



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FACULDADE DE CIÊNCIAS

**PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA**

Fernanda da Rocha Brando

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO DE
BIOLOGIA: AS RELAÇÕES ECOLÓGICAS NO
CERRADO**

**Bauru
2010**

Fernanda da Rocha Brando

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO DE
BIOLOGIA: AS RELAÇÕES ECOLÓGICAS NO CERRADO**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” *Campus* de Bauru –
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de
Ciências, como requisito à obtenção do título de
Doutor em Educação para a Ciência
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria de Andrade
Caldeira.

**Bauru
2010**

Brando, Fernanda da Rocha.

Proposta didática para o Ensino Médio de
Biologia: as relações ecológicas no cerrado /
Fernanda da Rocha Brando, 2010.

217 f. : il.

Orientador: Ana Maria de Andrade Caldeira

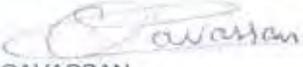
Tese (Doutorado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2006

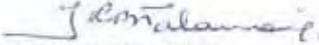
1. Ensino de Ecologia. 2. Epistemologia da
Ecologia. 3. Biossemiótica. 4. Formação de
professores/pesquisadores. 5. Sucessão Ecológica, I.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE FERNANDA DA ROCHA BRANDO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DO(A) FACULDADE DE CIÊNCIAS DE BAURU.

Aos 17 dias do mês de março do ano de 2010, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Pós-graduação/FC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Profa. Dra. ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA do(a) Departamento de Educação / Faculdade de Ciências de Bauru, Prof. Dr. OSMAR CAVASSAN do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. JANDIRA LIRIA B TALAMONI do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru, Profa. Dra. LUZIA MARTA BELLINI do(a) Departamento de Fundamentos Da Educação / Universidade Estadual de Maringá, Prof. Dr. MARCELO TADEU MOTOKANE do(a) Universidade de São Paulo / Campus de Ribeirão Preto, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de FERNANDA DA ROCHA BRANDO, intitulada "PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO DE BIOLOGIA: AS RELAÇÕES ECOLÓGICAS NO CERRADO". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovada. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.


Profa. Dra. ANA MARIA DE ANDRADE CALDEIRA


Prof. Dr. OSMAR CAVASSAN


Profa. Dra. JANDIRA LIRIA B TALAMONI


Profa. Dra. LUZIA MARTA BELLINI


Prof. Dr. MARCELO TADEU MOTOKANE

A Deus que me permite continuar, sempre.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, participaram no desenvolvimento deste trabalho.

À Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira, pela forma como conduziu esta orientação, sempre dedicada, compreensiva e paciente diante dos meus obstáculos conceituais, didáticos, epistemológicos, e como não dizer pessoais. Suas contribuições como professora, pesquisadora e amiga auxiliaram minha formação profissional e pessoal. Muito obrigada.

Ao Prof. Dr. Osmar Cavassan, que se mostrou presente durante todo o desenvolvimento desta pesquisa, me auxiliando nos estudos de conceitos ecológicos, e também pelas correções durante o exame de qualificação. Sem suas considerações, seria difícil entender esses conceitos no contexto de cerrado.

À Profa. Dra. Marta Bellini que, cuidadosamente, corrigiu esta tese como membro da banca no exame de qualificação, oferecendo delicadamente suas contribuições.

A todos os participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, especialmente aos alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas que orientei em pesquisas de iniciação científica. Vocês foram os principais atores na constituição desta tese. Espero ter contribuído para um novo olhar sobre a Ecologia.

Ao programa BIOTA-FAPESP (processo 06/58442-5) pelo auxílio concedido, de fundamental importância na participação em eventos na área, que me proporcionaram ricas vivências acadêmicas, científicas e culturais.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, que contribuíram na minha formação intelectual durante as disciplinas frequentadas e nas “conversas de corredor”.

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, especialmente à Ana Grijo Crivellari e Andressa Ferraz de Castro Talon, pela rapidez e zelo nos serviços prestados.

Às pesquisadoras, professoras e amigas do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, Fernanda Aparecida Meghioratti e Mariana A. Bologna Soares de Andrade, pelas discussões sobre o conhecimento biológico, organização das atividades do Grupo, e produções científicas em conjunto.

Aos amigos do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, Elaine Nabuco, Deivid Marques, Nadja Janke, Fernanda Bozelli, entre tantos outros que estiveram presentes em diferentes momentos da minha vida acadêmica, contribuindo com boas risadas, conselhos, informações e principalmente amizade.

Ao meu querido Luiz Henrique, que expressa seu carinho no companheirismo e cumplicidade do dia a dia, me incentivando com gestos, atitudes e palavras a nunca desistir dos meus sonhos. Obrigada por fazer parte da minha vida.

Aos meus irmãos, Ricardo e Marcelo, pelo incentivo e conselhos constantes quando precisei de palavras amigas, pela sensibilidade que nos une e nos permite recorrer a este forte laço nas dificuldades.

À Família Franco da Rocha, à Família Brando e à Família Fernandez, pela torcida fervorosa no meu desenvolvimento profissional e pessoal.

Aos meus pais, Osvaldo e Ana, que, mesmo na ausência física, se fazem presentes nas minhas realizações. Minhas eternas saudades.

BRANDO, Fernanda da Rocha. Proposta didática para o ensino médio de biologia: as relações ecológicas no cerrado. 2010. 221 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.

RESUMO

O ensino de Ecologia em manuais e na abordagem didática de professores de Educação Básica apresenta-se, de maneira geral, descontextualizado. É comum o uso de exemplos estrangeiros nos manuais didáticos; e os conceitos são tratados de forma fragmentada, expostos em diferentes disciplinas ou eixos temáticos, que desconsideram as interações e interdependência entre os conceitos. Somadas a isso, as abordagens didáticas em Ecologia, geralmente reducionistas, não consideram a complexidade dos fenômenos ecológicos, a história da ciência Ecologia e suas implicações na sociedade atual. Essas questões foram investigadas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, formado por professores universitários, pós-graduandos e alunos de graduação do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do *Campus* da UNESP de Bauru, em dois momentos: (1) durante o desenvolvimento de pesquisas em iniciação científica; (2) durante os encontros do Grupo, nos quais as atividades objetivaram os estudos em Ecologia e o seu entendimento como ciência. Os conceitos de sucessão ecológica e interações ecológicas foram selecionados como integradores da ciência ecológica e, por meio de discussões teóricas e aplicadas desses conceitos, foi possível constituir os dados e as análises da presente tese: (a) desenvolver estudos sobre as relações e interações ecológicas tendo o conceito de comunidade vegetal como elemento central, e sua interdependência com os demais níveis de organização biológica; (b) produzir material didático sobre a diversidade biológica presente em comunidades vegetais de cerrado do interior do Estado de São Paulo, localizado na Reserva Legal do *Campus* da UNESP de Bauru; (c) formar, em nível inicial, professores/pesquisadores capazes de elaborar sequências didáticas para o Ensino Médio de Biologia, mediante a visão integradora da Ecologia.

Palavras chaves: Ensino de Ecologia, Epistemologia da Ecologia, Biossemiótica, Formação de professores/pesquisadores, Sucessão ecológica.

ABSTRACT

The ecology teaching has been regarded as out of context when it is concerned not only to manuals but also to professors' approach. Foreign examples have been commonly used in didactical manuals: the concepts which are addressed in different disciplines or thematic fields are approached in a fragmented way without taking into account, interaction and interdependence among concepts. Besides that the didactical approaches in the Biology field are rather reductionists and do not consider the complexity of ecological phenomena, the History of ecological science and its implications on our current society. Those questions have been investigated by the Research Group for Epistemology of Biology in two moments: (1) during the development of researches in scientific initiation (2) during the group meetings in which the activities aimed the studies in ecology and its understanding as science. The concept of ecologic sequence and the concept of ecological interaction were selected as integrating concepts of ecological science and, by means of theoretical and applied discussions from those concepts, it was possible to build the data and analysis of this present thesis: (a) to develop studies regarding the relations and also the ecological interaction by having the concept of vegetal community as the central element and its interdependence with the remaining levels of biological organization; (b) to produce didactical material about the biological diversity present in vegetable communities at the countryside of São Paulo state, situated at the Legal Reserve of UNESP's campus in Bauru; (c) to graduate on initial level, researches/professors who are able to elaborate didactical sequences to the Biology teaching on high school level within the scope of integrating Ecology.

Key-words: Ecology teaching, Epistemological of Ecology, Biossemiótica, Formation of professors/researchers, Ecological succession.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da pesquisa.....	60
Figura 2 - Proposta de análise dos dados.....	63
Figura 3 - Esquema didático auxiliar sobre o conceito de sucessão ecológica apresentado pelos alunos.....	90
Figura 4 - Esquema de uma sucessão primária ocorrendo em dunas (Fonte: LOPES, S.; ROSSO, S. Biologia- volume único. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005).....	92
Figura 5 - Esquema de uma sucessão secundária ocorrendo em um campo abandonado (Fonte: LOPES, S.; ROSSO, S. Biologia- volume único. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005).....	93
Figura 6 - Fotos de <i>Pyrostegia venusta</i> (Ker) Miers.....	109
Figura 7 - Fotos de frutos de <i>Serjania</i> SP.....	113
Figura 8 - Fotos de frutos de <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul.....	115
Figura 9 - Fotos de <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville.....	117
Figura 10- Diagrama sobre estudos ecológicos na perspectiva ontogenética.....	202
Figura 11- Diagrama sobre estudos ecológicos na perspectiva filogenética.....	203

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Estrutura dos participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia	70
Quadro 2 -	Cronograma de atividades desenvolvidas no 1º semestre de 2009.....	75
Quadro 3 -	Respostas ao questionário classificadas na Categoria 1: "Sucessão como transformação do simples para o complexo" – resultado de pesquisa da Aluna 3.....	94
Quadro 4 -	Respostas ao questionário classificadas na Categoria 2: "Sucessão como transformação um lugar inóspito para um lugar com vida" – resultado de pesquisa da Aluna 3.....	94
Quadro 5 -	Participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia no primeiro semestre de 2009.....	122
Quadro 6 -	Síntese de significação I.....	135
Quadro 7 -	Síntese de significação II.....	139
Quadro 8 -	Síntese de significação III.....	142
Quadro 9 -	Síntese de significação IV.....	146
Quadro 10 -	Síntese de significação V.....	155
Quadro 11 -	Entendimento sobre a participação no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia.....	156
Quadro 12 -	Síntese de significação VI.....	157
Quadro 13 -	Síntese de significação VII.....	163
Quadro 14 -	Síntese das propostas didáticas elaboradas pelos alunos do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia.....	166
Quadro 15 -	Síntese das relações estabelecidas nas sequências didáticas entre os níveis de organização para estudo do conhecimento biológico.....	171
Quadro 16 -	Síntese de significação VIII.....	172
Quadro 17 -	Sínteses de significações construídas ao longo das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico desenvolvido no primeiro semestre de 2009.....	186
Quadro 18 -	1ª Fase: Exercício inicial que proporcionou a elaboração da proposta investigativa no campo das relações ecológicas.....	196
	2ª Fase: A organização do trabalho de pesquisa em diagramas que nos permitiram identificar as categorias de análise.....	197
	3ª Fase: As conclusões possíveis em nível de generalidade e passíveis de novas significações em constante processo sógnico.....	198

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	12
PERCURSO DA PESQUISADORA	12
O PROBLEMA DE PESQUISA	14
CAPÍTULO 1 - ENSINO DE ECOLOGIA	19
1.1. A Biologia no Ensino Médio.....	21
1.2. A ciência ecológica.....	24
1.3. O ensino de Biologia com abordagem ecológica	26
CAPÍTULO 2 – ECOSSISTEMAS COMO UNIDADE DE ENSINO	33
2.1. O cerrado.....	34
2.2. O cerrado do Estado de São Paulo.....	36
2.3. O cerrado do município de Bauru.....	37
2.4. As comunidades do cerrado da Reserva Legal do <i>Campus</i> de Bauru da UNESP.	38
CAPÍTULO 3 – UMA PROPOSTA DE ESTUDOS ECOLÓGICOS: A SEMIÓTICA COMO REFERENCIAL	41
3.1. Ecologia de comunidades e seu objeto de estudo.....	45
3.2. Nicho ecológico.....	53
3.3. Proposição de um diagrama.....	56
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DA PESQUISA	59
4.1. A formação do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia.....	64
4.2. A dinâmica do Grupo.....	67
4.3. As atividades desenvolvidas para os estudos sobre o nível ecológico.....	71
4.3.1. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica.....	71
4.3.2. Atividades desenvolvidas sobre o nível ecológico no 1º semestre de 2009.....	73
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
5.1. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica.....	79
5.1.1. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica sobre o conceito de sucessão ecológica.....	80
5.1.1.1. Acompanhamento das pesquisas.....	81
5.1.1.2. Produções de pesquisa.....	88
5.1.2. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica sobre o conceito de interações ecológicas.....	95
5.1.2.1. Estudo fenológico como instrumento de ensino de conceitos ecológicos.....	96
5.1.2.2. Proposta didática: o estudo do conceito interações ecológicas.....	98
5.1.2.3. Acompanhamento da pesquisa.....	98
5.1.2.4. Produção de pesquisa.....	107

5.2.	As atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico.....	120
5.2.1.	Levantamento de concepções iniciais.....	123
5.2.2.	Evolução das concepções.....	135
5.2.2.1.	Sexto encontro.....	135
5.2.2.2.	Sétimo encontro.....	139
5.2.2.3.	Oitavo encontro.....	142
5.2.2.4.	Nono encontro.....	146
5.2.2.5.	Décimo encontro.....	155
5.2.2.6.	Décimo terceiro encontro.....	157
5.2.3.	Aplicação das concepções construídas.....	163
5.3.	O material didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado.....	173
CAPÍTULO 6 – ANÁLISE DOS DADOS.....		176
6.1.	Análise das orientações de pesquisas de iniciação científica.....	176
6.1.1.	Aspectos didáticos.....	177
6.1.2.	Aspectos conceituais.....	179
6.1.3.	Aspectos epistemológicos.....	183
6.2.	Análise das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico.....	185
6.2.1.	Aspectos conceituais.....	187
6.2.2.	Aspectos didáticos.....	189
6.2.3.	Aspectos epistemológicos.....	191
CAPÍTULO 7 – ANÁLISE SEMIÓTICA DO PROCESSO.....		193
7.1.	Diagrama sobre estudos ecológicos.....	199
8.	CONCLUSÕES.....	205
REFERÊNCIAS		211
ANEXO A – Respostas escritas dos alunos ao Questionário 1		
APÊNDICE – Conhecendo Botânica e Ecologia no cerrado		

INTRODUÇÃO GERAL

PERCURSO DA PESQUISADORA

Desde os primeiros anos de minha vida, tive a oportunidade de estar em contato com os ambientes naturais. Meus avós maternos moravam em um sítio, no interior do Estado de São Paulo, na cidade de Pederneiras, e lá eu passava minhas férias escolares. Foi lá que comecei minha vida de “naturalista amadora”, adentrando o mundo da percepção.

Durante a Educação Básica, aprofundi-me nesse mundo, por meio das ciências naturais, e assim, relacionei minhas percepções de infância com os conhecimentos da Biologia.

Pude, felizmente, contar com o grande incentivo de minha mãe, Ana Franco da Rocha Brando, bióloga de profissão, e por natureza, grande amante de sua profissão docente. Lembro-me dela estudando e preparando suas aulas, com metodologias diferenciadas, elaborando, sempre que possível, sequências didáticas para que os alunos experenciassem os conceitos tratados. Com ela aprendi os conceitos biológicos que, na escola, eram muito difíceis de entender.

Assim, na época do vestibular escolhi a Biologia como curso de graduação, mas não queria ser professora, por causa do *status* dessa profissão. Pretendia trabalhar no laboratório, vestida de branco, preferencialmente.

Já na graduação, durante um estágio em um laboratório de análises clínicas, descobri o que realmente não queria fazer: trabalhar em um laboratório. Precisava de espaço, de gente, de contato com o ambiente natural.

Após essa descoberta, vivenciei uma experiência em outra área da Biologia. Fui trabalhar em projetos sociais, no período de férias da faculdade, em comunidades carentes no

interior do Estado de Tocantins e Bahia. Ali, ensinávamos as pessoas a construir estufas e produzir mudas para o cultivo de hortaliças, explicávamos sobre a importância das matas ciliares, a necessidade do sanitarismo, e orientávamos alguns interessados, organizados em cooperativas, sobre atividades de apicultura. Esta experiência ocorreu na época de férias da faculdade, nos meses de julho e dezembro, durante os três últimos anos do curso. Também, nesse período, tive meu primeiro trabalho nesta mesma área, com projetos sociais, na cidade de Bauru, como orientadora de Educação Ambiental e Jardinagem.

Desenvolver pesquisa foi um dos meus objetivos. Após ingressar no mestrado em Educação para a Ciência, tive a oportunidade de conhecer minha orientadora, Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira, com quem comecei a descobrir o mundo acadêmico.

O objeto de pesquisa de minha dissertação de mestrado foi delimitado, de certa maneira, remetendo-se à minha história de graduanda e foi suscitado durante as aulas de estágio de docência, na disciplina de Didática para alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Estes alunos referiam-se ao futuro profissional apenas como pesquisadores de áreas específicas em detrimento da atividade docente. Desse modo, levantei o problema: qual a identidade dos alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas com o curso frequentado? Como era de se esperar, os resultados dessa pesquisa evidenciaram que muitos ingressavam neste curso com o objetivo de se tornarem pesquisadores de áreas específicas, e não professores. Era o que também pensava na época da minha graduação!

Ingressando no doutorado, resolvi retomar uma das áreas de que mais gostava na Biologia: a Ecologia. Minha intenção era voltar a explorar o ambiente natural, procurando reproduzir um pouco desse meu percurso, utilizando os saberes experienciais, os conteúdos científicos e a formação inicial a fim de propiciar momentos nos quais alunos de licenciatura pudessem vivenciar e desenvolver pesquisas em ensino de Ecologia.

O PROBLEMA DE PESQUISA

Em manuais didáticos e abordagens de professores, na Educação Básica, é recorrente o uso de imagens estrangeiras para ilustrar as explicações sobre conceitos ecológicos. Pinheiro da Silva e Cavassan (2005) evidenciam o problema da presença marcante de paisagens e espécies estrangeiras nas imagens trazidas pelos livros didáticos de escolaridade básica em detrimento daquelas características do Brasil, mais próximas da realidade dos alunos. Os autores ressaltam que a presença dessas imagens pode ser importante, pois o conhecimento não deve ser limitado ao nosso bairro, cidade, capital, estado ou país, mas seu uso deve contemplar momentos adequados ao tema trabalhado, considerando-se o próprio conteúdo.

Além da referida descontextualização, verificamos que os conceitos ecológicos são tratados no ensino, de maneira geral, de forma fragmentada pelas diversas disciplinas da Biologia, como a Genética, a Zoologia, a Botânica, a Fisiologia, a Anatomia e outras, ou no corpo teórico de uma mesma disciplina, sem considerar as interações e interdependência entre os conceitos, não permitindo ao aluno a compreensão integrada dos conceitos ecológicos.

Entendendo que a Ecologia é uma ciência integradora de conceitos biológicos, os problemas anteriormente citados nos levaram a indagar: É possível ensinar conceitos biológicos por meio de um enfoque ecológico? Como articular conhecimentos produzidos na academia com ensino de Biologia?

Mediante estas indagações, pensamos em ensinar conceitos biológicos por meio de um enfoque ecológico, buscando estudar as relações e interações existentes nos ecossistemas presentes na Reserva Legal do *Campus* da UNESP – Bauru, recoberto predominantemente por vegetação de cerrado. Dessa forma, poderíamos selecionar conceitos integradores da ciência ecológica e, assim, estruturar relações presentes nos diferentes níveis de organização biológica. Desse modo, esta pesquisa se desenvolveu com auxílio BIOTA-FAPESP (processo

06/58442-5) inserido no projeto “Biodiversidade do cerrado: uma proposta de trabalho prático de campo no ensino de Botânica e Ecologia nos três níveis de escolaridade” (processo 05/56704-0).

