia. (Caldeira, 2009, p. 77)

Os pesquisadores da área de Didática têm discutido e investigado caminhos para buscar um ensino como produção de conhecimentos, em que alunos, tanto de escola básica como da universidade, possam não só aprender os saberes acabados, mas também desenvolver habilidades do pensar por meio desses saberes e construir atitudes condizentes com a sua evolução enquanto seres humanos e cidadãos críticos (Caldeira & Bastos, 2009, p. 29).

Considerando a importância de atividades que possibilitem a construção do conhecimento via inclusão de aspectos históricos e epistemológicos da ciência em cursos de graduação, foi constituído, no fim do ano de 2006, o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia (GPEB), formado por professores universitários, pós-graduandos em Educação para a Ciência e alunos de graduação de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma instituição pública de Ensino Superior.

As atividades do GPEB são pautadas por aspectos filosóficos da biologia e centradas na discussão sobre a natureza do conhecimento científico. Elas partem da perspectiva de que a formação do pesquisador está relacionada à vivência das dificuldades da área, o convívio em um grupo de pesquisa, o reconhecimento da importância do levantamento de hipóteses diante de questões de pesquisa e da tentativa

de obter respostas, mesmo que temporárias, para determinados problemas (Meglhioratti *et al.*, 2007).

Em um momento inicial de formação do GPEB, foi proposto, para fins didáticos, um modelo didático epistemológico para a organização do conhecimento biológico, representado pelas relações entre nível ecológico-evolutivo, nível do organismo e nível genético-molecular. Esses níveis serviram de subsídios para ancorar três pesquisas de doutorado em Ensino de Biologia, cada uma centrada em um dos níveis propostos e orientadas por uma visão evolutiva dos fenômenos biológicos. No ano de 2007, Fernanda Aparecida Meglhioratti iniciou estudos sobre os conceitos de vida e de organismo (Meglhioratti, 2009). No ano de 2008, Mariana A. Bologna Soares de Andrade iniciou pesquisa tendo como foco as atuais discussões sobre interação e expressão gênica (Andrade, 2011). Em 2009, Fernanda da Rocha Brandó organizou as atividades de pesquisa em torno da ecologia, priorizando as questões teóricas e de ensino de conceitos ecológicos (Brandó, 2010).

Ao longo desses anos, os participantes do GPEB realizaram diferentes subatividades de pesquisa que resultaram em elaboração de artigos voltados às conexões entre seus objetos de estudo e as discussões realizadas no grupo.

O presente trabalho centra sua análise no desenvolvimento das discussões do GPEB no ano de 2009, que priorizaram aspectos teóricos e de ensino de ecologia.

O percurso metodológico partiu da aplicação de um questionário, visando o levantamento de concepções dos participantes a respeito da ecologia e seguiu para a leitura e análise crítica de textos previamente escolhidos para discussão. Em momento posterior, ocorreu a elaboração de sequências didáticas, a fim de avaliar de que modo as sequências produzidas traduziam o modelo didático epistemológico proposto, explorando, desse modo, a interação entre conceitos de diferentes níveis de organização biológica.

O objetivo deste artigo é apresentar o desenvolvimento desse processo, procurando explicitar como os participantes do grupo se apropriaram do conteúdo tratado no GPEB durante o ano de 2009, tendo em vista o embasamento teórico sobre alguns conceitos da ecologia e

a contextualização histórica e epistemológica do conhecimento ecológico.

2 A ECOLOGIA COMPONDO O SISTEMA TRIÁDICO BÁSICO DE ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO

Considerando que uma abordagem hierárquica pode facilitar a organização e integração didática do conhecimento biológico, tomamos como base o modelo do estruturalismo hierárquico de Stanley N. Salthe (1985, 2001).

Salthe parte do pressuposto de que na delimitação de um fenômeno de interesse é possível estabelecer três níveis de organização: 1) o nível superior, que delimita e restringe as possibilidades do fenômeno estudado; 2) o nível focal, no qual se encontra o fenômeno de interesse; 3) o nível inferior, constituído por elementos e processos, que por meio de suas interações, geram o fenômeno de interesse que se encontra no nível focal (Salthe 1985, 2001).