Esta pesquisa de doutorado foi facilitada pela existência do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, que iniciou suas atividades no ano de 2007. A constituição do Grupo de Pesquisas surgiu mediante a compreensão do inadequado ensino fragmentado e reducionista da Biologia. Assim, o Grupo de Pesquisas, formado por professores universitários, pós-graduandos, e alunos de graduação do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do *Campus* da UNESP de Bauru, foi constituído com o objetivo de promover um espaço de discussões sobre os aspectos epistemológicos do conhecimento biológico. As atividades desenvolvidas visam a formar pesquisadores por meio de elaboração e aplicação de projetos de pesquisas que discutam quais os conceitos e características são específicos do conhecimento biológico, integrando-os com pesquisas voltadas para o ensino de Biologia. Consideramos que a formação do pesquisador está relacionada à vivência das dificuldades da área, o convívio em um grupo de pesquisa, o levantamento de hipóteses e a tentativa de obter soluções (mesmo que temporárias) para determinados problemas (MEGLHIORATTI et al, 2007).

Os trabalhos iniciais do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia propunham um sistema de estudo do conhecimento biológico por meio do tratamento hierárquico proposto por Salthe (1985; 2001). Para fins didáticos e de estudos no Grupo, propusemo-nos discutir a organização do conhecimento biológico por meio da interação entre três níveis hierárquicos de complexidade: o ecológico, o orgânico e o genético-molecular (MEGLHIORATTI et al, 2008).

Neste grupo, assumi o conhecimento ecológico com o compromisso de desenvolver a presente pesquisa. Como a Ecologia apresenta o conceito de interação, um

ensino de Biologia com enfoque ecológico apresenta-se como desafio para a superação do saber fragmentado, permitindo resgatar a noção de totalidade, que integra as partes em um todo mais complexo. O estudo da Ecologia reforça o pensamento sistêmico e, dessa forma, os organismos e os sistemas biológicos podem ser vistos como complexas redes de interações.

Buscamos, assim, discutir os conceitos da ciência ecológica, para elucidar as complexas relações e interações existentes entre os organismos vivos, e destes com o meio, para entender o mundo natural de modo mais sistêmico, em todas as suas formas de representação.

Na cidade de Bauru, interior do Estado de São Paulo, encontra-se, dentro do *Campus* universitário da UNESP, uma reserva de vegetação nativa da região local apropriada ao desenvolvimento de ações voltadas para o estudo de biodiversidade dos ecossistemas de cerrado, também propiciando a contextualização de atividades práticas de campo, envolvendo alunos de graduação desta unidade.

Dessa forma, o objetivo geral desta pesquisa foi desenvolver estudos sobre relações e interações ecológicas presentes em comunidades vegetais de cerrado, do interior do Estado de São Paulo, localizadas na Reserva Legal do *Campus* da UNESP – Bauru, visando à produção de material didático para o Ensino Médio.

Os objetivos específicos foram:

1. realizar levantamento bibliográfico sobre os estudos da vegetação nativa da Reserva Legal do *Campus* da UNESP – Bauru, a fim de analisar quais comunidades aí presentes poderiam ser identificadas como objeto de investigação para a realização desta pesquisa;
2. produzir material didático sobre a diversidade biológica do cerrado, tendo o conceito de comunidade vegetal como elemento central e sua interdependência com os demais níveis de organização biológica;

3. propor aos alunos de graduação do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UNESP – *Campus* Bauru, a elaboração de sequências didáticas para o Ensino Médio de Biologia.

No entanto, como articular todas essas intenções e problema de pesquisa?

Recorremos a um diagrama semiótico para ancorar o pensamento do pesquisador e permitir avanços e correções de rumo. Para melhor explicar a dinâmica dos fenômenos ecológicos, elaboramos um diagrama representativo de organização dos conceitos ecológicos, construído pelo referencial teórico da semiótica peirceana¹ e que serviu de proposta investigativa. Ao verificarmos que, durante o ensino de conceitos ecológicos, tanto em manuais didáticos como nos discursos de professores da Educação Básica, a interdependência entre os fenômenos naturais não era explorada, criamos um diagrama representativo de organização dos conceitos ecológicos que pudesse superar essa carência. E assim se fez, de tal modo que ao ensiná-los, pudessem ser verificados e explorados, respeitando sua ocorrência no ambiente natural, contextualizando-os e interligando-os, permitindo seu entendimento de forma mais integrada com os conceitos biológicos que podem ser tratados e que forem requeridos ao longo do processo de ensino.

No Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, delineou-se o desenvolvimento de pesquisas em iniciação científica – sobre os conceitos de sucessão ecológica e interações ecológicas no cerrado presente na Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP – e as atividades que objetivaram os estudos em Ecologia e o seu entendimento como ciência.

Deste modo, esta tese foi organizada da seguinte maneira: no Capítulo 1, dissertamos o panorama geral da Ecologia, evidenciando o ensino de conceitos biológicos com enfoque ecológico. Considerando a importância da contextualização no tratamento de

¹ Charles Sanders Peirce (1839-1914).

conceitos ecológicos, no Capítulo 2, discorremos sobre o cerrado como instrumento de ensino de relações ecológicas. No Capítulo 3, apresentamos uma proposta de estudos ecológicos tendo a semiótica como referencial teórico. Os pressupostos da metodologia qualitativa e a estrutura desta pesquisa, que envolve: a organização do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia e as atividades desenvolvidas para os estudos sobre o nível ecológico, estão organizadas no Capítulo 4. No Capítulo 5 reunimos os resultados e as discussões desta tese: (1) apresentamos o percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica abordando conceitos ecológicos, tais como o conceito de sucessão ecológica e o de interações ecológicas, realizadas pelos alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (UNESP-Bauru), integrantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia; (2) discorremos sobre as atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico, realizadas no primeiro semestre de 2009; (3) apresentamos o manual de apoio didático sobre a biodiversidade do cerrado da Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP, elaborado em conjunto com outros autores. No Capítulo 6 explicitamos as análises desses dados, e no Capítulo 7, apresentamos a análise semiótica do processo desta pesquisa.

Por fim, no Capítulo 8, destacamos as principais conclusões obtidas pelo desenvolvimento da presente tese.

CAPÍTULO 1 – ENSINO DE ECOLOGIA

O termo “ecologia” tem sido utilizado em todos os meios de comunicação. Muitas pessoas discutem os variados temas que englobam essa ciência. Assuntos como mudança climática, poluição, mau uso de recursos naturais, crise energética, catástrofes causadas por fenômenos naturais, entre outros, são de conhecimento da maioria e alvo de discussões nos cenários político, econômico, cultural, educacional. São temas que, de certa forma, faziam parte de discussões acadêmicas, e que principalmente a partir do período pós-revolução industrial do século XIX, fazem parte de outros meios de comunicação, como jornais, TV etc.

A partir da década de 1970, os problemas ambientais foram vinculados à ação antrópica. Hoje, em 2010, convivemos com essa realidade que foi prevista e alertada por muitos estudiosos, como Rachel Carson. Já não se trata mais de discussões acadêmicas, mas de conhecimento comum, pois, de alguma forma, vem ocorrendo uma apropriação desses conhecimentos pela maioria da população. São conhecimentos necessários para o desenvolvimento de conduta e práticas conscientes, críticas e éticas em relação ao ambiente no qual estamos inseridos, que faz parte de um todo maior.

Há de se considerar, porém, a diferença entre o “saber ecológico” da “ciência da Ecologia”. Os saberes ecológicos, muitas vezes, se dão num contexto prático, de observação, podendo não ultrapassar as correlações observadas e, desta forma, não comportam as generalizações teóricas. Por sua vez, uma ciência da Ecologia objetiva propor leis de estruturação e de funcionamento das comunidades de organismos em relação ao seu meio ambiente (ACOT, 1990).

Não é raro encontrarmos os termos ecológico, ecologia e ecologista substituindo, respectivamente, palavras como natural, ambiente e amantes da natureza. Isso ocorre porque os meios de comunicação recorrem exacerbadamente à utilização desses termos para

ênfatizar, dar credibilidade e veracidade a programas, produtos e notícias por eles veiculados. Lacreu (1998) lembra que o uso indiscriminado e inadequado de termos “ecológicos” gera sua utilização mecânica e irrefletida, podendo levar a permanência no nível superficial, fazendo com que se perca de vista a essência do problema. Ressalta ainda a discriminação entre ciência da ecologia e o ecologismo como postura ideológica, o que faz com que a população receba os “ecos” dessa ideologia de forma maciça, assumindo-a dogmática e irreflexivamente, uma aceitação acrítica de tudo que se veicula em nome do “verde” (LACREU, 1998, p. 128).

Neste trabalho, não discutiremos as dimensões ideológicas relacionadas ao uso de recursos naturais, poluição ou mudanças climáticas globais. O objetivo de estudo desta tese, como já mencionado, é discutir os conceitos da ciência ecológica para elucidar as complexas relações e interações existentes entre os organismos vivos, e destes com o meio, a fim de entender o mundo natural de modo sistêmico, em todas as suas formas de representação.

O entendimento dos diferentes fenômenos que englobam as relações e interações entre seres vivos, incluindo o homem e os componentes abióticos, são evidenciados por Ávila-Pires (SCHRAMM; SILVA, 1997, p. 371) da seguinte forma:

A ciência ecológica busca elucidar a trama de relações existentes entre organismos e os fatores bióticos e abióticos do meio. Seu conhecimento é indispensável à compreensão dos problemas da produção primária, da conservação dos recursos renováveis e não renováveis, do controle de pragas, parasitos vetores e hospedeiros não humanos de certas enfermidades. A análise da capacidade de resposta à exploração ou de absorção de resíduos deve ser feita à luz das teorias ecológicas e com o auxílio de metodologias desenvolvidas por ecólogos (*grifos nosso*).

Esta citação indica-nos a necessidade de entender cientificamente os diferentes conceitos e conhecimentos tratados pela Ecologia presentes em nosso cotidiano. Na escola este entendimento é imprescindível. O aluno precisa apropriar-se da linguagem científica para desenvolver atitudes responsáveis e conduta crítica diante das várias informações que confronta diariamente.

Os conceitos de Ecologia são transmitidos na escola desde os primeiros anos da Educação Básica, dentro de um conjunto de disciplinas conhecido como Ciências Naturais no Ensino Fundamental, e no Ensino Médio, pelas disciplinas Biologia, ou mesmo Ecologia. No Ensino Superior, especificamente nas graduações de Ciências Biológicas, que apresentam a Ecologia como disciplina curricular, os conceitos estruturantes dessa ciência ocorrem em um domínio mais complexo.

Entendendo que a Ecologia se insere no Ensino Médio na disciplina de Biologia, explicitamos, a seguir, este cenário.

1.1. A Biologia no Ensino Médio

A reformulação do Ensino Médio no Brasil, estabelecida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), de 1996 (Lei 9.394/96), regulamentada em 1998 pelas Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, aponta de que forma o aprendizado de Ciências e Matemática, iniciado no Ensino Fundamental, deve encontrar complementação e aprofundamento no Ensino Médio. Esta é a etapa em que os alunos apresentam maior maturidade, e os objetivos educacionais podem obter maior ambição formativa, tanto no que diz respeito à natureza das informações tratadas, dos procedimentos e atitudes envolvidos, como em termos de habilidades, competências e valores a serem desenvolvidos (BRASIL, 1999).

A LDBEN destaca a importância do Ensino Médio como etapa que apresenta características e finalidades específicas, diferentemente de uma mera passagem para a educação superior, pois, além de se referir a ela como etapa de consolidação e aprofundamento de conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, também expõe sua vertente à preparação tecnológica e à formação profissional (BIZZO, 2004).

Bizzo (2004), contudo, ressalta que, com a Reforma Universitária de 1968 e a instituição do vestibular como forma de acesso ao Ensino Superior, este passou a influenciar fortemente o Ensino Médio, com grande força normativa em relação aos conteúdos e também à forma de ensino das matérias que compõem os níveis anteriores.

A observação de Bizzo (2004) sobre a instituição vestibular pode ser considerada como fator relevante na situação atual do Ensino Médio. Se, por um lado, nesse nível de ensino, os alunos possuem mais maturidade e desenvolvimento cognitivo para estabelecer relações entre os conceitos ensinados, do outro, nos esbarramos em sistemas políticos educacionais que engessam as possibilidades de um trabalho docente diferenciado, sob uma abordagem mais sistêmica e menos fragmentada em conteúdos disciplinares.

A Biologia, tradicionalmente, tem sido organizada em torno das várias ciências da vida, como a Citologia, a Genética, a Evolução, a Ecologia, a Botânica, a Fisiologia. As situações de aprendizagem, muitas vezes, apenas reforçam a compreensão dessas ciências – de suas lógicas internas, de seus instrumentais analíticos, de suas linguagens e conceitos, de seus métodos de trabalho – perdendo de vista o entendimento dos fenômenos biológicos propriamente ditos e as vivências práticas desses conhecimentos. Nesse contexto, a ciência passa a ser pouco utilizada como instrumento de interpretação e intervenção na realidade, e os conhecimentos acabam sendo abordados de modo descontextualizado (BRASIL, 2002).

Dessa forma, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 1999), ao discorrerem sobre as diversas áreas que compõem o conhecimento biológico, enfatizam que, ao longo deste nível de escolaridade, a fim de que se possa garantir a compreensão do todo, seria mais adequado partir-se do geral, no qual o fenômeno vida é uma totalidade. O ambiente, produto das interações entre fatores abióticos e seres vivos, poderia ser apresentado em um primeiro plano. Partindo dessas interações, é possível conhecer cada organismo em particular, reconhecendo-o no ambiente, e vice-versa. Dessa

forma, seria mais significativo saber que, por sua vez, cada organismo é fruto de interações, nos seus mais diversos níveis. O documento explica que, para tanto, é necessário selecionar conteúdos e escolher metodologias coerentes com nossas intenções educativas, as quais estão devidamente expressas nos objetivos específicos da disciplina de Biologia, que incluem:

[...] compreender a natureza como uma intrincada rede de relações, um todo dinâmico, do qual o ser humano é parte integrante, com ela interage, dela depende e nela interfere, reduzindo seu grau de dependência, mas jamais sendo independente. Isto implica também identificar a condição de ser humano de agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas (BRASIL, 1999, p. 20).

Assim, as principais áreas de interesse da Biologia contemporânea se voltam aos estudos de como a vida se organiza, estabelece interações, se reproduz e evolui desde sua origem, se transformando, não apenas em decorrência dos processos naturais, mas também pela intervenção humana e emprego das tecnologias. Pensando em um meio no qual esses temas fossem problematizados, vivenciados e interpretados no ensino, e de maneira que esses conhecimentos fizessem diferença na vida dos estudantes, os PCNs para o Ensino Médio, propõem seis temas estruturadores do ensino de Biologia. Entre eles, encontramos o tema “Interações entre os seres vivos” (BRASIL, 2002, p. 41). Faz sentido, assim, centrarmos nosso enfoque na Ecologia.

1.2. A ciência ecológica

Durante muitos séculos, o ser humano se imaginou como o centro do Universo, com os recursos naturais à sua inteira disposição, apropriando-se de materiais, alterando ciclos naturais, redefinindo espaços de ocupação dos seres vivos.

Drouin (1991), mediante a perspectiva de Lynn White (1967), explica que a espécie humana, assim como toda forma de vida, nunca deixou de modelar o meio natural.

Contudo, descreve que, em meados do século XIX, difundiu-se a idéia de que o conhecimento científico deveria traduzir-se pela capacidade tecnológica. Esta concepção se caracterizou como o acontecimento mais importante da história humana, depois da agricultura. Desta aliança (especificamente ocidental) bastante recente entre ciência e tecnologia, recebemos nos dias atuais repercussões sob a forma de crise ecológica sem precedentes (DROUIN, 1991).

O impacto causado pelo livro de Rachel Carson, intitulado “Primavera silenciosa” (1962), marcou a década de 1960 por seu conteúdo que trazia as consequências causadas pelo uso de produtos químicos no ambiente e por sua linguagem acessível.

Durante a década de 1970, depois da Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972, e sobretudo após a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada em Tbilisi, em 1977, é que se intensificaram movimentos visando a chamar a atenção da humanidade sobre os impactos que a ação humana vinha e vem causando no planeta.

Nesse sentido, Leff (2003, p. 07) descreve que:

[...] iniciou-se um amplo processo mundial orientado a formar uma nova consciência sobre o valor da natureza e a reorientar a produção do conhecimento guiado pela interdisciplinaridade e os princípios da complexidade (LEFF, 2003, p. 07).

Esse processo de mobilização das questões ambientais foi ancorado cientificamente na ciência da Ecologia, que surgiu como domínio específico por volta dos anos 1900 (ODUM, 2004). Acredita-se, porém, que muito antes a ciência ecológica já mostrava suas raízes. Drouin (1991, p.27-28) afirma que:

[...] não se pode nem pressupor que a ecologia preexiste a si mesma nem supor que qualquer dos fenômenos de que ela trata nunca foi objeto de estudo antes do fim do século XIX. Admitiremos que a ecologia possui uma pré-história, formada pelo conjunto dos enunciados que, embora produzidos antes de ela ser constituída, tratam de realidades empíricas que hoje entrariam no seu campo.

Para Drouin (1991), o *Critias*, de Platão, contém aquilo a que chamaríamos hoje de análise da paisagem, descrevendo o que poderia ter sido a Ática antes da época histórica: “anota a presença de grandes árvores, atestada pelo porte de certos vigamentos antigos, e salienta a abundância de fontes nos locais escolhidos para a construção dos santuários” (DROUIN, 1991, p. 28).

Aristóteles foi apontado como um precursor, um visionário da Ecologia, atingindo seu ápice no tratado intitulado *História dos animais*, no qual expõe os diferentes modos de vida desses seres vivos.

Na modernidade, os historiadores da Biologia, debruçados em descobrir os precursores da ciência Ecologia, não encontraram obras relevantes com o tema. Carl von Linné (1707-1778), com sua sistemática, tem seus trabalhos considerados por muitos autores como o lugar do nascimento da Ecologia. Acot (1990, p. 04), porém, explica que é contestável ressaltar Linné como o primeiro ecólogo da história, pois o naturalista sueco pensava as relações existentes entre os seres vivos e o meio “em termos de repartição ou equilibração providenciais dos seres vivos na superfície do globo” (ACOT, 1990, p. 05). O autor ainda afirma que o naturalista, preocupado com a Teologia, constatou a existência de um sistema da natureza que preside às inter-relações específicas designadas por uma origem e finalidade divina (ACOT, 1990). Contudo, suas contribuições, assim como a de outros naturalistas, foram importantes, embora outras raízes possam ser identificadas na ciência da Ecologia.

Durante o século XIX, com as possibilidades de viagens pelo mundo, os naturalistas começaram a perceber as diversas paisagens e a diversidade de animais, despertando-os para a necessidade de descrever e investigar essas diferenças.

No início do século XIX, Alexander von Humboldt (1769-1859) traz suas contribuições sobre a biogeografia de organismos, estabelecendo relações existentes com a vegetação e o clima. A idéia central do seu *Ensaio sobre Geografia das Plantas*, publicado

em Paris, em 1805, era a de que, ao lado da Botânica tradicional, deveria se promover uma geografia botânica que estudasse as repartições dos vegetais segundo a altitude, as zonas geográficas, os fatores físicos em geral (DROUIN, 1991).

A palavra ecologia foi criada em 1866, com a grafia *oecologia* pelo biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919), para designar a “ciência da economia, dos hábitos, do modo de vida, das relações vitais externas dos organismos” (DROUIN, 1991, p. 18).

Mais recentemente, Begon et al (2007, p. IX) propõem uma definição de Ecologia como: “o estudo científico da distribuição e abundância dos organismos e das interações que determinam a distribuição e a abundância”.