Dentro desta perspectiva teórica, o grupo considerou três níveis hierárquicos de organização do conhecimento biológico, compreendidos por: [ecológico (ambiente externo) [orgânico (organismo) [molecular e/ou celular (ambiente interno)]]]. O organismo foi considerado como ponto focal ancorando as relações entre ambiente externo e interno.

Entendemos que para uma melhor compreensão de determinado “organismo” seja necessário considerá-lo como um sistema coeso, no qual emergem propriedades como os comportamentos e certa individualidade. O nível organismo foi considerado nível focal da biologia, pois esta estuda os seres vivos e suas relações, o nível superior como restringindo as possibilidades de ações de organismos individuais e o nível inferior, constituindo as interações moleculares, celulares e tissulares que permitem a organização dos seres vivos.

Consideramos difícil compreender de forma ampla as propriedades que emergem no nível orgânico sem fazer referência ao nível biológico no qual essas propriedades foram geradas, ou seja, o organismo constituiu-se de uma rede de interações moleculares e/ou celulares e o padrão global apresentado no nível orgânico emerge de certa estabilidade dessas interações. Para entender a organização de um

determinado ser vivo é necessário, então, compreender tanto as relações e propriedades emergentes que ocorrem no próprio nível do organismo (nível orgânico) quanto às propriedades de restrição alocadas no nível superior (ecológico – ambiente externo) e as propriedades geradoras do nível inferior (ambiente interno – molecular e/ou celular) (Meglhioratti *et al* 2008).

Michael Begon, John L. Harper e Colin R. Townsend (2005, p. xi), por exemplo, entendem que a ecologia apresenta pelos menos três níveis hierárquicos de interesse: o organismo individual, a população e a comunidade. Para os autores, quando o enfoque está voltado para o organismo, a ecologia ocupa-se do modo como os indivíduos afetam e são afetados pelo seu ambiente (*ibid.*, p. xi). Tratando-se do nível de população, os estudos ecológicos estão voltados para a presença ou ausência de determinadas espécies, da sua abundância ou raridade e das tendências e flutuações em seus números (*ibid.*, p. xi). A ecologia de comunidades trata da composição e organização de comunidades ecológicas (*ibid.*, p. ix). Além desses estudos, os ecólogos, segundo os autores, estudam as rotas seguidas pela energia e pela matéria à medida que estas se movem através dos organismos vivos e não-vivos (*ibid.*, p. xi). Esse tipo de estudo é entendido como o ecossistema e, mais especificamente, como a comunidade e o seu ambiente físico (*ibid.*, p. ix).

Contudo, não se pode perder de vista que existem características específicas, de cada sistema biológico, que só emergem devido à forma com que os indivíduos se organizam, e que a interação entre os seres vivos e o ambiente físico de cada nível hierárquico produz sistemas funcionais característicos. Desse modo, a ecologia, que tem como objeto de estudo as interações que ocorrem no mundo natural, apresenta-se de modo complexo, o que inviabiliza seu entendimento apenas pelo estudo de suas partes, ou seja, os sistemas biológicos que fazem parte de seu objeto de estudo.

De acordo com esse entendimento, utilizar um enfoque ecológico como estratégia de ensino significa levar em conta as interações dos seres vivos entre si e com o ambiente externo, considerando que a sobrevivência, as interações e a adaptação de um organismo ao seu meio também dependem de sua constituição molecular e celular.

3 METODOLOGIA

Esta investigação apresenta uma abordagem qualitativa caracterizada por uma amostra direcionada, ou seja, uma seleção de casos para estudos que ofereçam manifestações úteis ao fenômeno de interesse (Patton, 2002).

Fizeram parte desta pesquisa dez participantes do GPEB que frequentaram o grupo no ano de 2009 sendo que, nosso fenômeno de interesse foi o desenvolvimento das atividades do grupo como um todo e não as contribuições pontuais desses participantes.

Para a coleta de dados utilizamos três instrumentos: 1. um questionário; 2. a observação participante, no sentido de possibilitar que o pesquisador observasse o contexto a partir da perspectiva de membro do grupo (Flick, 2004, p. 152); 3. a coleta de documentos, considerados como “qualquer registro escrito que possa ser usado como fonte de informação” (Alves-Mazzotti e Gewndsznajder, 1998, p. 169).