Por meio desta breve exposição, gostaríamos de destacar a forma interdisciplinar e científica como a Ecologia vem sendo construída, como um modo complexo de olhar o mundo. Nesse sentido, faz-se necessário o entendimento dos conceitos biológicos e ecológicos, promovendo um reconhecimento da interdependência entre os fenômenos naturais, assim como das inter-relações e interações existentes entre os indivíduos e as sociedades de seres vivos, fazendo parte dos ciclos naturais.

1.3. O ensino de Biologia com abordagem ecológica

No que concerne ao ensino de ciências, Krasilchik (2000) evidencia que nos anos de 1960, durante a “guerra fria”, os Estados Unidos, preocupados em garantir sua vitória na batalha espacial, realizaram investimentos na educação, em recursos humanos e financeiros, o que culminou na produção dos hoje chamados projetos de 1ª geração do ensino de Física (*Physical Science Study Committee – PSSC*), Química (*Chemical Bond Approach – CBA*), Biologia (*Biological Science Curriculum Study – BSCS*) e Matemática (*Science Mathematics Study Group - SMSG*) para o Ensino Médio. Para a autora, esses projetos tinham por objetivo

a formação de uma elite que garantisse a hegemonia norte-americana na conquista do espaço, que, em grande parte, dependia de escolas secundárias em que os cursos de ciências identificassem e estimulassem os jovens em pesquisas científicas. Assim, “os conteúdos e grandes temas incluídos no currículo das disciplinas científicas refletem as idéias correntes sobre a Ciência” que, nesta fase, era considerada “atividade neutra, isentando os pesquisadores de julgamento de valores sobre o que estavam fazendo” (KRASILCHIK, 2000, p. 89). O que se pretendia era “desenvolver a racionalidade, a capacidade de fazer observações controladas, preparar e analisar estatísticas, respeitar a exigência de replicabilidade dos experimentos” (KRASILCHIK, 2000, p. 89).

O Brasil, que neste momento passava por um processo de industrialização e buscava superar sua dependência e se tornar auto-suficiente, procurou também, por meio da educação científica, a preparação de alunos mais aptos que pudessem impulsionar o progresso da ciência e tecnologia nacionais (KRASILCHIK, 2000).

Contudo, os problemas sociais e ambientais, decorrentes da ação do homem sobre os ecossistemas naturais e sobre o ambiente em geral, especialmente agravados e intensificados em consequência do desenvolvimento científico e tecnológico ocorridos nesta época, tornaram-se mais evidentes. Aos currículos foram incorporados outros valores e temas, causando profundas transformações nas propostas das disciplinas científicas em todos os níveis de ensino (KRASILCHIK, 2000).

Dentre aqueles projetos de 1ª geração, destacamos o movimento internacional de melhoria do ensino de Biologia, conhecido como *Biological Science Curriculum Study* (BSCS).

Do curso de Biologia moderna realizado pela BSCS, em 1961, surgiram três versões de um livro-texto que, apesar de se apresentarem iguais no referente à sua filosofia e conteúdo conceitual, se diferenciavam na abordagem temática em relação a uma organização

do currículo: a Versão Azul, com uma abordagem molecular; a Versão Amarela, com uma abordagem citológica e a Versão Verde, com uma abordagem ecológica. Alguns deles foram adaptados e amplamente utilizados por muitos países (LACREU, 1998).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBEC), em 1960, já se dedicava à preparação de materiais para o ensino prático de Biologia e optou por adaptar alguns dos projetos do *BSCS*. Inicialmente adaptou-se a Versão Azul, que analisava os processos biológicos a partir do nível molecular e, em seguida, a Versão Verde, que centralizava sua análise no nível de população e comunidade. Estes tiveram ampla difusão e influenciaram profundamente o ensino atual de Biologia (KRASILCHIK, 1996).

Os projetos do *BSCS* inseriram uma nova concepção sobre como organizar os conteúdos de um currículo, o qual poderia ir dos temas mais simples para os mais complexos, dos aspectos práticos aos teóricos, dos conhecimentos fundamentais aos periféricos (KRASILCHIK, 1996). Krasilchik (1996, p. 53) revela que o grupo de autores do *BSCS*:

[...] admitindo que um currículo deveria ter flexibilidade para adaptar-se a diferentes situações, atender à diversidade de gosto dos professores e, ao mesmo tempo, cobrir os tópicos importantes, resolveu elaborar uma série de módulos que cada um organizaria da forma que melhor lhe conviesse.

Fazendo um paralelo entre a Ecologia e uma nova proposta de ensino de Biologia, Marston Bates, primeiro supervisor do *BSCS* - Versão Verde, considerou:

É ela [a Ecologia] o campo da Biologia que considera o indivíduo como a unidade básica de estudo e se relaciona ao problema de como os indivíduos estão organizados em espécies, populações e comunidades, com o que fazem e como o fazem (BSCS, 1972, p. 06).

Para o autor, a palavra “ecologia”, proposta por Haeckel para cobrir o que ele chamava de “fisionomia externa”, contrasta com a “fisiologia interna”, o estudo de como o indivíduo é construído e de como suas partes funcionam, evidenciando a interdependência entre eles. Considera essa divisão arbitrária, assim como todas as formas de divisão de

assuntos tratados pela Biologia. Porém, infere que “para as perturbações da fisiologia interna, o cidadão pode consultar o médico, mas não há especialista para a fisiologia externa, para as perturbações da comunidade biológica humana” (BSCS, 1972, p. 07).

A adoção da abordagem ecológica ocorreu em vários países, como na Argentina, que a tomou como modelo em muitos projetos curriculares para o ensino fundamental daquela época, o qual perdura em alguns livros-texto e currículos até os dias atuais.

No Brasil, verificamos, nos dias atuais, a presença de currículos para o ensino de Biologia pautados num enfoque hierárquico, no qual os diferentes níveis de organização dos seres vivos, muitas vezes, são apresentados de forma fragmentada, como conjuntos de organismos que se formam isoladamente uns dos outros, sem que sejam evidenciadas as respectivas interações entre os níveis de organização biológica. Essa forma de apresentação não permite ao aluno o entendimento da rede complexa na qual esses sistemas se organizam, de forma interligada e interdependente. Grande parte dos livros didáticos reforça essa estrutura, apresentando os conteúdos, assim como proposto pelo *BSCS - Versão Azul* (com o subtítulo “das moléculas ao homem”), das unidades menores de organização, como os átomos e partículas, para os níveis mais complexos, como células, tecidos, organismo, comunidade até ecossistema. Além disso, encontramos o estudo dessa disciplina enfatizando a aprendizagem de conceitos e definições prontas, evidenciando um caráter descritivo e taxonômico ainda bem marcantes. Muitas vezes, falta relacionar o conteúdo teórico com as dimensões práticas do cotidiano.

Entendemos a necessidade do desenvolvimento de outra lógica que permita resgatar a noção de totalidade, integrando as partes em um todo. O estudo da Ecologia reforça o pensamento sistêmico e, dessa forma, os organismos vivos podem ser vistos como complexas redes de interações. Um ensino que apresenta os conceitos de forma fragmentada não permite ao aluno o entendimento do conhecimento biológico em seu dinamismo e em sua

complexidade, no qual sistemas biológicos e ambiente se configuram como uma grande rede, apresentando integração e interação entre todas as suas partes.

Um estudo dos conceitos biológicos fundamentado em um enfoque ecológico apresenta-se como desafio para superar essa tradição. Se a Ecologia se baseia nas interações que ocorrem no mundo natural para investigar seu objeto de estudo, falar de um enfoque ecológico como estratégia de ensino, significa dizer o desenvolvimento do estudo da natureza baseando-se nas “interações entre os seres vivos entre si e com o ambiente e nas modificações mútuas resultantes dessas interações” (LACREU, 1998, p. 142).

O documento intitulado “Proposta curricular para o Ensino de Biologia - 2º Grau” (SÃO PAULO, 1992) elenca, entre os princípios metodológicos para o ensino de Biologia no nível médio, a evolução como linha unificadora e o enfoque ecológico. A utilização do enfoque evolutivo como princípio metodológico pode ser útil no estudo de padrões de organização dos seres vivos: as estruturas dos seres vivos podem ser mais bem compreendidas por meio do estudo de suas funções; as diferenças entre os vários grupos de seres vivos podem ser relacionados, até certo ponto, com o lugar e o modo de vida desses organismos e com suas histórias. Sob uma perspectiva do enfoque ecológico, o documento ressalta sua necessidade, uma vez que, nas últimas décadas, os estudos biológicos tenderam a ser reduzidos aos aspectos relacionados aos níveis físicos/químicos do organismo, em detrimento dos aspectos relacionados às interações entre os seres vivos e entre estes e o meio em que vivem, bem como às suas recíprocas influências. Assim, ao estudar o ambiente, o aluno pode estar envolvido em situações reais, contribuindo para a compreensão das múltiplas formas de interação dos seres vivos entre si e com o meio, das transformações que os organismos e o ambiente sofrem ao longo do tempo e do papel dos seres vivos, entre os quais o homem, nesses processos de alteração (SÃO PAULO, 1992).

Entendendo o princípio da inter-relação e interação entre os seres vivos, é possível que o indivíduo possa atuar de forma mais consciente no meio em que está inserido, colaborando na construção de uma comunidade ambientalmente mais correta e sustentável.

Ricklefs (2003) propõe iniciar um caminho voltado para o pensamento ecológico, explicando que várias entidades diferentes podem ser consideradas sistemas ecológicos. Um organismo, uma população, uma comunidade, um ecossistema ou a biosfera representam níveis de organização de estrutura e funcionamento ecológicos, ou seja, sistemas ecológicos. Odum (2004) faz um paralelo explicando que, para entender a Ecologia moderna, é necessário entendê-la em termos do conceito dos níveis de organização, na qual os termos comunidade, população, organismo, órgão, célula e gene são utilizados para vários níveis bióticos principais, apresentados num arranjo hierárquico. Contudo, não podemos perder de vista que existem características específicas de cada sistema que só emergem devido à forma com que os indivíduos se organizam. Assim, a interação entre os seres vivos e o ambiente físico (energia e matéria) de cada nível hierárquico produz sistemas funcionais característicos.

Além disso, devemos considerar que ambientes modificados pela ação antrópica também se constituem sistemas ecológicos. Devido à forma como o ser humano vem se relacionando com o ambiente, por meio de interferências extensivas, faz-se necessário o entendimento dessa dinâmica.

Deste modo, uma forma de resgatar o ensino de Biologia com enfoque ecológico, buscando estudar as relações e interações que ocorrem nos sistemas ecológicos, e destes com outros níveis de organização biológica, seria utilizar exemplos de biomas como instrumentos de ensino de relações ecológicas. Para que essas relações ecológicas ocorram, necessariamente um conjunto de outras relações em níveis superiores e inferiores do nível de organização biológica enfocada devem ocorrer. Assim, poderíamos selecionar conceitos

integradores da ciência ecológica e, por meio deles, estruturar as relações presentes entre os diferentes níveis de organização biológica.

Torna-se, portanto, uma necessidade atual repensar o ensino de Ecologia, objetivando proporcionar aos alunos não só a aprendizagem de conceitos ecológicos, mas o modo de pensar sistêmico e complexo que dela é próprio. Pretendemos adentrar esse problema, procurando entender as possibilidades e limites de um ensino de Ecologia com essas características.

CAPÍTULO 2 – ECOSISTEMAS COMO UNIDADE DE ENSINO

No primeiro capítulo, propusemos, como forma de resgatar o ensino de Biologia com enfoque ecológico, estudar as relações e interações que ocorrem nos sistemas ecológicos, e destes com outros níveis de organização biológica, utilizando biomas como instrumento de ensino de relações ecológicas. Dessa forma, neste capítulo, discorreremos sobre o bioma cerrado, um ambiente próximo dos alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UNESP - *Campus* Bauru, participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, objetivando a formação de um futuro professor, que possa contextualizar suas aulas nesse ambiente natural e, mesmo que não domine a taxonomia de suas plantas, saiba identificar relações e interações e ensinar, por meio delas, a dinâmica dos ecossistemas.

O cerrado brasileiro está representado atualmente no Estado de São Paulo por fragmentos concentrados, principalmente, ao longo das cuestas basálticas que separam a Depressão Periférica Paulista do Planalto Cristalino Atlântico, estendendo-se, sobretudo nas regiões de Ribeirão Preto, Bauru, São José do Rio Preto e Presidente Prudente. Estes fragmentos constituem áreas disjuntas da porção nuclear do cerrado que abrange o Brasil Central, sem indicadores, até então, de que pelo menos, num passado recente, esteve ligado a este (CAVASSAN, 2000).

Na cidade de Bauru, no *Campus* universitário da UNESP, há uma reserva de vegetação nativa, local apropriado para o desenvolvimento de ações voltadas para o estudo de biodiversidade dos ecossistemas de cerrado aí existentes, propiciando a contextualização das atividades práticas de campo envolvendo alunos de graduação desta unidade.

Para tanto, foram escolhidos, por meio de levantamentos bibliográficos realizados por pesquisadores do cerrado paulista local, exemplos de comunidades vegetais e as relações

e interações ecológicas nelas ocorridas, permitindo o estudo de conceitos biológicos baseado em sistemas ecológicos.

2.1. O cerrado

Para adentrarmos na questão, faz-se necessária uma distinção entre domínio e bioma. Segundo Coutinho (2000, p. 77) “domínio deve ser entendido como uma área do espaço geográfico onde predominam certas características morfoclimáticas e fitogeográficas, distintas daquelas predominantes nas demais áreas”. Para o conceito de bioma explica:

[...] é uma área do espaço geográfico, com dimensões de até mais de um milhão de quilômetros quadrados, que tem por características a uniformidade de um macroclima definido, de uma determinada fitofisionomia ou formação vegetal, de uma fauna e outros organismos vivos associados, e de outras condições ambientais, como a altitude, o solo, alagamentos, o fogo, a salinidade, entre outros. Estas características todas lhe conferem uma estrutura e uma funcionalidade peculiares, uma ecologia própria (COUTINHO, 2006, p. 18).

Coutinho (2000) alerta que, no domínio do cerrado, predomina o bioma cerrado, mas também podem estar representados outros tipos de biomas, tais como veredas, matas galeria e matas mesófilas de interflúvio (COUTINHO, 2000).

No domínio do cerrado, o clima predominante é o tropical sazonal, de inverno seco e temperatura média anual em torno de 22-23°C. Em geral, a precipitação média anual fica entorno de 1200 e 1800 mm, concentrando-se entre os meses de outubro a março, também conhecida como estação chuvosa. Estes índices pluviométricos mensais são bastante reduzidos entre os meses de maio a setembro, ocasionando uma estação seca de três a cinco meses de duração (COUTINHO, 2000).

O relevo do cerrado estende-se por imensos planaltos ou chapadões, e em geral, são bastante planos ou suavemente ondulados (COUTINHO, 2000).

Os solos do cerrado são profundos, porosos, permeáveis, bem drenados e, por consequência, profundamente lixiviados. Sua capacidade de retenção de água é relativamente baixa e seu teor de matéria orgânica é pequeno. São solos bastante ácidos, devido principalmente aos altos níveis de Al^{+3} e de íons Fe e Mn, que contribuem para a sua toxidez. São profundamente distróficos e, por consequência, impróprios para a agricultura (COUTINHO, 2000), no entanto, com adição de insumos agrícolas, essa questão é minimizada.

Podemos verificar uma grande diversidade na estrutura e fisionomia da vegetação que constitui o cerrado. Do ponto de vista fisionômico, apresenta dois extremos: o campo limpo, onde há predomínio do componente herbáceo-subarbusivo e o cerradão, fisionomia na qual predomina o componente arbóreo-arbusivo. As demais fisionomias encontradas – campo sujo, campo cerrado, cerrado (sentido restrito) – podem ser consideradas ecótonos entre o campo limpo e o cerradão (COUTINHO, 1978).

Na vegetação arbórea e arbustiva encontramos suas principais características: troncos e ramos tortuosos, súber espesso, macrofilia, esclerofilia e um sistema subterrâneo com longas raízes pivotantes, permitindo que a planta se abasteça de água até mesmo em épocas secas (COUTINHO, 2000).

Para Coutinho (2000), o fogo é um fator de relevante importância para o bioma cerrado. Muitas vezes, é causado pelo acúmulo anual de biomassa seca e de palha, que cria condições favoráveis à queima. Um dos efeitos mais imediatos de uma queimada é o aumento da temperatura do ar e do solo: no solo, a elevação da temperatura é menor do que no ar e uma pequena camada de terra é suficiente para isolar termicamente todos os sistemas subterrâneos sob ela. Assim, as estruturas aí presentes conseguem resistir ao fogo e rebrotar

poucos dias depois. Também pode contribuir com a aceleração da remineralização da biomassa e a transferência dos nutrientes minerais nela existente para a superfície do solo, auxiliando para que esses nutrientes, imobilizados na palha seca, sejam devolvidos rapidamente ao solo e colocados à disposição das raízes (COUTINHO, 2000).

Como efeito biótico, o fogo, no cerrado, pode contribuir para ação transformadora da fisionomia e da estrutura da vegetação. Coutinho (2000) considera que queimadas freqüentes acabam reduzindo a manutenção e renovação de árvores e arbustos, diminuindo sua densidade. Como consequência, cerradões podem se transformar em campos cerrados, campos sujos ou até campos limpos. A ação inversa pode ocasionar o contrário: a proteção contra o fogo pode auxiliar para que campos sujos se transformem em cerradões depois de algumas décadas (COUTINHO, 2000).

2.2. O cerrado do Estado de São Paulo

Para o cerrado do Estado de São Paulo, consideramos a caracterização descrita por Cavassan (2000), baseada em trabalhos realizados por diversos pesquisadores em diferentes áreas: Oliveira e Souza (1977) – Itirapina; Toledo Filho (1984) - Luis Antônio; Silberbauer-Gottsberger e Eintein (1983) – Botucatu; Castro (1987) - Santa Rita do Passa Quatro; Durigan et al (1987) – Assis; Pagano et al, (1989) – Corumbataí; e em trabalho próprio, de 1990, realizado em Bauru.

Nas áreas consideradas, o clima é temperado, macrotérmico, moderadamente chuvoso, de inverno seco não rigoroso, definindo-se duas estações distintas: uma chuvosa, quente e úmida no final da primavera, no verão e no início do inverno e uma seca e fria no final do outono, no inverno e no início da primavera (CAVASSAN, 2000). O solo apresentou

características como: latossolo vermelho escuro ou vermelho amarelo, fase arenosa, profundo, de textura leve, bem drenado, ácido e de baixa fertilidade (CAVASSAN, 2000).

Foram encontrados fragmentos de mata tropical semidecídua de planalto, matas ciliares e matas de brejos submetidas às mesmas condições climáticas, fato que, segundo Cavassan (2000, p. 94), “corroborava com o papel pouco expressivo que o clima desempenha no estabelecimento do cerrado”.

De maneira geral, apresenta fisionomia florestal, como aquela encontrada na região de Bauru, até formações campestres, em Itirapina (CAVASSAN, 2000).

As espécies vegetais que mais se destacam são, segundo Cavassan (2000): *Vochysia tucanorum* Mart. e *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth & Hook.f.ex S, Moore, com suas inflorescências amarelas; *Kielmeyera rubriflora* Cambess., *Frideriacia platyphylla* (Cham) L.G.Lohmann, com inflorescências róseas; *Bowdichia virgilioides* Kunth, e *Qualea parviflora* Mart. com inflorescências lilases.

2.3. O cerrado do município de Bauru

No município de Bauru encontra-se uma das poucas áreas de cerrado protegidas do Estado de São Paulo. Parte deste fragmento florestal está aos cuidados da UNESP – Universidade Estadual Paulista, localizado em uma fazenda de aproximadamente 200 alqueires paulista. A área pertencente ao *Campus* da UNESP de Bauru tem seu marco inicial junto à cerca, do lado esquerdo da Rodovia Estadual Jaú-Itapetininga (Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros – SP 225), próxima das coordenadas 22° 20’S e 49° 00’W, a 580 metros de altitude, na região sudeste da cidade próxima ao perímetro urbano. Suas divisas são a área remanescente da Prefeitura Municipal de Bauru (Zoológico Municipal e Jardim Botânico), o jardim Marambá, o Jardim Mary e o loteamento Santos Dumont (FARACO, 2007).

A Reserva Legal do *Campus* da UNESP possui 132,0126 hectares e foi averbada em 06/01/1995, segundo Artigo 16 da Lei Federal n.º 4771, de 15/09/65, acrescido do parágrafo segundo da Lei Federal n.º 7803, de 18/07/89, em face ainda ao que permite no Artigo 113, do provimento n.º 2, de 31/05/83.

Segundo Faraco (2007), no geral, a fisionomia do cerrado deste local se assemelha ao cerradão, com árvores entre 4 m e 6 m; poucas emergentes atingem até 19 m de altura. Na sua maior parte, apresenta o dossel contínuo e, em raros pontos, descontínuo, propiciando condições de luminosidade no estrato inferior. Para a autora, há três tipos de fisionomias presentes na área da UNESP:

[...] a mata estacional semidecídua ribeirinha com influência fluvial permanente (mata de brejo) ao longo das duas nascentes do Córrego Vargem Limpa, um afluente do Rio Bauru, pertencente à microbacia hidrográfica Tietê-Jacaré; a mata estacional semidecídua, situada às margens dos fragmentos da mata de brejo, formando uma área de transição com o cerrado, que cobre a grande parte desta área (FARACO, 2007, p. 36).

Na área descrita estão presentes antigos caminhos que servem às atividades voltadas para o conhecimento da biodiversidade local.

2.4. As comunidades do cerrado da Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP

A busca por exemplos de interações ecológicas que ocorrem na Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP mostrou-se como a principal dificuldade a ser enfrentada. A bibliografia consultada apresentou apenas descrições florísticas e fitossociológicas.

Mesmo com essa dificuldade para selecionar exemplos que revelassem as relações e interações que ocorrem entre os seres vivos presentes neste local, alguns elementos foram destacados.

A dissertação de mestrado de Ana Gabriela Faraco, intitulada “Composição florística e estrutura fitossociológica de uma área de cerrado pertencente ao *Campus* de Bauru da Universidade Estadual Paulista – UNESP, SP” (parte do projeto “Biodiversidade no Cerrado” do programa BIOTA/FAPESP para a região de Bauru), discorre que a composição florística de uma comunidade vegetal se dá em função da capacidade de adaptação das espécies às condições ambientais do meio em que ocorrem, do estágio sucessional e da capacidade de chegada de propágulos de espécies alóctones, a qual é fortemente influenciada pelas comunidades distintas existentes na região (FARACO, 2007). Segundo a autora (2007), as diferentes formas de vida da vegetação, assim como a ocorrência de espécies sensíveis ao fogo, tais como *Daphnopsis fasciculata* (Meisn.) Nevling, *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez e *Tapirira guianensis* Aubl., contribuem para a composição florística do local.

Essa dinâmica da vegetação envolve conceitos ecológicos que foram desenvolvidos nesta pesquisa, tais como sucessão ecológica e interações ecológicas.

Na sua tese de doutorado, Veridiana de Lara Weiser (2007), intitulada “Árvores, arbustos e trepadeiras do cerradão do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP”, em um de seus capítulos, versa o tema sobre florística, fenologia e síndromes de dispersão. Mesmo não se tratando especificamente da área de Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP, a região pesquisada por Weiser (2007) pertence ao cerrado de Bauru, apresentando limites próximos dessa região (como evidenciado no excerto a seguir), e foi utilizada como fonte de dados na busca de espécies e de interações ecológicas que aí ocorrem:

O JBMB, administrado pela Secretaria do Meio Ambiente subordinada à Administração Pública Municipal, localiza-se junto ao perímetro urbano na região sudeste do município de Bauru, centro-oeste do estado de São Paulo, região sudeste do Brasil, em área de 321,71 hectares, coordenadas geográficas 22°20'30" S e 49°00'30" W, altitude de 510 a 540 metros e com limites definidos a oeste pelo Campus da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) [área destinada à Reserva Legal do Campus da UNESP de Bauru], a leste pela área do Hospital Lauro de Souza Lima, ao sul por propriedades rurais e ao norte pela Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (WEISER, 2007, p. 13)(grifos nossos).

Weiser (2007, p. 27) utilizou-se de estudos fenológicos e de um tipo específico de interação ecológica para desenvolver sua pesquisa, detalhando que “a Florística é uma subárea importante da Ecologia Vegetal, pois subsidia a maioria dos trabalhos de pesquisas em comunidades vegetais”.

Mediante o estudo de fenologia de frutificação, a pesquisadora descreve as principais características das espécies aí presentes quanto à síndrome de dispersão:

A análise da fenodinâmica de frutificação das espécies com diferentes síndromes de dispersão na flora como um todo mostrou a predominância de espécies anemocóricas e autocóricas na estação seca, embora também tenham sido evidentes picos no final da estação chuvosa. As espécies zoocóricas frutificaram na estação seca e durante a estação chuvosa. O componente arbustivo-arbóreo apresentou esse mesmo padrão, mas as trepadeiras apresentaram um padrão diferente: as espécies anemocóricas e autocóricas frutificaram tanto na estação seca quanto na chuvosa e as zoocóricas, apenas na estação chuvosa (WEISER, 2007, p. 47).

Os estudos de algumas espécies e interações ecológicas descritas por Weiser (2007), Faraco (2007), Cavassan (1990, 2000) e Rissi (2008), que envolvem a comunidade vegetal da Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP, foram utilizados para contextualizar as sequências didáticas propostas pelas pesquisas de iniciação científica, desenvolvidas por alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UNESP - *Campus* Bauru, participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, e no manual didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado, ambos resultados desta pesquisa.

CAPÍTULO 3 – UMA PROPOSTA DE ESTUDOS ECOLÓGICOS: A SEMIÓTICA COMO REFERENCIAL

A contribuição do referencial semiótico, no campo das ciências naturais, fundamenta-se na concepção da teoria sýnica de que o signo está presente em toda e qualquer espécie de fenômeno que ocorra no Universo. Para Charles Sanders Peirce (1839-1914) “Todo universo é penetrado por signos, se não se compõe até somente de signos” (CP 5.448)².

O campo de investigação da semiótica é vasto e sustentado por referenciais que tratam o signo em diferentes perspectivas. Assim como explana Nöth (1996, p.235) “nem toda semiótica pode reconhecer na natureza da relação organismo-meio ambiente aspectos semióticos” e, portanto, a escolha do referencial peirceano permite investigar os processos sýnicos na natureza e contribuir com diagramas analíticos que fornecerão possibilidades de estudar as relações que se estabelecem, por exemplo, nos fenômenos biológicos.

Um conceito fundamental na obra de Peirce é o de signo definido como:

Qualquer coisa que, de um lado, é assim determinado por um objeto e, de outro, assim determina uma idéia na mente de uma pessoa; esta última determinação, que denomino interpretante do signo é, desse modo mediatamente determinada por aquele objeto. Um signo, assim, tem uma relação triádica com seu objeto e com seu interpretante (CP 8.343).

As relações sýnicas entre os organismos no meio ambiente humano são distinguidas por Peirce como aquelas de natureza meramente diádica e outras de natureza triádica, sendo que somente estas últimas são consideradas do tipo semiótico:

Na interação semiótica o indivíduo não mais experimenta os objetos de seu meio ambiente na sua imediatez, mas os interpreta em relação a algo terceiro, um significado que remete a algo além do ambiente imediato, um fim, um objetivo, uma regularidade (NÖTH, 1996, p. 235).

² Conforme convenção para obra de Peirce CP identifica os *Collected Papers*; os números indicam o volume seguindo-se os parágrafos.

Para Peirce, “devemos pois distinguir o primeiro, o segundo e o terceiro correlato de qualquer relação triádica” (PEIRCE, 1995, p.49).

A Primeiridade está relacionada com a idéia de potencialidade, presente naquilo que é livre, novo, espontâneo e casual (signo, representamen). A Secundidade se caracteriza pelo confronto, existência, da ação e reação (objeto) e a Terceiridade constitui-se o hábito, regra geral, continuidade (interpretante). Silveira (1996, p. 41), ao interpretar as categorias gerais, assim as define:

Procedendo por uma inspeção do universo da experiência [...] Peirce conclui que três formas básicas e irreduzíveis se apresentam: a potencialidade positiva, característica da espontaneidade e da liberdade presentes no universo; a existência ou facticidade, que se manifesta como oposição a um outro, e a generalidade, pensamento ou lei, que se apresenta em toda regularidade, diversificação e crescimento.

Essas categorias estão presentes na elaboração do diagrama semiótico proposto. A idéia que se apresenta é munir-se dessas categorias fenomenológicas, procurando estabelecer relações com as variáveis presentes nos processos estudados pela Ecologia.

Bertalanffy (1973, p. 29), em seu livro intitulado *Teoria geral dos sistemas*, esclarece-nos que, na década de 1920, o enfoque mecanicista prevalecente “parecia desprezar ou negar de todo exatamente aquilo que é essencial nos fenômenos da vida”. Para o autor, era necessário à Biologia ocupar-se não apenas dos níveis moleculares e físico-químicos, mas também dos níveis mais elevados de organização da matéria viva. Nesse sentido, defendia uma concepção “organísmica na Biologia [...] que acentuasse a consideração do organismo como totalidade ou sistema e visse o principal objetivo das ciências biológicas na descoberta dos princípios de organização em seus vários níveis” (BERTALANFFY, 1973, p. 29).

A Ecologia como ciência que se dedica ao estudo das inter-relações e interações dos organismos com o ambiente e dos organismos entre si, influenciando as diferentes formas

de organização dos seres vivos, tais como populações, comunidades, ecossistemas, apresenta-se de modo complexo, o que impossibilita seu entendimento apenas pelo estudo de suas partes. Mayr (2005, p. 51) afirma que “as interações dos componentes devem ser consideradas, tanto quanto as propriedades dos componentes isolados”, assim é “precisamente essa interação das partes” que fornece as características mais evidentes na natureza.

Esse caráter complexo nos permite recorrer a sistemas de estudos filosóficos que possam ancorar o pensamento para o melhor entendimento de como esses conceitos biológicos são produzidos, interpretados e transpostos didaticamente.

Segundo a concepção de Nöth (1996), a ecossemiótica se dedica ao estudo dos signos naturais na relação organismo e seu meio ambiente. No presente capítulo propomos um diagrama por meio de estudos semióticos, permitindo interpretar como os organismos se relacionam e constituem-se em sistemas organizados, como em comunidades.

Para melhor entendimento da ciência ecológica, podemos estudá-la por meio de seus sistemas e suas interações. Bresciani e D’Ottaviano (2000, p. 284-285), ao explanarem sobre conceitos básicos de sistêmica, definem um sistema como “uma entidade unitária, de natureza complexa e organizada, constituída por um conjunto não vazio de elementos ativos que mantêm relações”. Para os autores, as características dos sistemas variam no tempo garantindo-lhes sua própria identidade (BRESCIANI; D’OTTAVIANO, 2000).

Begon et al (2007) introduzem o livro *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas* explanando que a Ecologia apresenta três níveis de interesse (os sistemas ecológicos aos quais nos referimos): organismo individual, população e comunidade. Destacam que, quando o enfoque está voltado para o organismo, a Ecologia ocupa-se do modo como os indivíduos afetam e são afetados pelo seu ambiente. 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. Quanto à ecologia de

comunidades, os autores relatam que se trata da composição e organização de comunidades ecológicas. Evidenciam ainda que, além desses estudos, os ecólogos estudam as rotas seguidas pela energia e pela matéria à medida que estas se movem através dos organismos vivos e não-vivos, entendidas como o ecossistema, mais especificamente compreendido como a comunidade e o seu ambiente físico. Para os autores, as interações entre os organismos, bem como a transformação e o fluxo de energia e matéria, podem ser entendidos de uma maneira geral como “interações” (BEGON et al, 2007).

Tendo em vista a amplitude de conceitos tratados pela Ecologia, focalizamos nossos estudos na dinâmica de comunidades vegetais.

Comunidade biológica é um todo complexo formado pela coexistência de organismos (plantas, animais e microorganismos), as relações de alimentação e outras interações entre essas entidades biológicas. As inter-relações que ocorrem dentro de uma comunidade dirigem o fluxo de energia e o ciclo dos elementos dentro do ecossistema, além de influenciarem os processos populacionais, determinando as abundâncias relativas dos organismos. Por selecionarem os genótipos, as inter-relações dentro de uma comunidade influenciam a evolução das espécies coexistentes (RICKLEFS, 2003).

Crawley (1997) indica dois ecólogos americanos importantes do século XX, Frederic Edward Clements (1874-1945) e Henry Allan Gleason (1882-1975) que, com pensamentos opostos, contribuíram para o aprofundamento do debate das questões relacionadas ao conceito de comunidades ecológicas. Conforme a análise de Crawley (1997), Clements acreditava que uma comunidade de plantas era um sistema integrado, com numerosas propriedades análogas a um “superorganismo”, conceituando sucessão como um processo altamente ordenado e previsível. Gleason, ao contrário, via as comunidades de plantas como uma reunião “ao acaso” de espécies adaptadas, que não apresentavam

propriedades típicas de organismos integrados, tais como a homeostase, reestabelecimento e desenvolvimento previsível, como alegado por Clements (CRAWLEY, 1997).

Ainda segundo Crawley (1997), a comunidade vegetal para Clements seria como uma entidade orgânica que nasce, cresce, amadurece e morre, e assim a sucessão ecológica caminharia para o clímax, um estado estável no qual o conjunto das comunidades vegetais de uma região estaria em equilíbrio com o clima presente.

Acot (1990) descreve que, desde 1901, Clements evidenciara, com seus estudos, a tendência de a vegetação a se estabilizar. Essa constatação, também conhecida como *homeostasia dos ecossistemas*, isto é, “sua tendência a resistir às transformações e a permanecer num estado de equilíbrio” foi uma das grandes descobertas da história da Ecologia (ACOT, 1990, p. 48).

Porém, no século XXI, entendemos que a natureza não funciona de maneira simples. Várias teorias na perspectiva do não-equilíbrio ou equilíbrio dinâmico têm sido desenvolvidas para melhor explicar os fenômenos ecológicos, contribuindo, assim, para um novo olhar na Ecologia.

3.1. Ecologia de comunidades e seu objeto de estudo

Begon et al (2007) explanam que o comportamento de uma população pode ser explicado em função do comportamento dos indivíduos que a constituem e, por sua vez, as atividades em nível populacional (densidade, razão sexual, estrutura etária, taxas de natalidade e imigração, mortalidade e emigração) têm consequências para o outro nível de organização biológica, a comunidade. Para os autores:

A ecologia de comunidades procura entender a maneira como agrupamentos de espécies são distribuídos na natureza e as formas pelas quais tais agrupamentos podem ser influenciados pelo ambiente abiótico e pelas interações entre populações das espécies (BEGON et al, 2007, p. 469).

Os autores ainda ressaltam que discernir e explicar padrões emergentes dessa ampla gama de influências tem sido um desafio para ecólogos de comunidades (BEGON et al, 2007). De maneira geral, esclarecem que as espécies que se reúnem para formar uma comunidade são determinadas por fatores como: restrições em dispersões, restrições ambientais e dinâmicas internas. Assim, além de propriedades coletivas diretas, tais como diversidade em espécies e biomassa, que podem ser identificadas e estudadas em uma comunidade, os indivíduos de uma mesma espécie ou de espécies diferentes interagem entre si em processos como mutualismo, parasitismo, predação e competição. Portanto, “a natureza da comunidade é obviamente mais do que a soma de suas espécies constituintes” e, dessa forma, “existem propriedades emergentes que aparecem quando a comunidade é o foco de atenção” (BEGON et al, 2007, p. 469).

A ecologia de comunidades, retratada por Lewinsohn (2004, p. 105) como “uma das divisões formais mais amplamente reconhecidas da ciência ecológica”, é considerada pelo autor como uma área que “padece de um surpreendente nível de incerteza”. Em seu texto, intitulado “Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades?”, Lewinsohn discute os diferentes objetos de estudo designados pelo nome de comunidade e propõe um diagrama para a ecologia de comunidades (LEWINSOHN, 2004).

Pité e Avelar (1996) expõem, de maneira mais geral, que a comunidade é o nível de estudo da Ecologia que coloca e tenta responder questões como:

Quantas espécies podem coexistir em equilíbrio? Qual a dinâmica espacial e temporal das espécies que a compõem? Qual o papel dos diferentes fatores (bióticos e abióticos, previsíveis e aleatórios) e da própria heterogeneidade dos meios na estruturação e regulação das suas diferentes espécies? Como é que os vários níveis tróficos estão organizados entre si? (PITÉ, AVELAR, 1996, p. 170).

No âmbito da ecologia de comunidades, destacamos os questionamentos que se sequenciam em relação aos limites de qualquer comunidade e, nesse sentido, apresentamos as visões de alguns autores e os debates decorrentes de suas visões controversas.

As discussões sobre a concepção de comunidade deram-se principalmente entre os anos de 1950 e 1970 pelos ecologistas de plantas. Clements (1936), Braun-Blanquet (1932) e Tansley (1935) sugeriram que as comunidades de plantas terrestres são como unidades discretas, com limites bem definidos, ou seja, com fronteiras objetivamente demarcáveis (ODUM, 2004; PITÉ, AVELAR, 1996). Gleason (1926), Curtis e McIntosh (1951), Whittaker (1951), Goodall (1953, 1954) e outros acreditavam, porém, que as populações respondiam independentemente aos gradientes ambientais, de tal maneira que “as comunidades se sobrepõem parcialmente num *continuum* de modo que o reconhecimento de unidades discretas é arbitrário” (ODUM, 2004, p. 232). Assim, de um lado temos o conceito holístico, e de outro, o conceito individualístico.

O conceito holístico, remetido principalmente às idéias de Clements, é definido por Ricklefs (2003, p. 369) como “a visão de que a comunidade é um superorganismo, cujo funcionamento e organização podem ser apreciados somente quando é considerada como entidade completa”. Sob este ponto de vista, só é possível compreender cada espécie considerando suas contribuições à dinâmica de todo o sistema. O autor enfatiza que:

As relações ecológicas e evolutivas entre as espécies intensificam as propriedades da comunidade, tal como a estabilidade do fluxo de energia e a reciclagem de nutrientes, tornando uma comunidade muito mais do que a soma de suas partes (RICKLEFS, 2003, p. 369).

Sob o ponto de vista do outro extremo, o conceito individualístico defendido por Gleason, Ricklefs (2003, p. 369) explica que:

A estrutura e o funcionamento comunitário simplesmente expressam interações de espécies individuais que formam associações locais, e não refletem qualquer organização, propósito ou coisa semelhante acima do nível das espécies.

Dessa forma, cada população, dentro de uma comunidade, está voltada para a sua sobrevivência, influenciada pela seleção natural, que tende a maximizar o resultado reprodutivo de cada indivíduo. Os esforços predatórios entre os indivíduos que formam a comunidade apresentam como resultado o fluxo de energia e nutrientes presentes no ecossistema.

Embora Begon et al (2007) defendam que a visão atual do século XXI é próxima do conceito individualístico³, Ricklefs (2003, p. 369) reporta-se a um ponto de vista intermediário ou misto, ou seja, “aceita as premissas individualistas que a maioria das interações de espécies são antagonistas e de que as comunidades podem ser montadas desordenadamente”, admitindo “a premissa holística de que alguns atributos de estrutura e funcionamento comunitário surgem somente das interações entre as espécies”. Para Ricklefs (2003, p. 369), “as interações são frequentemente reforçadas pela coevolução, refletindo as fortes forças recíprocas da seleção que ocorrem entre espécies que interagem”.