A estratégia de análise dos dados pressupõe uma análise indutiva e uma síntese criativa. Patton (2002) considera que esta estratégia requer imersão nos detalhes e especificidade dos dados para descobrir padrões importantes, temas e inter-relações, iniciando-se pela exploração seguida da confirmação, guiada mais por princípios analíticos do que por regras, e terminando com uma síntese criativa.

Em um primeiro momento das atividades, foi aplicado um questionário para o levantamento de concepções dos participantes acerca da ecologia. Este questionário foi elaborado com perguntas abertas e respondido individualmente de forma escrita.

Após esse levantamento inicial, as atividades posteriores foram pautadas em leituras e discussões críticas de livros e textos previamente selecionados.

Ao final, propusemos aos integrantes do grupo que elaborassem sequências didáticas sobre o conhecimento biológico. Para tanto, solicitamos que selecionassem e tratassem um conceito ecológico (nível ecológico) presente no Ensino Médio, de maneira que, ao abordá-lo, pudessem ser explorados outros níveis de organização do conhecimento biológico, evidenciando assim a interdependência entre os fenômenos ecológicos e os níveis de organização biológica tratados no grupo.

Os materiais escritos elaborados pelos alunos – respostas ao questionário e versão escrita das sequências didáticas – assim como as discussões críticas das fontes bibliográficas apresentadas para leitura – gravadas e transcritas com consentimento de todos – foram analisados com vistas à identificação de padrões pertinentes ao estudo e de forma que permitissem organizar as principais concepções construídas pelos participantes ao longo das atividades desenvolvidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O questionário aplicado no início das atividades abrangeu as seguintes perguntas:

1. O que você entende por ecologia? Explique.
2. Existe(m) alguma(s) questão(ões) que lhe parece(m) controversa(s) dentro deste campo de estudo? Por quê?
3. Qual sua opinião sobre a ecologia ser apresentada, muitas vezes, no contexto de ensino, sob diversas abordagens? Você identifica isso?
4. Para você, quais são os fundamentos da ecologia? Discorra brevemente.

Nas respostas dadas à primeira questão, as concepções estiveram, em sua maioria, centradas no estudo sobre as interações entre fatores bióticos e abióticos. Tais fatores foram descritos de diferentes formas: referem-se aos fatores bióticos como seres vivos, organismos, espécies; referem-se aos fatores abióticos sendo o ambiente, habitat e nível externo.

Durante as discussões, as concepções sobre o objeto de estudo da ecologia foram relacionadas como algo externo a qualquer organismo. Para exemplificar, os participantes utilizaram a bactéria presente no trato digestório do corpo humano, tendo este como ambiente, que apresenta condições abióticas tais como temperatura, pressão corpórea e acidez estomacal.

Ao serem indagados se a concepção de ambiente como nível externo ao organismo de referência era uma concepção que já traziam antes de participar do GPEB, a maioria relatou que não, explicando que durante a escolaridade básica, muitas vezes, reforçava-se uma

visão estereotipada do ambiente como “meio ambiente”, ou seja, como paisagem natural.

Ainda quanto à primeira questão, outros aspectos foram discutidos. Por exemplo, a ecologia teria como característica uma dimensão integradora de vários conceitos científicos. Por abordar as interações entre fatores bióticos e abióticos e sendo que tais fatores poderiam ser encontrados em escalas microscópicas ou macroscópicas, a ecologia foi considerada um elo entre as diversas disciplinas da biologia.

Nas respostas dadas à segunda questão, os participantes mencionaram a forma reducionista e pouco representativa dos processos e fenômenos naturais na abordagem de conceitos ecológicos no contexto de ensino. Para o grupo, os conceitos de cadeia e teias alimentares, por exemplo, são abordados de maneira bastante simples, com representações esquemáticas que consideram apenas alguns indivíduos envolvidos no processo, em detrimento de outros importantes, e por serem organizados, na maioria das vezes, de uma forma estanque e linear. Além disso, quando discutiram as representações esquemáticas do conceito de sucessão ecológica, consideraram sua forma de apresentação pouco contextualizada com a biodiversidade brasileira.

Diante dessas percepções, enfatizamos a pertinência de um tratamento didático das relações ecológicas, especialmente na Educação Básica, que contemple exemplos mais próximos do ambiente de estudo dos alunos e que considere a realidade da biodiversidade local. Muitas vezes, durante o Ensino Superior, os livros de ecologia utilizados são de autores estrangeiros e os exemplos citados para ilustrar determinados conceitos, teorias ou processos biológicos e ecológicos não condizem com a realidade do Brasil. Nesse caso, cabe ao graduando extrapolar esse aprendizado, utilizando exemplos mais contextualizados à nossa biodiversidade.