Pité e Avelar (1996) consideram que os limites das comunidades são mais ou menos arbitrários, ou seja, não correspondem a profundas discontinuidades reais, por isso podemos estudar comunidades nas mais variadas escalas. Afirmam que, em cada uma das comunidades tomadas para fins de estudo, existem espécies que interagem fortemente e outras que são mais independentes, não existindo um conjunto superorganísmico com propriedades próprias. Assim, esclarecem que esses debates sobre a definição e a natureza da comunidade não são apenas teóricos, na medida em que essa natureza pode condicionar fenômenos importantes. Distúrbios ambientais vêm ocorrendo com maior frequência podendo acarretar consequências desfavoráveis e imprevisíveis em espécies e comunidades e, nesse sentido, as autoras explanam que, para escolher os melhores meios de evitar tais consequências, é necessário “decidir se queremos preservar comunidades como um todo, ou apenas espécies”

³ As habilidades de dispersão quanto às respostas aos fatores ambientais dependem *fundamentalmente* de características do *indivíduo*, e não da espécie, da população ou da comunidade.

(PITÉ; AVELAR, 1996, p. 171). Também fazem referências a “dados que indicam que diferentes espécies reagiram individualmente às mudanças climáticas do passado, tendo-se formado comunidades diferentes das que existem atualmente”, defendendo a visão de preservação de espécies e não de comunidades. Porém, evidenciam que “para que essas espécies possam existir em conjuntos ecologicamente viáveis, temos também que compreender, de modo a eventualmente podermos restabelecer, os processos estruturadores das comunidades” (PITÉ; AVELAR, 1996, p. 172). Assim, não podemos excluir a existência de padrões que surgem no nível de comunidade, entre os quais encontram-se a estrutura específica, a estrutura trófica e seu funcionamento.

Connell e Slatyer (1977), em famoso artigo intitulado “Mechanisms of successions in natural communities and their role in community stability and organization”, explicam que a sucessão se refere às mudanças observadas em uma comunidade ecológica, iniciada por uma perturbação ocorrida num espaço relativamente grande. Para os autores, os estudos mais antigos referiam-se à sequência das espécies que invadiam sucessivamente um local; estudos mais recentes descrevem essas mudanças provocadas por outras características como a biomassa, a produtividade, a diversidade e a largura do nicho das espécies que se instalam no ambiente.

Ricklefs (2003) relata que o desenvolvimento das comunidades se processa num estado de fluxo contínuo. Organismos nascem, crescem e morrem, e a energia e os nutrientes transitam pelas comunidades. Porém, para o autor, a aparência e a composição da maioria das comunidades não sofrem mudanças apreciáveis ao longo do tempo (RICKLEFS, 2003).

Para Odum (2004, p. 403), a sucessão ecológica se desenvolve segundo três parâmetros:

(1) É um processo ordenado de desenvolvimento da comunidade que envolve alterações na estrutura específica e nos processos da comunidade com o tempo; é razoavelmente dirigido e, portanto, previsível. (2) Resulta da modificação do ambiente físico pela comunidade; i é, a sucessão é controlada pela comunidade, embora o ambiente físico determine o padrão e o ritmo de alteração e imponha com frequência limites à possibilidade de desenvolvimento. (3) Culmina num ecossistema estabilizado, no qual são mantidos, por unidade de corrente de energia disponível, a máxima biomassa (ou elevado conteúdo de informação) e a função simbiótica entre os organismos.

Por sucessão primária entende-se o estabelecimento e o desenvolvimento de plantas em substratos recém-formados que sofrem modificações substanciais causadas, direta ou indiretamente, pelos organismos pioneiros. Após uma grande perturbação, distúrbio natural ou não, ocorre a sucessão secundária, isto é, o retorno de uma vegetação à sua área natural (RICKLEFS, 2004; PITÉ, AVELAR, 1996; BEGON, et al, 2007).

Odum (2004) explica que o nome *sere* é dado à sequência inteira de comunidades que se substituem umas às outras numa dada área. As etapas *serais* ou etapas de desenvolvimento, ou mesmo etapas de exploração, são as denominações dadas às comunidades relativamente transitórias, e quando se tem o sistema estabilizado terminal, tem-se o *clímax*. A substituição de espécies que ocorre na “sere” é causada pelas modificações que as populações provocam no ambiente físico, criando condições favoráveis para outras populações, até que seja alcançado o equilíbrio entre o biótico e abiótico. Odum (2004) enfatiza que a comunidade clímax é autoperpetuável e está em equilíbrio com o habitat físico, alegando que “presumivelmente” a produção anual e importação de matéria orgânica estão equilibradas com o consumo anual da comunidade e a exportação. Admite que, mesmo arbitrariamente, é conveniente reconhecer para uma dada região: “(1) um só clímax climático, que está em equilíbrio com o clima geral e, (2) um número variável de clímaxes edáficos, que são modificados por condições locais do substrato” (ODUM, 2004, p. 423).

A noção de sucessão ecológica descrita anteriormente e percorrida por Odum (2004), corrobora a proposta de Frederic Clements, que, em 1916, caracterizou-a como um processo determinista e organizado, assemelhando-se ao desenvolvimento de um organismo,

dando finalmente origem ao clímax ou estado final (o que corresponderia à fase adulta de um organismo) (PITÉ; AVELAR, 1996).

Frederic Clements defendeu a hipótese de monoclímax, afirmando a existência de um clímax para cada região e o clima, o fator predominante. Denominou-o de clímax climático. Essa visão de monoclímax incomodou muitos ecólogos, entre os quais Tansley. Em 1939, Tansley propôs a teoria de policlímax, reconhecendo que haveria várias possibilidades de estágios finais possíveis para um processo sucessório, isto é, vários seriam os fatores que poderiam controlar a sucessão, tais como clima, condição de solo, topografia, fogo etc. (BEGON et al, 2007). Robert Whittaker, por sua vez, em 1953, propôs a hipótese de clímax padrão, reconhecendo um “padrão regional de comunidades clímax aberto cuja composição em qualquer localidade depende das condições ambientais particulares daquele ponto” (RICKLEFS, 1996, p. 360).

Na teoria de Gleason, proposta em 1962, o processo da sucessão é menos determinista, “as espécies independem umas das outras e a própria noção de clímax final previsível e imutável é discutível” (PITÉ; AVELAR, 1996, p. 193).

Desses dois diferentes pontos de vistas de organização de uma comunidade, é possível prever diferentes padrões de distribuição de espécies ao longo dos gradientes geográficos e ecológicos. Assim, sob um ponto de vista holístico, que lida com a íntima associação entre as espécies pertencentes a uma comunidade, “os limites de distribuição ecológica de cada espécie coincidirão com a distribuição da comunidade como um todo” e, dessa forma, teríamos uma organização comunitária conhecida como comunidade fechada (RICKLEFS, 2003, p. 371).

Na visão individualista, cada espécie é distribuída independentemente das outras concorrentes numa determinada associação. A organização comunitária se comportaria como uma comunidade aberta, não apresentando fronteiras naturais. Portanto:

Seus limites são arbitrários em relação às distribuições geográficas e ecológicas de suas espécies-membro, que podem estender suas abrangências independentemente para dentro de outras associações (RICKLEFS, 2003, p. 371).

O conceito de comunidade fechada perdeu sustentabilidade, na medida em que os estudos das distribuições de plantas se mostravam mais detalhados. Por outro lado, os ecólogos se interessaram mais pelo conceito aberto de organização comunitária, conhecido pelo conceito de *continuum*:

De acordo com este conceito, dentro de habitats amplamente definidos, como florestas, campos ou estuários, as populações de plantas e animais substituem-se umas às outras ao longo de gradientes de condições físicas (RICKLEFS, 2003, p. 374).

Alguns estudos desenvolvidos por Wittaker e outros pesquisadores (1960, 1965) demonstraram que espécies de plantas estariam distribuídas “mais ou menos independentemente ao longo de intervalos de condições ecológicas”, encontrando poucos casos visíveis de associações consistentes entre espécies, os quais foram “sobrepujados pela estrutura predominantemente aberta das comunidades ecológicas” (RICKLEFS, 2003, p. 375).

Publicações recentes (BEGON et al, 2007, p. 479) consideram a sucessão ecológica “como um padrão de colonização e extinção de populações de espécies não sazonal, direcionado e contínuo em um dado local”. Admitem ser um processo complexo, guiado principalmente por vários fatores que interagem simultaneamente. Deste modo, os efeitos de fatores como competição, entrada de sementes, herbivoria de insetos e mamíferos e eventos estocásticos variam em importância de acordo com o estágio sucessional. A competição, por exemplo, não seria muito importante nos estágios de colonização, pois há poucos competidores presentes. No entanto, em comunidades maduras, a competição pode ser uma força importante. Similarmente, eventos estocásticos, como o fogo, podem devastar comunidades nos primeiros estágios sucessionais, mas terão um efeito bem menor em

comunidades maduras, onde as espécies podem ser grandes árvores adaptadas a incêndios periódicos, como ocorrem com algumas espécies vegetais do cerrado. Além disso, num habitat que está exposto ao fogo frequentemente, muitas espécies têm sementes resistentes a esta perturbação ou coroas radiculares que germinam ou brotam logo após a ocorrência de um incêndio e rapidamente restabelecem suas populações (RICKLEFS, 2003).

Teorias sobre auto-organização, complexidade e termodinâmica aplicadas à Ecologia evidenciam um novo olhar sobre os sistemas ecológicos.

3.2. Nicho ecológico

Nossa proposta neste capítulo é apresentar um diagrama semiótico que interprete como ocorre a rede de informações no complexo do ambiente natural. Assim, o nicho ecológico se evidenciou como elemento essencial para os estudos dessas relações e dele desenvolveremos nossos estudos.

A representação de sistemas complexos pode ser realizada por meio de uma hierarquia escalar (MEGLHIORATTI et al, 2006; SALTHER 1985; SALTHER, 2001). Para a utilização desta hierarquia, é necessário estipular um nível focal (no qual ocorre o fenômeno de interesse), bem como os níveis superior e inferior, compondo um sistema triádico. O nível superior estabelece condições de contorno para os processos no nível focal, enquanto o nível inferior estabelece condições iniciadoras potenciais para os processos focais. Nossa proposta utilizou o nicho ecológico, ocupado pelo organismo, como ponto focal de análise. Essa escolha corrobora o sistema peirceano triádico, também baseado em relações hierárquicas de dependência para a organização do seu sistema filosófico, como afirma Queiroz (2004).

Com esses fundamentos, reunimos as principais definições sobre o conceito de nicho que normalmente são tratadas nos livros textos de Ecologia e que são tomadas como

referências para o ensino nos cursos de ciências biológicas. Essas definições foram reunidas aqui com a intenção de servir como ponto de partida para traçarmos nosso diagrama.

Aprendemos em Ecologia que o habitat de um organismo é o lugar onde este vive e nicho ecológico, é o papel funcional que esse organismo desempenha no ambiente. Odum (1998, p. 254), por exemplo, relata que nicho ecológico inclui não só o ambiente físico ocupado pelo organismo, mas também “seu papel funcional na comunidade e a sua posição em gradientes ambientais de temperatura, umidade, pH, solo e outras condições de existência”. Ricklefs (2003, p. 09) refere-se ao nicho ecológico, explanando que este é representado pelos intervalos de condições que o organismo pode tolerar e os modos de vida que ele possui, concluindo, assim, que o nicho ecológico é “seu papel no sistema ecológico”.

Pinto-Coelho (2000, p. 125) considera que “se uma comunidade pode ser vista como uma constelação de nichos, a sucessão opera dentro de cada um deles”. Faz essa observação por considerar que os atributos de uma comunidade, como o número de espécies e suas abundâncias relativas são medidas superficiais que refletem as características do habitat ou as interações entre as espécies, e assim, os padrões que observamos na estrutura de uma comunidade nada mais são do que resultados de interações ecológicas e evolucionárias entre populações que a compõem. Dessa forma, evidencia que uma das ferramentas mais interessantes para se estudar os processos de interações entre espécies de uma comunidade é o nicho ecológico (PINTO-COELHO, 2000).

Lewontin (2002), quando trata da relação organismo e ambiente, descreve alguns problemas causados pela definição arbitrária de nichos ecológicos na ausência de organismos. Comenta que, muitas vezes, na Ecologia, “nicho ecológico consiste em um termo técnico usado universalmente para denotar o complexo de relações entre uma espécie particular e o mundo exterior” (LEWONTIN, 2002, p. 49). Acrescenta ainda que a concepção de que o “ambiente de um organismo é causalmente independente dele e de que as alterações no

ambiente são autônomas e independentes das alterações na própria espécie”, está claramente equivocada (LEWONTIN, 2002, p. 53).

Assim, Lewontin (2002) reforça a ideia de que para entender o conceito de nicho ecológico é necessário que o entendamos como consequência da natureza dos próprios organismos que o compõem. Nesse sentido, o autor esclarece alguns aspectos da relação entre organismo e ambiente:

1. os organismos determinam quais elementos do mundo exterior devem estar presentes para a constituição dos seus ambientes e quais relações entre esses elementos são relevantes para ele;
2. os organismos não só determinam os aspectos do mundo exterior que são relevantes para eles, em função de peculiaridades da sua forma e de seu metabolismo, como também constroem ativamente [...] um mundo à sua volta;
3. os organismos não se limitam a determinar o que é relevante e a criar um conjunto de relações físicas entre os aspectos relevantes do mundo exterior [...] também promovem um processo constante de alteração do seu ambiente;
4. os organismos modulam as propriedades estatísticas das condições externas à medida que essas condições se tornam parte do seu ambiente;
5. os organismos determinam, pela sua biologia, a natureza física real dos sinais advindos do exterior [...] transduzem um sinal físico em outro bem diferente, e é o resultado dessa transdução que as funções do organismo percebem como variável ambiental (LEWONTIN, 2002, pp. 57-68).

Concordamos com Lewontin (2002, p. 54) quando afirma que o conceito de nicho ecológico é elaborado pensando as interações entre organismo e ambiente, entendendo que ambiente é tudo aquilo que “envolve ou cerca, mas, para que haja envolvimento, é preciso que haja algo no centro para ser envolvido”, ou seja, o organismo.

Dessa forma, só é possível conceber a distribuição geográfica e temporal das espécies como o espaço definido pelas atividades dos próprios organismos.

3.3. Proposição de um diagrama

Hoffmeyer e Emmeche (1991) apresentam um diagrama em que o DNA aparece como elo do código dual, no qual processos ontogenéticos e filogenéticos⁴ podem ser pensados conjuntamente. Para os autores, estes dois processos não acontecem em um mesmo nível. Um ocorre no nível de cada organismo (verticalmente), também chamado pelos autores de descrição analógica. O outro ocorre em nível de populações ou linhagens, em caráter evolutivo, chamado por eles de descrição digital (horizontalmente). Conciliando o código dual estabelecido com a relação triádica sîgnica de Peirce, na perspectiva analógica (relação triádica analisada verticalmente), o DNA se comporta como signo evolucionário (potencialidade, primeiridade) passado pelas gerações, e o zigoto, que selecionaria tais signos, o interpretante. O organismo, que é a existência (objeto) com a qual se confronta o DNA, necessariamente morreria, porém, o zigoto sobrevive por meio da reprodução sexual, continuando a cadeia da vida (HOFFMEYER; EMMECHE, 1991).

Além disso, segundo os autores, o DNA estaria envolvido com a perspectiva digital, num processo semiótico horizontal. Considerando essa comunicação horizontal, a tríade organismo-zigoto-DNA, numa perspectiva analógica (vertical), torna-se parte da existência ecológica, ou seja, apresenta-se agora como objeto da relação triádica horizontal que, confrontado com o nicho ecológico, que se apresenta como signo primário, será interpretado pela linhagem (HOFFMEYER; EMMECHE, 1991).

Caldeira (1997) apresenta uma análise semiótica da Biologia evolutiva, propondo um diagrama para o estudo das dimensões como diversidade, acaso e relações ambientais.

⁴ Ontogênico: relativo à ontogênese.

Ontogênese: desenvolvimento do indivíduo, quer mental, quer físico, desde a sua primeira forma embrionária até o estado adulto, em oposição ao desenvolvimento da espécie (filogênese ou filogenia) (LALANDE, 1993).

Para a autora:

A diversidade surge como o grande resultado experienciador da natureza, processo esse dinâmico que se complexifica cada vez mais, num movimento em que diversidade gera mais diversidade e, em constantes modificações, ainda que a exigüidade do tempo de nossas vidas não permita um acompanhamento dessas mudanças (CALDEIRA, 1997, p. 131).

Caldeira (1997) ressalta que a diversidade provê escolhas por meio de diversos mecanismos que a organização natural enfrenta, buscando incessantemente a manutenção de inúmeras e variadas formas de vida.

Mediante os estudos de modelos de exploração semiótica para o entendimento da natureza proposta por Hoffmeyer e Emmeche (1991) e Caldeira (1997), tomamos algumas categorias ecológicas e traçamos um diagrama triádico que pudesse representar as categorias fenomenológicas peirceanas de potencialidade, existência e continuidade.

Nessa perspectiva, o signo primário seria composto pela relação entre a potencialidade presente nos genomas que, em confronto com os componentes ambientais, se expressam nos organismos vivos. Este existente, determinado aqui como um organismo que mantém interações com outros seres vivos e com o ambiente, compondo seu nicho ecológico, comporta-se como objeto da tríade que interpreta a relação que se mantém na continuidade das espécies. O signo primário e a semiose desencadeada estão inseridos no *continuum* espaço/tempo.

Exemplificando: depois de um grande distúrbio, natural ou não, em uma dada região, a disponibilidade de sementes é muito variável, pois pode ocorrer que o evento tenha sido de tal dimensão a ponto de extinguir o banco de sementes das espécies singulares dessa região. Dessa forma, para que o local se restabeleça biologicamente, faz-se necessária a migração de sementes vindas de outras regiões. Essas sementes vegetais devem possuir características de espécies pioneiras, características tais que possibilitem o seu estabelecimento no ambiente impactado.

Para que essas sementes se estabeleçam, pressupõe-se que ocorreram interações entre as espécies e destas com o ambiente, originando organismos que se manterão em interação com os fatores ambientais e com outros indivíduos, constituindo o seu nicho ecológico. O nicho ecológico é a categoria que representa a relação entre os existentes organismos-ambiente e que, ao longo da variação espaço/tempo, sofrerá interações com outros nichos. Essas interações entre os organismos determinarão a continuidade das espécies que restabelecerão a vida naquele local.

Essa continuidade de espécies será responsável pelo fornecimento de novas sementes, que potencialmente podem, de acordo com as interações organismo-ambiente (nicho), se expressar ou não, apresentando ou não a fisionomia da vegetação anterior.

O signo assim formado pela tríade semente-organismo-continuidade de espécies, em confronto com as interações ecológicas, representam “uniformidades”. Para Peirce, “as uniformidades nos modos de ação das coisas surgem no fato de elas adquirirem hábitos” assim “três elementos estão ativos no mundo: primeiro o acaso; segundo, a lei; e terceiro, a aquisição de hábitos” (CP 1.409).

Silveira (2000, p. 135) ressalta ainda que:

Como principio de uma tendência universal, a aquisição de hábitos não exige outras leis que a fundamentem. Num primeiro momento [...] antes de qualquer contínuo, seja sequer o espaço e o tempo, com a presença única da Primeiridade, esta tendência casualmente dará lugar a existentes como interseções cada vez mais estáveis de qualidades, formas características de Secundidade e desta, sim, a regularidades, ao contínuo e à lei, manifestações de Terceiridade.

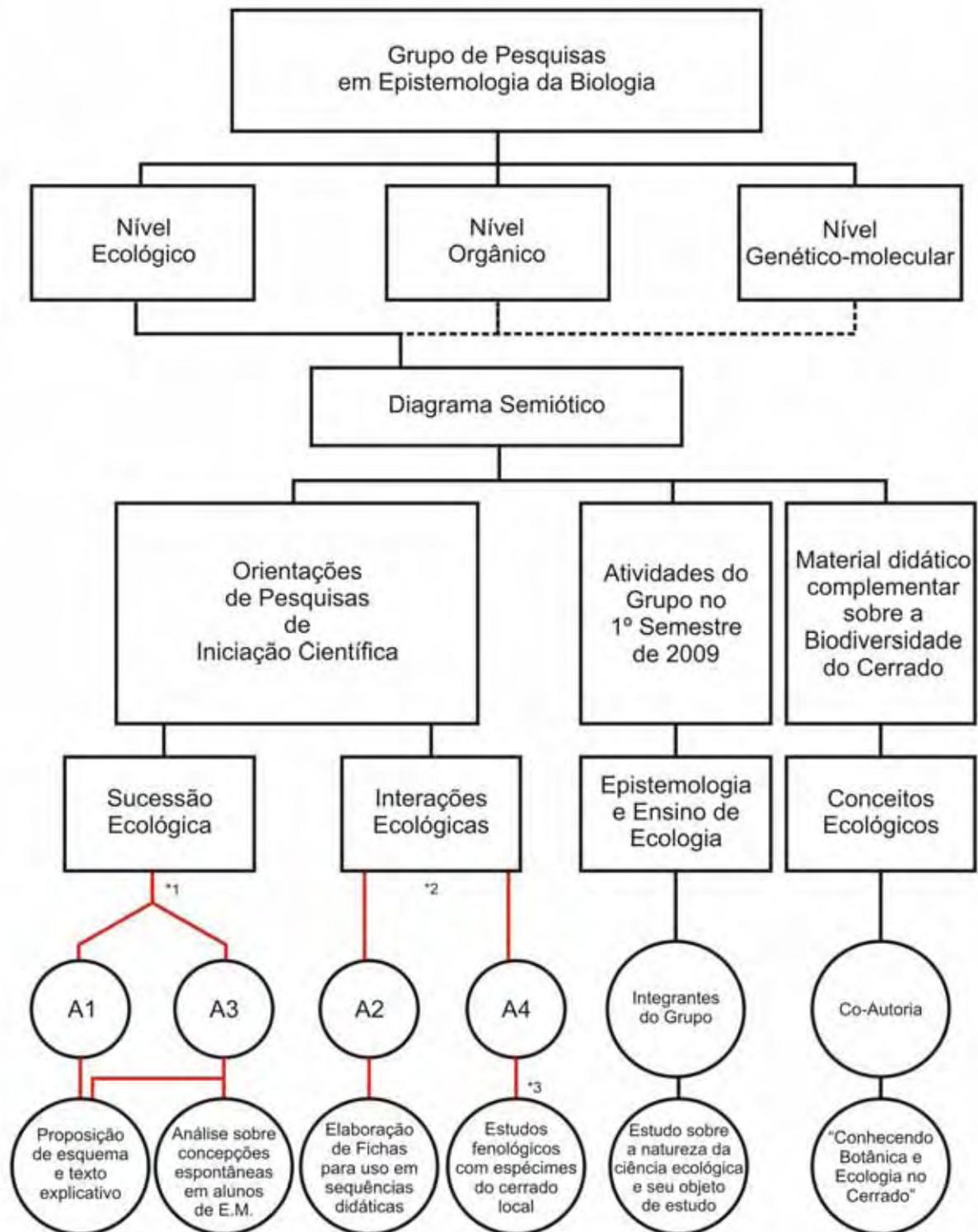
Essa dinâmica de gerar hábitos (nascer, crescer, gerar descendentes e morrer) constitui-se em uma regularidade evidente na natureza, que mantém a diversidade dos ecossistemas.

CAPÍTULO 4 – METOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo apresentamos o tratamento qualitativo desta pesquisa, caracterizado por um plano de investigação com múltiplas fontes de dados. Para Patton (2002), uma estratégia de pesquisa bem concebida, a fim de que se tenha uma noção ou sentido geral da mesma, provém de uma estrutura para a tomada de decisões e estabelecimento de ações. Segundo o autor, isto permite que tomemos tarefas e atividades aparentemente isoladas, e enquadremos em um conjunto, integrando esforços “separados” para uma finalidade comum.

Nesse sentido, Patton (2002) explica que a estrutura do estudo e as decisões específicas dos métodos podem ser mais bem compreendidas dentro de uma “estrutura estratégica geral”. O autor, ao descrever sobre os principais e importantes temas de investigação qualitativa, ressalta que quando estas são tomadas conjuntamente, constituem uma estrutura estratégica detalhada e coerente para a investigação qualitativa, incluindo suposições fundamentais e ideais epistemológicos.

Mediante estes pressupostos, apresentamos, a seguir, a estrutura estratégica geral desta pesquisa:



Legenda: *1: Reuniões realizadas conjuntamente
 *2: Reuniões realizadas separadamente
 —: Pesquisas realizadas pelos alunos de graduação
 *3: Esta pesquisa não foi considerada na análise dos dados

Figura 1: Estrutura da pesquisa

A estrutura apresentada segue os princípios caracterizados por Patton (2002), quando discorre sobre a *flexibilidade da estrutura inicial*: apresenta abertura para uma investigação adaptativa na medida em que a compreensão sobre a pesquisa se aprofunda e/ou sua situação muda; o pesquisador evita ficar restrito, arraigado dentro de uma estrutura rígida, permitindo que procure novas formas ou caminhos de descoberta na medida em que elas aparecem, admitindo certa flexibilidade ao estruturar sua pesquisa. Estes princípios, somados à ideia de que os temas de investigação qualitativa por ele propostos podem ser tomados conjuntamente, nos permitem inferir uma segunda característica à estrutura desta pesquisa, aquela que se refere a uma amostra direcionada. Para Patton (2002), uma amostra direcionada refere-se à seleção de casos para estudos (tais como pessoas, organizações, comunidades, culturas, eventos, incidências críticas), pois estes apresentam informações ricas, esclarecedoras e elucidativas, isto é, os casos selecionados oferecem manifestações úteis do fenômeno de interesse. O objetivo da “amostra” é obter uma ideia, base, noção ou critério sobre o fenômeno, e não simplesmente uma generalização empírica obtida por meio de uma amostra de população.

Os dados qualitativos da presente pesquisa reúnem as características descritas por Patton (2002): as observações evidenciam ou promovem os detalhes, envolvendo suas descrições; a investigação se dá em profundidade; as entrevistas captam declarações diretas a respeito de ou sobre as experiências e perspectivas pessoais; o estudo de caso; a análise crítica ou cuidadosa de documentos.

Ao destacar a pessoa do pesquisador, o autor explica que este deve ter contato direto com as pessoas e se aproximar delas, das situações ou dos fenômenos, ou seja, do seu objeto de estudo. As experiências pessoais do pesquisador e suas ideias são partes importantes da investigação e fundamentais para o entendimento do fenômeno ou objeto de estudo. Assim, o pesquisador deve estar cuidadosamente atento a este objeto, o que significa dizer, por

exemplo, que em uma entrevista, o pesquisador deve procurar um entendimento sem julgamento, por meio de abertura, sensibilidade, respeito, consciência e responsabilidade. Durante a observação, isto significa dizer que o pesquisador deve estar inteiramente presente (*mindfulness*) (PATTON, 2002).

O autor enfatiza a ideia de haver atenção ao processo, por parte do pesquisador, quando se tratar de sistemas dinâmicos, pois estes pressupõem mudanças ao longo de seu desenvolvimento, uma vez que o foco está no indivíduo e/ou no grupo como um todo. Assim, se faz necessário estar presente e atento ao sistema e às situações dinâmicas que nele ocorrem.

A estratégia de análise dos dados desta pesquisa pressupõe uma análise indutiva e uma síntese criativa. Para Patton (2002), 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. Também não descartamos uma perspectiva holística por entender, assim como discorre Patton (2002), que o fenômeno em estudo, de forma geral, é compreendido como um sistema complexo, sendo mais do que a soma de suas partes. Assim, o foco está na interdependência complexa e nos sistemas dinâmicos, os quais não podem conscientemente serem reduzidos a algumas variáveis discretas e lineares, como relações de causa e efeito.

A Figura 2 representa a estrutura seguida para a análise dos dados desta pesquisa.

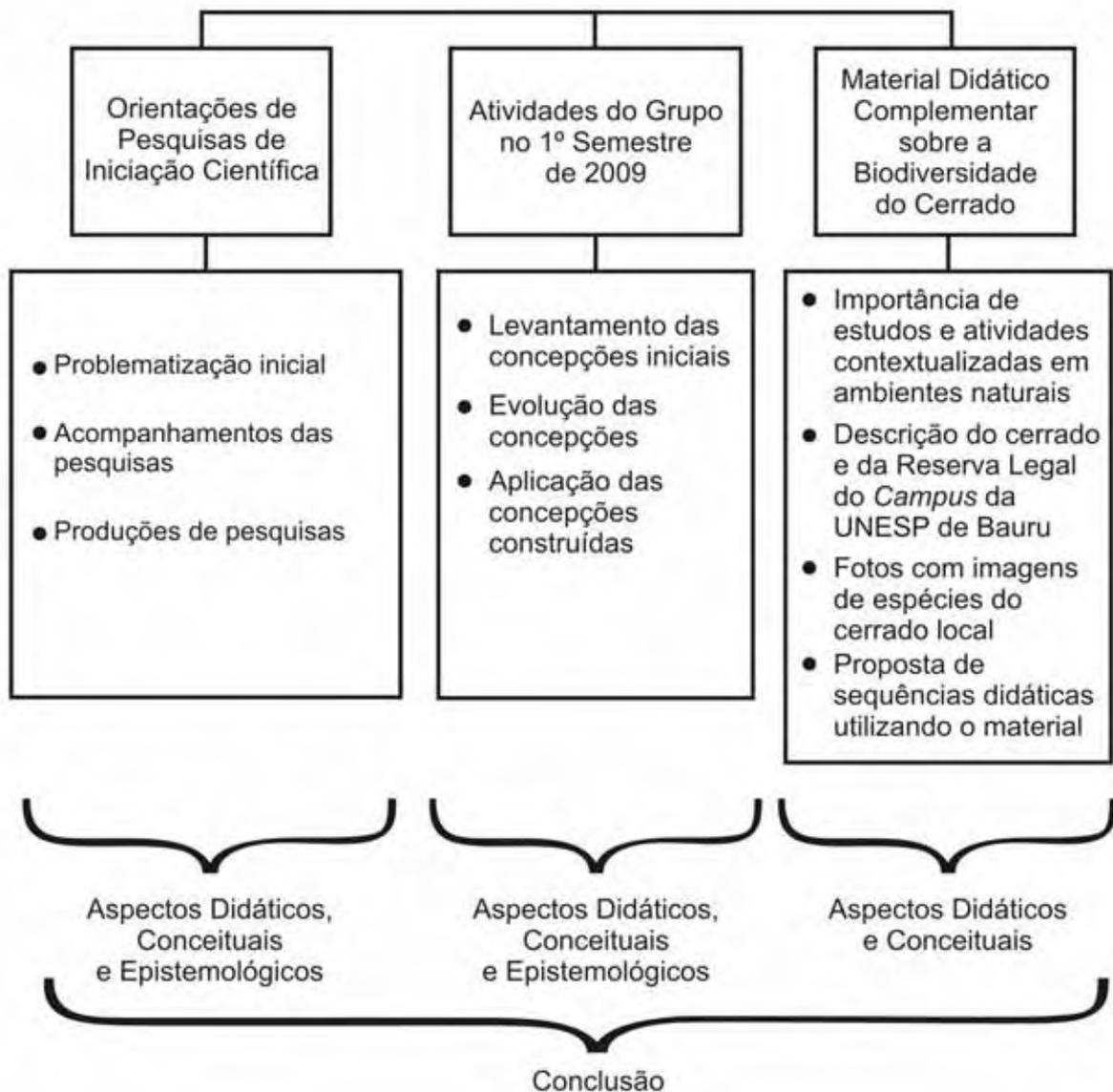


Figura 2: Estrutura de análise dos dados

Nosso objeto de investigação, o conhecimento ecológico, foi estudado no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia. O Grupo tem seus objetivos determinados e esta pesquisa faz parte desse processo. Assim, para compreender o contexto em que ela se insere, descrevemos seus vínculos e relações pré-existentes.

4.1. A formação do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia⁵

Nos currículos dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas não são comumente encontrados espaços destinados às discussões sobre a Epistemologia da Biologia. Apesar de os cursos de licenciaturas tratarem conceitos e fenômenos biológicos, raramente são elaboradas questões como: o que caracteriza a Biologia como ciência? Quais são seus fundamentos metodológicos? Quais são seus pressupostos? No entanto, pensar as bases do conhecimento científico pode auxiliar na própria compreensão da ciência em que se reflete. Dessa forma, a inclusão de aspectos epistemológicos da ciência no ensino de ciências tem sido defendida por alguns autores, como no âmbito da Epistemologia da Biologia (BELLINI, 2007; EL-HANI *et al*, 2004).

A compreensão dos aspectos epistemológicos da Biologia pode ser auxiliada pela inserção em contextos de pesquisa científica. Como afirmam Vianna e Carvalho (2001), a vivência de episódios de pesquisas pode contribuir na formação de professores e levá-los a compreender a natureza do conhecimento científico.

Entender a natureza da ciência que se estuda é importante na construção de bases sólidas, conceituais e científicas. As discussões epistemológicas da ciência permitem compreender os conceitos, métodos e teorias que fundamentam cada área e, nesse sentido, entender a organização do conhecimento biológico e as bases em que essa ciência foi e vem

⁵ Para um melhor entendimento sobre a formação do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia e seus pressupostos, consultar trabalhos:

ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO, F. R.; MEGLHIORATTI, F. A.; JUSTINA, L. A. D.; CALDEIRA, A. M. A. Epistemologia da biologia: uma proposta didática para o ensino de biologia. In: ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (orgs). **Práticas integradas para o ensino de biologia**. São Paulo: Escrituras, 2008. (Educação para a ciência; 8).

MEGLHIORATTI, F. A; ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO; CALDEIRA, A. M. A. A formação de pesquisadores em epistemologia da biologia. In: MORTIMER, E. F. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007, Florianópolis: A BRAPEC, 2007.

sendo desenvolvida, mostra-se como elemento relevante na formação de pesquisadores em Biologia teórica e de ensino de Biologia.

Mediante esses pressupostos, organizamos, no ano de 2007, o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia. A ideia do grupo se deu por meio da compreensão de que o conhecimento biológico tem sido trabalhado de forma fragmentada e reducionista, e que conceitos fundamentais como o de ser vivo, por exemplo, que caracteriza o próprio objeto de estudo do conhecimento biológico, tem ocupado um papel marginal na Biologia (FELTZ, 1995; EMMECHE, EL-HANI, 2000; RUIZ-MIRAZO et al, 2000; GUTMANN, NEUMANN-HELD, 2000; EL-HANI, 2002).

Entendemos que a escolha da filosofia da Biologia para subsidiar as discussões do grupo contribui para: discutir conceitos fundamentais da Biologia, tais como os conceitos de ser vivo, ecossistema e gene; permitir a integração de ampla gama de conceitos biológicos; inserir os alunos em um contexto de pesquisa científica que não é comumente tratado nos cursos de Biologia e que não está relacionada com a visão tradicional de cientista.

Assim, a fundamentação teórica do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia são os aspectos filosóficos da Biologia, centrada na discussão sobre a natureza do conhecimento científico. Nas atividades do grupo são discutidas questões como: a caracterização da Biologia como área científica específica; conceitos centrais e unificadores do conhecimento biológico e a contribuição das discussões em Epistemologia da Biologia para o ensino de Biologia.

O grupo integra participantes de diferentes níveis de formação (graduandos, pós-graduandos e docentes universitários). Essa heterogeneidade de integrantes permite um processo de ensino-aprendizagem mais eficiente e abrangente para todos os participantes. Assim, os integrantes do grupo são, ao mesmo tempo, sujeitos de pesquisa e pesquisadores. Por meio das discussões geradas no grupo, os graduandos desenvolvem trabalhos de

conclusão de curso (TCC) e pesquisas de iniciação científica. Os pós-graduandos e docentes universitários, além de orientar as discussões do grupo, analisam como ocorre o desenvolvimento sobre o entendimento dos conceitos científicos e a formação enquanto pesquisador por parte dos graduandos.

As atividades desenvolvidas são organizadas em diferentes etapas que comportam: fundamentação teórica, com discussões sobre a natureza da ciência biológica, conceitos estruturantes da Biologia, teorias da complexidade e auto-organização, teoria hierárquica ressaltando os diferentes níveis de organização dos seres vivos; elaboração de projetos de pesquisas relacionados às discussões teóricas e ao ensino de Biologia; orientação e desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica; divulgação e publicação dos resultados. As atividades desenvolvidas por esse grupo estão associadas ao Grupo de Pesquisa em Educação Científica, do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência do *Campus* da UNESP de Bauru.

Em um primeiro momento de formação do Grupo, realizamos discussões teóricas sobre o conceito de vida como conceito estruturante do conhecimento biológico e à integração dos conceitos de ecossistema, organismo e gene. Um modelo epistemológico inicial para a organização de conceitos biológicos foi proposto baseado no modelo estruturalista hierárquico de Salthe (1985, 2001). Neste modelo, mediante o fenômeno de interesse, são estabelecidos três níveis de organização hierárquica: o nível superior, que delimita e restringe as possibilidades do fenômeno estudado; o nível focal, no qual se encontra o fenômeno de interesse; 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. A hierarquia escalar é formada por partes encaixadas em todos, podendo ser representada graficamente por: [nível superior [nível focal [nível inferior]]].

De acordo com o modelo estruturalista hierárquico, proposto por Salthe (1985; 2001), foi estabelecido um modelo como fundamentação epistemológica e metodologia didática para o conhecimento biológico e que ancorou o desenvolvimento das atividades do Grupo. Este modelo foi construído considerando o *organismo* como nível focal, o *ambiente externo* como nível superior (entendendo como ambiente os fatores do meio externo que são relevantes para determinado organismo) e o *ambiente interno* como nível inferior (elementos moleculares e genéticos). A hierarquia proposta foi representada pelas seguintes relações entre níveis: [ambiente externo (ecológico/evolutivo) [organismo [ambiente interno (genético/molecular)]]] (MEGLHIORATTI, 2009).

A organização do conhecimento biológico em diferentes níveis de complexidade é pertinente para fins de estudo, pois a Biologia comporta uma ampla gama de conceitos que se estende desde os níveis molecular e celular, até os níveis de ecossistemas e biosfera sem, contudo, perder de vista a interação entre eles.

Meglhioratti et al (2008) consideram que uma abordagem hierárquica pode facilitar a organização e integração do conhecimento biológico. Assim, propõem investigar como a utilização da estrutura triádica de Salthe (1985; 2001) pode contribuir, tanto na formação de graduandos de Biologia, quanto na de pesquisadores.

Estes três níveis estabelecidos para a organização do conhecimento biológico serviram de subsídios para ancorar três pesquisas de doutorado, cada uma se centrando em um dos níveis propostos.

4.2. A dinâmica do Grupo

A dinâmica de formação do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia ocorre primeiramente com a entrada dos alunos no Grupo, por meio de convite; de

diagnóstico inicial sobre concepções acerca de alguns conceitos biológicos e sua forma de organização; escolha de uma área de investigação para a elaboração de projetos de pesquisa, considerando os três níveis hierárquicos de organização do conhecimento biológico propostos inicialmente: ecológico, orgânico e genético-molecular.

Para compreender o desenvolvimento do grupo e seu papel na formação de pesquisadores, utilizamos diversas formas de coletas de dados, tais como: questionários iniciais, entrevistas individuais; documentações produzidas (projetos de pesquisa e pesquisas concluídas); observação participante, gravações e transcrições das reuniões do grupo e das reuniões de orientação de projetos de iniciação científica. Entendemos, assim, como evidencia Flick (2004), que a utilização de diferentes formas de coletas de dados pode fornecer maior confiabilidade aos dados obtidos, pois um conceito ou ideia expressa por um aluno pode ser recorrente nas várias formas de coletas. Assim, os dados sobrepostos oferecem mais segurança na análise realizada pelo pesquisador (FLICK, 2004).