Sob esse ponto de vista, os participantes discutiram a falta de estudos que organizem os dados empíricos produzidos em ecologia para fins didáticos na Educação Básica.

Além disso, muito se tem apontado para a carência de estudos voltados para a ecologia teórica. Geraldo W. Fernandes (2004, p. 07), ressalta que, no contexto brasileiro, “talvez uma das principais razões pela qual tenhamos avançado menos do que potencialmente poderí-

amos é o fato de que são poucas as sínteses realizadas por nós”. Para Angelita S. Coelho, Rafael D. Loyola e Maria Betânia G. Souza (2004, p. 09), a teoria é fator relevante e base para a construção do conhecimento científico; porém, a contribuição teórica de ecólogos brasileiros é escassa e a produção de conhecimentos nessa área ainda é muito dependente da obtenção de dados empíricos.

Ainda com relação à questão 2, também foram discutidos alguns aspectos sobre a construção de conceitos por pesquisadores da área, tais como o conceito de nicho ecológico.

Por meio da questão 3 pretendíamos explorar as concepções do grupo sobre as diversas formas de apresentação da ecologia no contexto de ensino, mais especificamente na graduação, no que diz respeito às disciplinas e áreas conhecidas como Ecologia de Populações, Ecologia de Comunidades, Ecologia de Ecossistemas e Ecologia Humana.

Nas respostas escritas, os participantes não explicitaram claramente suas visões sob este ponto de vista. Mas, ao discutirem a questão, consideraram o fato de esses diferentes enfoques estarem relacionados aos campos teóricos ou mesmo com o processo de construção da área de pesquisa em ecologia e suas tradições de pesquisas, que abrangem objetos de estudos diversos. Nessa perspectiva, discutiram os possíveis conflitos que poderiam existir ao adotar um tratamento didático da ecologia baseado apenas em um determinado campo teórico sem evidenciar a articulação com os demais.

Na quarta questão tínhamos a intenção de que o grupo expusesse suas ideias centrais sobre os estudos da ecologia. Embora as respostas escritas estivessem mais relacionadas à concepção de interação entre fatores bióticos e abióticos como o principal fundamento da ecologia, a discussão oral retomou um aspecto importante sobre seu status de ciência.

Essa discussão revelou a dificuldade do grupo em entender a ecologia como uma área do conhecimento com características específicas. Para alguns, a ecologia foi considerada uma disciplina ou parte da biologia; para outros uma área relativamente nova, o que dificultaria sua aceitação como ciência. Nessa perspectiva, Jean-Marc Drouin (1998) explicita que os fenômenos estudados hoje pela ecologia já

tinham sido objetos de estudo antes do fim do século XIX. (Drouin, 1991, p. 28).

Percebemos enfim, que neste questionário inicial, alguns participantes já mencionaram a existência de uma relação entre os níveis hierárquicos do conhecimento biológico, fruto das discussões anteriores do grupo. No entanto, ainda não relacionavam as questões de genética molecular e/ou celular com a ecologia.

Entendemos que essa atividade permitiu avançar nas discussões sobre as implicações dos estudos de história e epistemologia da ecologia para o ensino de biologia. Por meio desse diagnóstico foi possível programar as atividades do grupo de maneira que os participantes pudessem enfrentar os problemas por eles elencados, fazendo uso dos estudos de interface, visando especialmente a aplicação desse arcabouço teórico em estratégias didáticas mais condizentes com a construção do conhecimento científico e a organização do conhecimento biológico.

4.1 Desenvolvimento de concepções: construindo uma ideia sobre a área da ecologia

A fim de aprofundar as questões abordadas no questionário inicial, escolhemos quatro estudos para leitura e discussão crítica.

A partir da leitura do livro *Reinventar a natureza*, de Jean-Marc Drouin (1991), o grupo discutiu a questão histórica e epistemológica na qual a ecologia foi e vem sendo construída.