Para introduzir um novo conceito nas atividades do Grupo, é realizado, em um primeiro momento, um questionário inicial para levantar as diferentes perspectivas sobre o tema. Esse levantamento inicial é discutido no Grupo, propiciando uma troca de ideias entre os indivíduos. Após o levantamento inicial sobre o tema proposto, são indicados estudos para aprofundar as discussões e a sistematização de ideias.

Ao desenvolver a observação participante, o pesquisador se integra diretamente no campo pesquisado, observando o contexto pela perspectiva de membro do grupo. Dessa forma, o pesquisador influencia o contexto observado devido à sua participação (FLICK, 2004). É necessário, portanto, que o pesquisador tenha ciência da maneira como interfere no contexto do grupo, pois esta participação também é parte da pesquisa. Durante as atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, assumimos este papel quando: direcionamos as discussões do grupo, baseadas nos estudos indicados para leitura;

conduzimos a aprendizagem de conceitos específicos e inserimos questões polêmicas acerca dos conceitos tratados; e orientamos o processo de construção das pesquisas científicas.

Para a análise dos dados são considerados: os documentos produzidos pelos alunos, tais como os projetos e as pesquisas desenvolvidas, e artigos científicos encaminhados a eventos da área; as transcrições das gravações das reuniões de orientações, das entrevistas individuais e das discussões ocorridas no grupo. Estes registros permitem analisar como o aluno utiliza a estrutura do discurso científico e como está ocorrendo o seu processo de desenvolvimento enquanto pesquisador.

As atividades desenvolvidas no ano de 2007 foram orientadas por discussões epistemológicas sobre o conceito de vida e de organismo. No segundo semestre deste ano, os alunos de graduação começaram a desenvolver seus projetos de pesquisas, em suas áreas de interesse, orientados pelas três pesquisadoras doutorandas.

No ano de 2008, as discussões teóricas permearam inicialmente as discussões sobre Epistemologia da Biologia e, posteriormente, as discussões sobre interação e expressão gênica que ainda vem ocorrendo nos dias atuais. As atividades de elaboração de projetos de pesquisas, o acompanhamento de pesquisas de iniciação científica em andamento, assim como a elaboração de artigos científicos, continuaram ao longo de todo aquele ano.

No primeiro semestre de 2009, as atividades envolveram discussões sobre questões epistemológicas e de ensino de conceitos ecológicos, detalhadas no item a seguir. Continuaram ocorrendo também as atividades de orientação de projetos de pesquisas, de pesquisas em andamento e de elaboração de artigos científicos para participação em eventos da área, tais como o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) e o Encontro de História e Filosofia da Biologia, entre outros.

Em todos esses anos tivemos a entrada de novos participantes no grupo. Ao final do ano de 2009, o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia era formado por:

graduandos que ingressaram nas atividades no ano de 2009; graduandos que ingressaram no grupo em anos anteriores, tendo suas pesquisas em andamento; mestrandos que começaram a participar como integrantes do grupo, quando ainda eram graduandos e que, conseqüentemente, foram desenvolvendo seus objetos de investigação no contexto do grupo; mestrandos que se interessaram pelo grupo após terem iniciado a pós-graduação; doutorandos e professores orientadores. Sistemáticamente, organizamos essa estrutura no quadro a seguir:

Quadro 1: Estrutura dos participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia

2007	2008	2009
Uma pesquisadora coordenadora	Uma pesquisadora coordenadora	Um pesquisadora Coordenadora
Três pesquisadores doutorandos	Três pesquisadores Doutorandos	Três pesquisadores doutorandos
		Um pesquisador doutorando iniciando as atividades em 2009
Oito alunos de graduação iniciando as atividades em 2007	Dois alunos de mestrado que participaram como graduandos no ano de 2007	Dois alunos de mestrado que participaram como graduandos no ano de 2007 (A12, A14)
	Dois alunos de mestrado que se interessaram pelo grupo iniciando as atividades em 2008	Um aluno de mestrado que se interessou pelo grupo e iniciou as atividades em 2008 (A13)
	Três alunos de graduação que iniciaram as atividades em 2007	Um aluno de graduação que iniciou as atividades em 2007 (A10)
	Quatro alunos de graduação iniciando as atividades em 2008	Um aluno de graduação que iniciou as atividades em 2008 (A3)
		Oito alunos de graduação iniciando as atividades em 2009 (A4, A5, A6, A7, A8, A9, A11, A15)

Essa dinâmica de desenvolvimento e diversidade de integrantes têm contribuído para a integração dos diferentes níveis acadêmicos, possibilitando a todos trocas de ideias e sistematização dos temas tratados.

4.3. As atividades desenvolvidas para os estudos sobre o nível ecológico

As pesquisas de iniciação científicas com conceitos ecológicos e as atividades voltadas para o nível ecológico, desenvolvidas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, foram investigadas nesta pesquisa. A seguir discorreremos sobre essas atividades.

4.3.1. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica

Ao longo das atividades do Grupo foram se evidenciando, por parte dos graduandos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do *Campus* da UNESP – Bauru, o interesse pelo desenvolvimento de monografias de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e de pesquisas com caráter ecológico.

No ano de 2008, dois alunos (indicados nesta pesquisa como Aluno 1 e Aluno 2) mostraram interesse em desenvolver pesquisas sob esta perspectiva. Essas se caracterizaram, primeiramente, como monografias de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), mas, após o envio dos projetos para órgão de fomento de pesquisa (CNPq), foram concedidas bolsas de iniciação científica (PIBIC) para ambos, e as pesquisas acabaram se caracterizando como tal. Cada uma das pesquisas se aprofundou em conceitos específicos da Ecologia: uma com o conceito de sucessão ecológica e a outra com o conceito de interações ecológicas.

Logo no início da orientação destas pesquisas, outros dois alunos integrantes do Grupo (indicados nesta pesquisa como Aluno 3 e Aluno 4) interessaram-se pelos conceitos abordados e também auxiliaram conjuntamente este processo. Cada um dos novos alunos se interessou por um tema, desenvolvendo suas próprias pesquisas: um, com o conceito de sucessão ecológica e o outro, com o conceito de interações ecológicas. No início do ano de 2009, foi solicitada a prorrogação das bolsas de iniciação científica (PIBIC) do Aluno 1 para o

Aluno 3, e do Aluno 2 para o Aluno 4, pois os Alunos 1 e 2 haviam concluído suas investigações. As bolsas de iniciação científica também foram concedidas e os Alunos 3 e 4 deram continuidade aos temas iniciados. Delineou-se, assim, o desenvolvimento de quatro pesquisas de iniciação científica: duas pesquisas versando o conceito de sucessão ecológica (Aluno 1 e Aluno 3) e outras duas pesquisas versando o conceito de interações ecológicas (Aluno 2 e Aluno 4), cada uma com o seu próprio objeto de análise, mas com temas em comum.

As orientações ocorreram à parte das reuniões do Grupo e seguiram a seguinte estrutura: exposição de uma problematização inicial; acompanhamento das pesquisas, por meio das reuniões de orientação e entrevistas individuais finais; e análise das produções de pesquisas dos alunos.

Em um primeiro encontro com cada aluno, além da problematização inicial, foi apresentada, como proposta de pesquisa, a elaboração de material didático, complementar ou de apoio, sobre conceitos ecológicos. Esta poderia ser desenvolvida pelo levantamento e análise de conceitos ecológicos presentes em manuais didáticos de Biologia para o Ensino Médio.

As pesquisas de iniciação científica foram se desenvolvendo diante da problematização inicial e as reuniões de orientação foram auxiliando as coletas e as análises de dados dos alunos. Ao final de cada investigação, foram realizadas entrevistas individuais, norteadas por um questionário semi-estruturado com as seguintes questões:

- Como foi a escolha pelo seu tema de pesquisa? Já havia pensado a respeito, tinha alguma experiência ou preferência em algum assunto?
- Comente sobre a elaboração de um projeto de pesquisa.
- Comente as etapas da sua pesquisa, como, introdução, problemas de pesquisa, objetivos, resultados, considerações.
- Quais foram suas maiores dificuldades durante a realização da pesquisa?

- Comente suas impressões sobre a pesquisa antes e depois de realizá-la.
- O que você pensa sobre as atividades realizadas pelo pesquisador?
- Você fez uma análise sobre a apresentação de conceitos ecológicos em livros didáticos para o Ensino Médio. Em relação a esses conceitos, comente sobre:
 - suas concepções prévias (como você entendia esses conceitos)
 - suas concepções após a pesquisa (como você passou a entender esses conceitos)

Os dados obtidos durante as orientações de pesquisas de iniciação científica foram analisados em relação: aos aspectos didáticos; aos aspectos conceituais; e aos aspectos epistemológicos.

4.3.2. Atividades desenvolvidas sobre o nível ecológico no 1º semestre de 2009

Além das pesquisas de iniciação científica, a fim de que os alunos, com base em pressupostos históricos, epistemológicos e didáticos, pudessem entender melhor a ciência ecológica e construíssem suas próprias sequências didáticas, especialmente no 1º semestre de 2009, as atividades do Grupo foram centradas na dimensão ecológica.

Com o objetivo de introduzir as atividades do Grupo sob o nível ecológico foi aplicado um questionário inicial (Questionário 1) para o levantamento de concepções dos alunos acerca do tema ecologia, e segue:

Questionário 1

1. O que você entende por Ecologia? Explique.
2. Existe(m) alguma(s) questão(ões) da(s) qual(is) lhe parece controversa(s) dentro deste campo de estudo? Por que?
3. Qual sua opinião sobre os campos teóricos da Ecologia? Você identifica isso no ensino?
4. Para você, quais são os pressupostos ou fundamentos da Ecologia? Discorra brevemente.

As atividades foram pautadas em discussões críticas de livros e textos selecionados para leitura, tais como: a) livro intitulado “Reinventar a natureza”, de Jean–Marc Drouin (DROUIN, 1991), que enfatiza a questão histórica e epistemológica na qual a Ecologia foi e vem sendo fundamentada; b) textos sobre Ecologia teórica contidas no livro “Ecologia Teórica – Desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil” (COELHO et al, 2004); texto sobre o ensino de Ecologia contido no livro de Hilda Weissmann, intitulado “Didática das ciências naturais – contribuições e reflexões” (WEISSMANN,1998).

O cronograma de atividades está organizado esquematicamente e apresentado no quadro a seguir:

Quadro 2: Cronograma de atividades desenvolvidas no 1º semestre de 2009

Encontro	Data	Atividade desenvolvida
01	18/03	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos participantes do Grupo e funcionamento das atividades • Apresentação de pesquisas de alunos já desenvolvidas em anos anteriores
02	25/03	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de pesquisas de alunos já desenvolvidas em anos anteriores
03	01/04	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de pesquisas de alunos já desenvolvidas em anos anteriores
04	08/04	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de pesquisas de alunos já desenvolvidas em anos anteriores
05	15/04	<ul style="list-style-type: none"> • Explicação sobre a apresentação do conhecimento biológico baseado nos níveis hierárquicos propostos: genético-molecular, orgânico e ecológico • Aplicação e discussão de Questionário 1 • Atividade para casa: leitura do Prefácio e Introdução (DROUIN, 1991)
06	22/04	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão em sala do Capítulo 1 (DROUIN, 1991)
07	29/04	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão em sala Capítulo 2 – (DROUIN, 1991) • Atividade para casa: leitura do texto <i>“Ecologia, ecologismo e abordagem ecológica no ensino das ciências naturais: variações de um tema”</i> (LACREU, 1998)
08	06/05	<ul style="list-style-type: none"> • Continuação da leitura e discussão do Capítulo 2 (DROUIN, 1991) e do texto <i>“Ecologia, ecologismo e abordagem ecológica no ensino das ciências naturais: variações de um tema”</i> (LACREU, 1998) • Atividade para casa: leitura do Capítulo 3 – (DROUIN, 1991) e leitura do texto <i>“A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas”</i> (SCARANO; DIAS, 2004)
09	20/05	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão em sala sobre as implicações das tradições históricas e filosóficas da ecologia (vistas nos primeiros capítulos do livro de Drouin, 1991) para o pensamento ecológico atual. • Organização em pequenos grupos para discussões sobre pontos convergentes e discordantes entre o Capítulo 3 (DROUIN, 1991) e o texto <i>“A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas”</i> (SCARANO; DIAS, 2004)
10	27/05	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura e discussão do Capítulo 4 - (DROUIN, 1991) • Atividade para casa: leitura do Capítulo 5 - (DROUIN, 1991) e leitura do texto <i>“O fantasma teoria”</i> (MARTINS; COUTINHO, 2004)
11	03/06	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão em sala sobre o Capítulo 5 - (DROUIN, 1991) e o texto <i>“O fantasma teoria”</i> (MARTINS; COUTINHO, 2004)
12	10/06	<ul style="list-style-type: none"> • Sem atividade presencial • Atividade para casa: leitura dos Capítulos 6 e 7 (DROUIN, 1991) com elaboração de resenhas críticas
13	17/06	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão das resenhas críticas elaboradas • Proposta de elaboração de sequências didáticas explorando, a partir de um conceito ecológico, outros níveis de organização do conhecimento biológico
14	24/06	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento da proposta em sala
15	01/07	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação e discussão das sequências didáticas elaboradas pelos alunos • Atividade para casa: leitura do Capítulo Conclusão (DROUIN, 1991)
16	08/07	<ul style="list-style-type: none"> • Filme <i>Syriana</i> e discussão do Capítulo Conclusão (DROUIN, 1991)

Ao final das atividades do primeiro semestre de 2009, foi proposto aos licenciandos em Ciências Biológicas que elaborassem sequências didáticas diferenciadas,

selecionando um conceito ecológico tratado no Ensino Médio e explorando outros níveis de organização do conhecimento biológico, para que o aluno, na escolaridade básica, se sentisse motivado a conhecê-lo e de maneira que estivesse envolvido no processo de construção desse conhecimento. Essa proposta deveria explorar um conceito que partisse antes de uma abordagem no nível ecológico, mas contemplasse os outros níveis de organização do conhecimento biológico propostos, tais como o nível orgânico e o nível genético-molecular. Nesta prática, também deveriam ser consideradas as discussões que ocorreram durante as atividades desse semestre.

Nosso objetivo, com esta atividade, foi estimular os alunos de graduação a apresentar sequências didáticas para o ensino de Biologia em nível de Ensino Médio, partindo do nível ecológico, de forma que pudessem evidenciar a interdependência entre os fenômenos biológicos e entre todos os níveis de organização biológica.

Para podermos realizar uma análise comparativa dos dados coletados nas diferentes situações e atividades realizadas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, optamos pela construção de “sínteses de significações”, tal como proposto por Caldeira (2005). Nesse modelo, o pesquisador realiza uma síntese dos principais conceitos que embasaram significativamente a discussão e/ou as atividades naquele dado encontro. Ao final, essas sínteses são comparadas e análises são realizadas, revelando a evolução do grupo e não as contribuições pontuais dos participantes.

CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os objetivos propostos para esta pesquisa foram contemplados conjuntamente, pois são inter-relacionados. Os três objetivos específicos propostos demandaram esforços de levantamento bibliográfico da flora local, de formação de pessoas (que ocorreu por meio das orientações de pesquisas de iniciação científica e das discussões do grupo) e avaliação de como os conceitos ecológicos têm sido tratados no Ensino Médio, mais especificamente em manuais didáticos.

Assim, durante o percurso da presente pesquisa, participamos das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia e, ao mesmo tempo, acompanhamos e analisamos os trabalhos de pesquisa em iniciação científica dos graduandos, integrantes do Grupo.

Sintetizamos, a seguir, as atividades realizadas.

(5.1.) O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica

Neste item, mostramos os resultados do processo de elaboração de pesquisas de iniciação científica, versando sobre conceitos ecológicos, realizadas por alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, integrantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia. No sub-item **(5.1.1.)**, descrevemos o percurso de elaboração de duas pesquisas que exploraram o conceito de sucessão ecológica e no sub-item **(5.1.2.)**, o percurso de elaboração de uma pesquisa que explorou o conceito de interações ecológicas.

(5.2.) As atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico

Neste item, discorremos os resultados das atividades desenvolvidas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, no primeiro semestre de 2009, em relação ao nível ecológico; está dividido em: **(5.2.1)** levantamento de concepções iniciais dos alunos sobre a Ecologia, seu objeto de estudo e seus fundamentos; **(5.2.2.)** evolução dessas concepções ao longo das atividades realizadas neste semestre; **(5.2.3.)** aplicação das concepções construídas pelos alunos, na forma de sequências didáticas, sobre conceitos ecológicos e biológicos, tendo como referencial a proposta de organização didática do conhecimento biológico, baseado na interação entre os níveis hierárquicos: ecológico, orgânico e genético-molecular.

(5.3) O manual didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado

Neste item, apresentamos o manual de apoio didático, intitulado “Conhecendo Botânica e Ecologia no cerrado”, que ilustra, com fotos, a biodiversidade do cerrado da Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP, elaborado em conjunto com outros autores. Sequências didáticas foram propostas neste material, tendo como referencial o conjunto de subsídios pedagógicos descritos por Caldeira (2005).

5.1. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica

A Ecologia é uma ciência que estuda as interações e inter-relações entre os indivíduos, e destes com o ambiente físico. Por meio desse pressuposto, no início de cada orientação de pesquisa, foram tratadas as seguintes questões como problematização inicial:

- Como os conceitos ecológicos estão organizados nos livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio? Essa organização permite ao aluno uma visão integrada, interativa dos conceitos versados?
- Os exemplos utilizados para ilustrar ou representar os conceitos ecológicos estão de acordo com a realidade da vegetação brasileira? Eles ilustram ou representam efetivamente os conceitos apresentados?
- Os exemplos utilizados demonstram altruísmo, antropomorfismo nas relações entre os seres vivos?

No primeiro encontro com cada aluno, também se discutiram questões sobre a importância e a utilização de livros didáticos nas instituições escolares e a forma como esses materiais tratavam os temas e conceitos relacionados à Ecologia. Solicitou-se que os alunos escolhessem manuais didáticos de Biologia para o Ensino Médio, para levantamento e verificação das questões propostas. Diante do levantamento apresentado, estaríamos discutindo suas implicações para o ensino de Ecologia. Mediante a análise desses dados, como proposta de pesquisa, os alunos poderiam elaborar atividades ou sequências didáticas sobre conceitos ecológicos por meio de novas abordagens.

Além desse levantamento, os alunos receberam as seguintes orientações de leitura: “Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos” (BRANDO e CALDEIRA, 2007), trabalho que discute os paradigmas presentes na Ecologia de comunidades, tendo como proposta a apresentação de um diagrama representativo das relações ecológicas, construído mediante o referencial da semiótica peirceana; tese de doutorado de Dorotea Cuevas Fracalanza (1992), intitulada “Crise ambiental e ensino de Ecologia: o conflito na relação

homem-mundo natural”. Dessa forma, os alunos poderiam estabelecer maior contato com a área de investigação, tanto no que diz respeito à Ecologia e seu tratamento nos manuais didáticos de Ensino Médio, quanto às pesquisas qualitativas.

5.1.1. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica sobre o conceito de sucessão ecológica

Neste sub-ítem, apresentamos a avaliação do percurso de pesquisas de iniciação científica realizadas pelo Aluno 1 e pelo Aluno 3 sobre o conceito de sucessão ecológica.

Durante o processo de orientação das referidas pesquisas, pelas quais os alunos investigavam a apresentação de conceitos ecológicos em manuais didáticos para o Ensino Médio, foram evidenciados alguns problemas com o tratamento do conceito de sucessão ecológica. As evidências apontadas foram registradas, por meio de gravações autorizadas pelos alunos, durante as reuniões de orientação das pesquisas.

O objetivo geral das duas pesquisas foi estudar a apresentação do conceito de sucessão ecológica em manuais didáticos de Biologia para o Ensino Médio.