Por meio do texto “O fantasma teoria”, de Rogério P. Martins e Francisco A. Coutinho, o grupo discutiu a necessidade de reflexões epistemológicas por parte dos ecólogos. Para os autores o interesse pela história da ecologia, por ser limitado, acaba sendo um obstáculo ao seu desenvolvimento teórico (Martins & Coutinho, 2004, pp. 15-26).

O texto “A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas”, de Fábio Scarano e André Dias, levou à discussão do papel da identidade de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas e foi apresentado sob uma perspectiva de possível integração didática entre as “sub-disciplinas” da ecologia (populações, comunidades, ecofisiologia e ecossistemas) (Scarano & Dias, 2004, pp. 43-60).

Para completar a atividade de análise o texto intitulado “Ecologia, ecologismo e abordagem ecológica no ensino de ciências naturais: variações sobre um tema”, de Laura Inés Lacreu, permitiu refletir sobre o ensino de ciências naturais por meio de uma abordagem ecológica e destacar a importante e necessária discriminação entre os termos “ciência da ecologia” e “ecologismo” (Lacreu, 1998, pp. 127-151).

5 APLICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES CONSTRUÍDAS: SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA

Este tópico apresenta a análise das propostas de sequências didáticas desenvolvidas pelos participantes do GPEB, assim como as discussões que delas decorreram.

A exposição dos dados referentes às sequências didáticas e a análise realizada estão estruturadas no Quadro 1, que apresenta os objetos de estudo de cada sequência e os respectivos níveis de organização do conhecimento biológico de acordo com o modelo didático-epistemológico proposto. Dessa forma, o Quadro 1 ilustra se tal organização foi contemplada nas sequências didáticas elaboradas pelos 4 grupos de trabalho.

O Grupo 1 discorreu sobre o efeito acumulativo dos agrotóxicos nos diferentes níveis de organização biológica, especialmente no nível molecular, abordagem pouco usual no ensino. O grupo enfatizou a importância de um tratamento didático que priorizasse a construção do conceito por parte do aluno aprendiz. Explorou a relação homem e natureza por meio de uma perspectiva na qual o ser humano age e sofre pela sua intervenção no meio. Relatou que a proposta solicitada foi difícil de ser desenvolvida, mesmo por eles que frequentavam o nível superior de ensino.

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Objeto de estudo na sequência didática		Agrotóxicos e relações entre fauna e flora	Interações ecológicas	Efeito estufa e digestão de ruminantes	Cadeia alimentar e respiração celular
Articulação entre os níveis de organização biológica	Ecológico	Ambiente natural			População
	Orgânico	Corpo humano e seres vivos utilizados como alimento			Organismo
	Genético-molecular	Célula humana e célula dos organismos utilizados como alimento			Célula
Conceitos explorados no nível ecológico		Resíduos tóxicos, seleção de espécies resistentes, controle biológico			População animal, população vegetal, decompositores
Conceitos explorados no nível organismo		Alimentação, digestão			Alimentação, digestão, respiração pulmonar
Conceitos explorados no nível genético/molecular		Absorção de nutrientes, mutações genéticas			Fotossíntese, respiração celular
Tema integrador entre os níveis		Efeitos dos agrotóxicos	Interações ecológicas	Digestão animal	Fluxo de energia

Quadro 1: Síntese das relações estabelecidas entre os níveis de organização do conhecimento biológico na construção de sequências didáticas.

O Grupo 2 mostrou sua preocupação com o ensino de biologia ao apontar os problemas de exposições didáticas nas quais prevalecem a categorização das interações ecológicas mediante uma perspectiva humana. Essa perspectiva, segundo o grupo, revela uma visão antropomorfizada das interações ecológicas, recorrente no discurso de

professores e manuais didáticos de biologia para a Educação Básica. Embora este grupo não tenha explorado sistematicamente a interação entre os três diferentes níveis de organização biológica na proposta escrita, durante a apresentação oral os integrantes explicaram as relações de competição que influem no limite de tolerância de uma espécie e sua expressão gênica, o que denominaram plasticidade fenotípica.

O Grupo 3 relatou sua dificuldade em entender a proposta. Em um primeiro momento, apresentaram o conceito de organela e o processo de meiose e mitose como tema a ser desenvolvido na proposta da sequência didática. Contudo, a abordagem proposta não permitia a discussão desejada, pois não explorava a interação com os níveis de organização biológica expostos. Além disso, a proposta não partia de um conceito ecológico segundo as orientações dadas para a realização desta atividade. Diante disso, solicitou-se que o Grupo 3 se reunisse novamente e elaborasse outra proposta por meio dos critérios estabelecidos. Mas, apesar da nova proposta partir de um tema bastante interessante (a relação entre o efeito estufa e a digestão de ruminantes) e apresentar um conceito (digestão) que permitisse uma discussão integrada dos níveis de organização biológica, o grupo não explorou tais potencialidades.

O Grupo 4 problematizou a falta de articulação entre alguns conceitos biológicos no tratamento didático de respiração celular aeróbica e cadeia alimentar. Para eles, no contexto de ensino, durante a explicação de conceitos e processos relacionados a estes temas, não ficava claro aos alunos aprendizes que a glicose, utilizada na respiração celular, poderia ser obtida direta ou indiretamente dos vegetais, implicando um entendimento mais relacional desse processo com o fluxo de matéria e energia estudado a partir do tema cadeia alimentar. Uma compreensão pouco integrada desses processos poderia, segundo este grupo, acarretar distorções conceituais. Sob este ponto de vista, outros participantes do GPEB sugeriram que se inserissem nesta proposta algumas discussões relacionadas à diabetes. Desse modo, contribuíram para uma abordagem sobre a relação homem e natureza, uma vez identificada essa necessidade no tratamento didático das relações estabelecidas entre os níveis tróficos da cadeia alimentar.

De acordo com o exposto, percebemos que todos os grupos se propuseram a trabalhar com temas interessantes, que permitiam a relação e integração entre os três níveis de organização biológica de forma diferente do que comumente observamos no contexto da escolaridade básica. Os grupos 1 e 4 exploraram o tema com atividades que abarcavam o conhecimento biológico em relação aos três níveis propostos. O grupo 2, apesar de apresentar uma proposta escrita mais concisa com relação ao potencial didático do tema, nas discussões com os outros participante do GPEB, evidenciou as relações estabelecidas entre os níveis, indicando-nos que o grupo se apropriou das discussões ocorridas. O grupo 3, propôs um tema que permitiria compor uma sequencia didática que articulasse os níveis de organização biológica, o que de fato não ocorreu. Isto nos sugere uma dificuldade relacionada à elaboração de estratégias didáticas integradoras do conhecimento biológico, muitas vezes enfrentada pelos professores em exercício, quando não promovem uma visão articulada do conhecimento biológico. Porém, para melhor analisarmos essa questão, precisaríamos de mais dados empíricos que nos permitissem estabelecer considerações sobre o ocorrido.

6 ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO DO GRUPO DE PESQUISAS EM EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA NO ANO DE 2009

Durante as discussões realizadas no GPEB no ano de 2009, especialmente aquelas decorrentes da apresentação das propostas de sequências didáticas, os participantes manifestaram suas opiniões, dificuldades e sugestões a respeito da prática ocorrida neste espaço de estudo e desenvolvimento de pesquisa.

Assim, discutiram que abordagens integradoras, como as consideradas pelo GPEB, não são comumente exploradas por professores na Educação Básica ou mesmo no Ensino Superior. Também, criticaram os livros didáticos, considerado um importante instrumento de ensino dos professores, mas que muitas vezes apresenta os conceitos de uma forma reducionista e com abordagens fragmentadas do conhecimento biológico. Expuseram suas próprias dificuldades na proposição de estratégias didáticas e desenvolvimento de metodologias que pudessem superar a apresentação pouco articulada do conheci-

mento biológico no ensino e evidenciaram a necessidade dessa prática na formação inicial e continuada de professores e pesquisadores em biologia.

De acordo com essas evidências, entendemos que as atividades do GPEB diferem, sem juízo de valor, da forma tradicional de ensino, pois exploram uma nova forma de pensar e sistematizar o conhecimento. Isto não significa que esta forma se sobressaia sobre aquela ou sobre outras, mas que tem potencial para ser mais explorada no contexto de ensino.

No quadro 2, descrevemos as sínteses dos dados coletados nas atividades do GPEB no ano de 2009, procurando apresentar uma análise comparativa desse processo.

Levantamento de concepções iniciais	Desenvolvimento das concepções	Aplicação das concepções construídas
<ul style="list-style-type: none"> - apresentam ideias gerais sobre a ecologia, como o estudo das interações entre fatores bióticos e abióticos; - questionam a forma como alguns conceitos ecológicos são apresentados no contexto de ensino; - não entendem o porquê da ecologia se apresentar no contexto de ensino sob diferentes abordagens; - consideram interessante a ecologia apresentar conceitos que são e podem ser discutidos em diversas disciplinas da biologia; - estabelecem relações entre alguns níveis hierárquicos do conhecimento biológico organizados para fins de estudos no GPEB. 	<ul style="list-style-type: none"> - estudam textos sobre história e epistemologia da ecologia; - discutem alguns sistemas ecológicos de forma aplicada aos problemas ambientais atuais; - discutem os ambientes privilegiados para exemplificar os estudos em ecologia; - discutem os conceitos de interações ecológica e sucessão ecológica de forma contextualizada com a realidade brasileira. 	<ul style="list-style-type: none"> - apresentam distintas formas de construção de seqüências didáticas; - percebem as discussões do GPEB em diferentes níveis de aprofundamento, se concretizando em diferentes propostas de seqüências didáticas, sendo mais coerentes àquelas que não perdem de vista o ensino de conceitos biológicos de forma integradora.

Quadro 2: Análise comparativa do desenvolvimento do GPEB no ano de 2009.

Pela dificuldade em pontuar exatamente o momento no qual os alunos passaram a entender que a construção dos conceitos ecológicos está relacionada aos fatores históricos, sociais, geográficos e aos enfoques, teorias e pesquisas na ecologia, achamos pertinente identificar essas formulações como sendo aquelas que os alunos construíram ao final de um processo, mesmo sabendo que estas se deram ao longo de todo ele. Neste sentido, consideramos como aplicação das concepções construídas, além da atividade prática de elaboração de sequências didáticas, as discussões e observações feitas ao longo de todas as atividades.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da ecologia, levando em conta os aspectos históricos e epistemológicos, permitiu aos participantes do GPEB uma melhor compreensão sobre os campos teóricos da ecologia, de maneira que, ao aprofundarem seus estudos nessas perspectivas teóricas, passaram a entender a ecologia como uma área composta de diferentes conhecimentos, teorias e conceitos. Estes foram mais bem estudados e compreendidos fazendo uso da história da ecologia a fim de entender as tradições de pesquisa e os diferentes ambientes escolhidos como objetos de estudo.

As discussões sobre a elaboração das sequências didáticas evidenciaram a necessidade destas vivências para um exercício mais contínuo de relacionar conceitos das ciências biológicas, normalmente tratados em diversas disciplinas específicas. Assim, mesmo na dificuldade em compor estratégias didáticas que tratassem os níveis de organização do conhecimento biológico segundo um modelo didático-epistemológico, os temas propostos permitiriam essa aplicação tendo como ponto de partida os aspectos relacionados à ecologia. Os grupos de trabalho confrontaram-se com suas dificuldades na tentativa de um tratamento didático articulado e apresentaram diferentes respostas à esse enfrentamento. Sugerimos que as dificuldades encontradas vinculam-se ao modo pensar e construir o conhecimento de forma interdisciplinar, relacionando a interdependência entre os processos e os fenômenos biológicos por meio de conceitos e temas integradores.

A discussão de conceitos ecológicos em um contexto aplicado da vida cotidiana e contextualizada à biodiversidade brasileira foi uma forma significativa de construção de conceitos em uma rede conceitual integrada. Indicamos, assim, a necessidade de práticas didáticas sob uma perspectiva de tratamento articulado dos conceitos biológicos que enquadre uma grande gama de conceitos que, ao serem estudados e relacionados uns com os outros, passam a ser mais significativos aos alunos na explicação de processos e fenômenos ecológicos e biológicos.

Evidenciamos a pertinência de espaços durante a formação de professores e pesquisadores nos quais ocorra a discussão de conceitos científicos de forma integrada, contextualizada, considerando os processos históricos de construção do conhecimento. Em especial, espaços nos quais os professores em formação possam administrar as problemáticas de ensino relacionadas às abordagens fragmentadas e reducionistas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa de doutorado concedida à primeira autora (FAPESP- Processo 06/58442-5) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo auxílio concedido ao Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia - GPEB (CNPq – Processo 481790/2007-1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira, 1998.
- ANDRADE, Mariana A. B. S. *A epistemologia da Biologia na formação de pesquisadores: compreensão sistêmica de fenômenos moleculares*. Bauru, 2011. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru.
- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin. R.; HARPER, Jonh L. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4th ed. Oxford: Blackwell, 2005.
- BRANDO, Fernanda R. *Proposta didática para o ensino médio de biologia: as relações ecológicas no cerrado*. Bauru, 2010. Tese (Doutorado em Edu-

- cação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, campus de Bauru.
- CALDEIRA, Ana Maria A. Didática e epistemologia da Biologia. Pp. 65-79, *in*: CALDEIRA, Ana Maria A.; ARAÚJO, Elaine S. N. N. (Orgs). *Introdução à Didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2009.
- CALDEIRA, Ana Maria A.; BASTOS, Fernando. A Didática como área de conhecimento Pp. 07-28. *in*: CALDEIRA, Ana Maria A.; ARAÚJO, Elaine S. N. N. (Orgs). *Introdução à Didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2009.
- CHIZZOTTI, Antonio. *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 2001.
- COELHO, Angelita S.; LOYOLA, Rafael D.; SOUZA, Maria Betânia G. (eds.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- DROUIN, Jean. *Reinventar a natureza*. Trad. Armando P. da Silva. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.
- FERNANDES, Geraldo W. Apresentação. Pp. 7-8, *in*: COELHO, Angelita S.; LOYOLA, Rafael D.; SOUZA, Maria Betânia G. (eds.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- FLICK, Uwe. *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Bokman, 2004.
- LACREU, Laura I. Ecologia, Ecologismo e abordagem ecológicas no ensino de ciências naturais: variações de um tema. Pp. 127-151, *in*: WEISSMANN, Hilda. *Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.
- LOYOLA, Rafael D.; SOUZA, Maria Betânia G.; COELHO, Angelita S. Desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil. Pp. 9-13, *in*: COELHO, Angelita S.; LOYOLA, Rafael D.; SOUZA, Maria Betânia G. (eds.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- MARTINS, Rogério P.; COUTINHO, Francisco A. O fantasma teoria. Pp. 15-26, *in*: COELHO, Angelina S.; LOYOLA, Rafael D.; SOUZA, Maria B. G. (eds.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- MEGLHIORATTI, Fernanda A. *O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biolo-*

- gia. Bauru, 2009. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, campus Bauru.
- MEGLHIORATTI, Fernanda A; ANDRADE, Mariana A. B. S.; BRANDO, Fernanda R.; CALDEIRA, Ana Maria A. A compreensão de sistemas biológicos a partir de uma abordagem hierárquica: contribuições para a formação de pesquisadores. *Filosofia e História da Biologia*, **3** (1): 119-138, 2008.
- MEGLHIORATTI, Fernanda A; ANDRADE, Mariana A. B. S.; BRANDO, Fernanda R.; CALDEIRA, Ana Maria A. A formação de pesquisadores em epistemologia da biologia. In: MORTIMER, Eduardo F. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, *Anais...*, Florianópolis: ABRAPEC, 2007.
- O'NEILL, Robert V. Hierarchy theory and global change. In: ROSSEWALL, T.; WOODMANSEE, R.; RISSER, P. (eds). *SCOPE 35 - Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability of Biospheric and Geospheric Processes*, 1988. Disponível em <<http://www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope35/chapter03.html>>. Acesso em: 8 setembro 2008.
- PATTON, Michael Q. *Qualitative research and evaluation methods*. 3ª ed. Thousand Oaks: Sage, 2002.
- SALTHER, Stanley N. *Evolving hierarchical systems: their structure and representation*. New York: Columbia University Press, 1985.
- SALTHER, Stanley N. *Summary of the Principles of Hierarchy Theory*. 2001. Disponível em: <http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html>. Acesso em: 22 junho 2008.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Proposta Curricular para o Ensino de Biologia: 2º Grau*. 3ª ed. São Paulo: SE/CENP, 1992.
- SCARANO, Fábio; DIAS André. A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas. Pp. 43-60, in: COELHO, Angelina S.; LOYOLA, Rafael D.; SOUZA, Maria Betânia G. (eds.). *Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil*. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.

Data de submissão: 05/11/2012.

Aprovado para publicação: 05/12/2012.