A pesquisa do Aluno 1 teve como objetivos específicos: investigar como estavam apresentados os conceitos centrais da Ecologia em manuais didáticos de Ensino Médio, principalmente àqueles relacionados com a sucessão ecológica; pesquisar se a forma de organização desses conceitos permitia a construção de uma noção integrada e interativa dos conceitos versados; propor uma sequência didática que permitisse o entendimento dos conceitos de maneira integrada.

A pesquisa de iniciação científica do Aluno 3 teve como objetivos específicos: investigar a apresentação do conceito de sucessão ecológica em um livro didático de Biologia para o Ensino Médio; aplicar e analisar questionários referentes ao conceito de sucessão ecológica, em alunos de Ensino Médio, de uma escola pública do município de Bauru (SP).

As pesquisas foram se desenvolvendo pela problematização inicial, e as reuniões de orientação foram auxiliando as coletas e análises de dados obtidos pelos alunos. Estas reuniões de orientação foram realizadas conjuntamente, pois além de partirem do mesmo objeto de investigação, o estudo do conceito de sucessão ecológica, os alunos construíram texto e esquema interpretativo do processo de sucessão ecológica.

No item a seguir (5.1.1.1), discorreremos sobre o acompanhamento das pesquisas, por meio das reuniões de orientação e entrevistas individuais finais e, posteriormente, no item (5.1.1.2), apresentamos as produções de pesquisas dos alunos.

5.1.1.1. Acompanhamento da pesquisa

A problematização inicial se evidenciou como um ponto de partida na elaboração dos projetos de pesquisa. Outras reuniões se sucederam, e o tema tratado pelos alunos foi sendo discutido.

As reuniões de orientação

As discussões que decorreram do levantamento inicial, solicitado em um primeiro encontro com os alunos, foram evidenciadas em reuniões posteriores, nas quais os alunos participaram conjuntamente, e seguem:

Aluno 1: Eu analisei um livro didático do AUTOR e uma apostila de um cursinho. Eu constatei que os tópicos eram muito... Os conceitos eram passados de forma muito fragmentada, os exemplos eram muito distantes dos alunos, tipo girafa, coisas que não fazem parte do nosso ambiente.

A pesquisadora explicou a recorrente utilização de animais exóticos, presentes principalmente em formações africanas, para explicar os conceitos ecológicos, em detrimento da utilização de animais presentes na fauna brasileira. Ressaltou que, ao analisar alguns conceitos ecológicos, poderíamos propor outras formas de tratamento, a fim de minimizar

essa distorção presente nos manuais didáticos. Enfatizou que, conceitos como o de sucessão ecológica, geralmente são abordados de forma linear (visão de Clements), apresentando suas fases como sequências de acontecimentos pré-determinados e de forma estática, como se uma fase mudasse para outra de forma repentina, sem serem considerados todos os fenômenos e processos que ocorrem durante essa modificação, e como se ocorressem em um curto espaço de tempo. As falas dos alunos corroboraram o exposto:

Aluno 1: Até nos livros [de Ensino Médio], eu fui ver agora, sucessão ecológica, os desenhos estão assim também. Passa do nada de uma forma para outra como se não houvesse muita coisa no meio.

Aluno 3: De uma maneira rápida.

Para contrastar estas idéias presentes nos manuais didáticos analisados, de que o fenômeno de sucessão ecológica pudesse ser observado em um curto espaço de tempo, a pesquisadora indagou como é esta abordagem nos livros de ecologia utilizados durante a graduação, disciplina já cursada pelos alunos, e um deles respondeu:

Aluno 1: Por exemplo eu vi no livro [de graduação] que é difícil estudar esses processos pelo fato do tempo. Então eles seguem lugares distintos para conseguir dar uma sequência. Não é bem assim de uma hora para outra.

O aluno tentou explicar que as referências utilizadas no contexto de graduação ressaltam a dificuldade de analisar empiricamente os processos que englobam a sucessão, por causa da variável tempo. Por isso, é recorrente, em livros didáticos, a utilização de exemplos extremos para ilustrar as mudanças que ocorrem entre as diferentes fases ou seres da sucessão, tais como uma pedra nua ou uma ilha na qual ocorreu uma erupção vulcânica

O outro aluno comentou o problema do livro didático de Ensino Médio:

Aluno 3: Quando eu estava na escola era bem assim. Não dava para entender [...] eles [os professores] falavam de um jeito como se tudo fosse muito rápido. Mas ninguém falava “demora muito tempo”, mas você ficava com a impressão de que é rápido.

A pesquisadora explicou que, além dos exemplos utilizados nos livros didáticos de Ensino Médio não se referirem, na maioria das vezes, à variável tempo, as ilustrações utilizadas remetiam à ideia de um fenômeno rápido, no qual todas as fases do processo pudessem ser vistas em um curto espaço de tempo, em um determinado local. Perguntou,

então, se em uma mata, assim como a encontrada na Reserva Legal pertencente ao *Campus* da UNESP de Bauru, característica do bioma cerrado, o processo de sucessão ocorreria. Os alunos responderam, depois de pensar um pouco, que sim. A pesquisadora voltou a perguntar como e em que momento isto ocorreria. Os alunos não conseguiram elaborar uma explicação. A pesquisadora ressaltou a dificuldade para estabelecer tal relação e um dos alunos respondeu:

Aluno 3: Ah! Eu acho que a todo momento está ocorrendo sucessão, não uma sucessão num sentido mais amplo, mas eu acho que vai...

A pesquisadora interrompeu pedindo para o aluno explicar o que significava “sentido mais amplo”, e ele respondeu:

Aluno 3: Ah! Não sei, acho que sempre fica essa impressão que, sabe, a sucessão é em grande escala.

O aluno tentou explicar que, a todo momento, está ocorrendo a sucessão, mas que não parávamos para pensar dessa forma, pois, quando aprendemos esse conceito na escolaridade básica, ficamos com a impressão que ele ocorre somente em grande escala visual. A pesquisadora questionou se alguma árvore caísse na mata citada, por motivos naturais, o que aconteceria. E o aluno respondeu:

Aluno 3: Vai ter sol, as plantas vão crescer, ela deixou né, como fala?[...] é um banco de sementes, essas coisas, vai nascer. [...] aquilo mudou o ambiente, vai mudar todas as interações ali. [...] Vai ocorrer nova sucessão.

Assim, iniciaram-se as discussões acerca das características de plantas pioneiras e tardias que poderiam se desenvolver durante o processo sucessional. Mais adiante, a pesquisadora perguntou como poderíamos trabalhar o conceito de sucessão, de maneira a minimizar as concepções distorcidas verificadas. O Aluno 1 explicou que seria necessário, num primeiro momento, trabalhar com exemplos mais acessíveis à realidade do aluno, como a vegetação do cerrado, por exemplo, no nosso caso. O Aluno 3 comentou que na natureza não existem mudanças rápidas e recorreu ao uso de uma analogia entre o ciclo de vida do ser

humano, que não é rápido e é apenas um indivíduo, explicando que, na sucessão ecológica, existem diversos indivíduos envolvidos, e diferentes ciclos de vida também.

Para melhor entender essas questões, a pesquisadora explicou que cada organismo apresenta um ciclo de vida: nasce, cresce, reproduz e morre, de acordo com as interações estabelecidas com o meio e com os outros organismos vivos. Para se reproduzir e para que seus descendentes se estabeleçam naquele local, seria necessário que as interações fossem efetivadas. Por apresentar diferentes ciclos de vida, os indivíduos se estabelecem, se intercalam e se sucedem de acordo com as interações efetivadas ao longo do seu ciclo de vida. Conforme algumas plantas, como as pioneiras, por exemplo, vão se estabelecendo de acordo com as condições necessárias para a sua sobrevivência (por meio das interações estipuladas), seu desenvolvimento pode fornecer condições de vida adequadas para outras espécies se desenvolverem.

Chegamos ao ponto da discussão que abarcava os elementos influenciadores do processo de sucessão ecológica, e os alunos responderam:

Aluno 3: Os abióticos.[...] temperatura, umidade, luminosidade, o solo e também as próprias plantas. [...] As formas de dispersão de semente...

Fez-se necessário explicar aos alunos que, mediante o entendimento desses elementos ou fatores influenciadores do processo de sucessão, poderíamos entendê-lo de forma mais dinâmica e menos linear. Mas a pesquisadora transferiu para os alunos o problema: como poderíamos trabalhar tais conceitos no Ensino Médio? Num primeiro momento, os alunos não souberam articular essa explicação, evidenciando apenas que deveriam ocorrer aulas práticas.

Ao perceber que as idéias dos alunos não se desenvolveriam da maneira esperada, a pesquisadora interferiu, explicando que deveriam consultar e utilizar textos produzidos por pesquisas nas áreas de Botânica ou Ecologia para subsidiarem suas idéias na elaboração das pesquisas sem, contudo, isto significar que estariam fazendo pesquisas nessas áreas

específicas. É necessário que se utilizem as pesquisas acadêmicas dessas áreas para auxiliar as pesquisas em ensino. Para responder às perguntas conceituais feitas aos alunos, foi preciso o domínio dos conceitos científicos e as principais fontes desses conceitos são as pesquisas realizadas nas diferentes áreas específicas.

Assim, finalizou-se essa reunião com a seguinte proposta da pesquisadora: seria possível pensar em um modelo no qual uma grande parte de conceitos ecológicos pudesse ser tratado no ensino, por meio de um conceito integrador? Seria, dessa forma, o conceito de sucessão ecológica um conceito integrador na Ecologia, por envolver vários outros conceitos, tais como interações bióticas (polinizadores, dispersores, competição) e abióticas (luminosidade, umidade), ciclo de vida de diferentes organismos, entre outros? Como trabalhar esse conceito de maneira a minimizar as concepções distorcidas já apresentadas? Como apresentar isso aos alunos de Ensino Médio?

Para apresentar o andamento dos projetos, nos reunimos novamente para discutirmos o tema e as dificuldades encontradas, a fim de que pudéssemos propor novas soluções para resolvê-las. Discutimos a proposta feita pelos alunos para o tratamento do conceito de sucessão ecológica no Ensino Médio, por meio de um esquema e um texto explicativo. A pesquisadora foi encaminhando o andamento do projeto, dando ênfase ao cumprimento dos objetivos propostos.

Os alunos relataram que a idéia de criar um esquema explicativo para o conceito de sucessão ecológica, em forma de desenho, foi a mais propícia, diante dos problemas apontados nos manuais didáticos. Juntamente com o esquema explicativo, foi criado por eles um texto explicativo para facilitar o entendimento do processo de sucessão ecológica, englobando as vertentes que esse conceito apresenta. Para a criação do esquema, foram utilizadas características e elementos do bioma cerrado, por considerarem o público alvo

localizado na região de Bauru (SP), cuja vegetação predominante pertence a este bioma, tornando o esquema mais próximo da realidade destes alunos.

A reunião prosseguiu tendo como base as informações contidas no esquema e texto explicativos propostos pelos alunos. A pesquisadora discutiu questões pertinentes, apontando os erros e propondo formas de corrigi-los:

Pesquisadora: Quais são os processos ecológicos necessários para que ocorra a sucessão? Que vocês identificam: bom, para haver a sucessão precisa haver?

Aluno 1: Condições favoráveis, dispersão de sementes ou frutos.

Aluno 3: No cerrado essas sementes podem estar no próprio solo, em situação de dormência.

Aluno 1: Podem.

Pesquisadora: Isso. Esses fenômenos: dispersão de sementes, as diversas formas de dispersão de semente, inclusive a dormência. Essas condições aqui é que vão permitir que ocorra uma sucessão, num primeiro momento. Depois, com o estabelecimento das pioneiras o meio começa a sofrer algumas modificações, quais? [...] Vocês falaram no texto [texto escrito proposto pelos alunos]: condições favoráveis mais banco de sementes. Esse banco de semente, ele vai ser trazido de alguma forma, que é a dispersão. Quais são os tipos de dispersão? Vocês vão ter que descrever. As plantas modificam o ambiente como? E quais as consequências? [...] As primeiras plantas se estabeleceram, provavelmente do banco de sementes. E como que as outras começam a formar um novo ambiente?

Aluno 3: Continua a dispersão.

A pesquisadora ressaltou que, por se tratarem de conceitos que faziam parte do processo de sucessão, os alunos deveriam referenciá-los melhor: falar sobre os tipos de dispersão de sementes, condições favoráveis e desfavoráveis para a germinação e outros que fossem requeridos.

Os alunos relataram que esta foi a parte mais difícil do projeto: elaborar uma proposta didática que superasse as críticas feitas por eles.

Pesquisadora: O que você está achando [Aluna 1], do começo até agora, enquanto pesquisa? Você se propôs a alguma coisa, o que você tinha idéia? Quais foram as dificuldades? O que você está pensando hoje?

Aluno 1: Ah, eu achei super diferente essa idéia. Quando eu converso com outras pessoas que também trabalham com a área da educação, uma amiga minha que está fazendo pós, aí ela achou super legal essa idéia de analisar livros didáticos, materiais didáticos e tentar melhorar. É uma coisa que eu também nunca tinha pensado em fazer.

Pesquisadora: Na verdade esse material pode ser um complemento. Usar o livro didático e um complemento do ambiente aqui [que represente o ambiente local]. Ele não necessariamente exclui o livro didático, não é isso. A nossa intenção é enriquecer com material apropriado, informações locais. E qual está sendo sua maior dificuldade?

Aluno 1: É exatamente, construir o texto, englobando todos os conceitos envolvidos e a questão do esquema. [...] é minha maior dificuldade.

Remeteram-se ao período escolar, quando estudaram o referido conceito:

Aluno 3: [...] Eu estava conversando com um pessoal e perguntei o que eles sabiam sobre sucessão. E eles falaram “ah!”. Ninguém lembra direito. A gente viu isso, mas não é uma coisa que fica.

Aluno 1: Eu não lembrava mais disso quando eu entrei na faculdade.

Aluno 1: Eu só lembrava assim “rocha nua”. Eu lembrava alguma coisa assim: rocha nua e líquen, única coisa. Todo mundo que eu pergunto. Aí eu cheguei para meu irmãozinho, ele está na sétima série, “o que é sucessão?”. Ninguém sabe.

Assim, esta reunião terminou com o compromisso de os alunos entregarem os trabalhos devidamente corrigidos, de acordo com as observações apontadas.

Entrevistas individuais

As entrevistas individuais, realizadas ao final das pesquisas, foram norteadas por questionário semi-estruturado. Exploramos principalmente as impressões dos alunos quanto à elaboração do projeto e da pesquisa de iniciação científica, as dificuldades encontradas, as concepções prévias e as concepções após a pesquisa, a respeito do tema versado. Apresentamos as questões e respostas pertinentes a esta análise, a seguir:

- Comente sobre a elaboração de um projeto de pesquisa.

Aluno 1: [...] realizar, de pensar, de organizar as idéias, o texto explicativo, nossa, foi o mais complicado. Acompanhar as idéias do projeto, como seria feito foi tranquilo. Mas, para desenvolver assim...

Aluno 3: A elaboração de um projeto de pesquisa não é uma tarefa simples. É necessária muita leitura e reflexão sobre o tema do projeto.

- Quais foram suas maiores dificuldades durante a realização da pesquisa?

Aluno 1: Foram os resultados. Porque a gente tinha que aprofundar muito nos detalhes. Explicar bem detalhadamente [a explicação do processo de sucessão ecológica] para que as outras pessoas pudessem entender, e melhorar aquilo que já tem. Para mim foi o mais difícil. Ir atrás disso e perceber esses detalhes. Tentar arranjar uma solução para aquilo que eu estava propondo.

Aluno 3: A maior dificuldade em minha pesquisa foi a fase de análise dos dados. [...] Por serem perguntas abertas, a análise das respostas foi complicada, pois, era necessário muita atenção para que na leitura e separação das respostas em categorias, os conceitos dados pelos alunos não fossem interpretados por mim de maneira diferente do que eles realmente quiseram explicar.

- Comente suas impressões sobre a pesquisa antes, e depois de realizá-la.

Aluno 1: Eu já achava que era uma coisa bem complicada. Assim, até pensar em uma coisa que eu quisesse resolver ou... Mas eu achei que é possível e não é tão assim um bicho de sete cabeças. Mas porque eu tive uma orientadora, certo? Que direcionou e tal...

Aluno 3: Antes de iniciar a pesquisa eu não tinha idéia de que fazer uma pesquisa qualitativa seria tão complicado. A subjetividade das respostas dos alunos acerca do tema, a maneira de confeccionar um questionário claro e objetivo, escrever artigos sobre a pesquisa são coisas muito complicadas a princípio, mas com uma boa explicação dada pelo orientador sobre como devemos proceder em cada um desses itens, essas tarefas ficam mais fáceis e compensadoras, quando enfim chegamos aos nossos objetivos.

- Você fez uma análise sobre a apresentação de conceitos ecológicos em livros didáticos para o Ensino Médio. Em relação a esses conceitos, comente sobre:
 - suas concepções prévias (como você entendia esses conceitos)
 - suas concepções após a pesquisa (como você passou a entender esses conceitos)

Aluno 1: Então a minha idéia é praticamente igual a da maioria, para mim é esse negócio mesmo: sucessão é isso, mas não entendendo como um todo assim, sabe, interligando com um monte de coisas, com outros tipos de interação. Para mim era aquela coisa estática mesmo. Tanto é que eu nem entendia muito bem o que era a sucessão ecológica [...] Agora, entender tudo... eu acho que não, mas deu para clarear bem mais [...] Tanto é que eu nem lembrava, entendeu? Quando eu cheguei aqui na faculdade, diversas pessoas já tinham visto sucessão ecológica, eu nem lembrava. Coisa que eu vi porque no livro [Ensino Médio] está grifado, mas eu nem lembrava do que se tratava.

Aluno 3: Anteriormente à pesquisa e ao grupo de estudos, eu não tinha noção da maneira como os conceitos biológicos são apresentados nos livros didáticos. Após a leitura de alguns trabalhos, comecei a olhar os livros didáticos de outro modo. O tema da minha pesquisa [sucessão ecológica], por exemplo, é retratado em muitos livros didáticos como sendo um fenômeno simples, com fases estanques, sem fazer relações com outros processos que ocorrem em uma comunidade, como fluxos de energia, a relação das fases sucessionais com fatores abióticos, como a composição do solo, o regime climático do local, a posição geográfica, a fragmentação do local. Os livros não citam a participação dos animais no processo. Os exemplos passados são em sua maioria internacionais, por exemplo, sucessão ecológica em florestas de coníferas. Anteriormente a pesquisa, esses conceitos para mim eram exatamente os retratados nos livros, eu não tinha a visão de que existe uma interação entre muitas coisas do ambiente, eu tinha a impressão de que as coisas ocorriam separadamente ou quando eu achava que existia relação entre os processos, eu não conseguia fazer extrapolações que não eram retratadas nos livros. A meu ver, tudo que estava escrito nos livros eram verdades absolutas, assim eu não via o porquê de discordar de nada do que estava escrito. Depois da pesquisa, minha impressão sobre os conceitos mudou muito. [...] Agora, eu vejo que muitos autores, para tentar facilitar a compreensão dos alunos, diminuem os conceitos ao máximo, simplificam muito, dividem os conceitos em fases que não existem na natureza, achando que a explicação ficará mais didática. Jogam o conteúdo no livro sem explicar o porquê das teorias mais aceitas pelos pesquisadores, serem a X e a Z e não a Y, fazendo com que os alunos realmente não pensam sobre o assunto.

5.1.1.2. Produções de pesquisa

O Aluno 1 produziu, em conjunto com o Aluno 3, um texto e um esquema interpretativo do processo de sucessão ecológica, tendo o cerrado como ambiente

contextualizador dos conceitos tratados. O Aluno 3 analisou as concepções de alunos do Ensino Médio sobre o conceito de sucessão ecológica, relacionando-as com as possíveis influências exercidas pelo livro didático por eles utilizado.

Texto e esquema interpretativo do processo de sucessão ecológica

Este material refere-se ao produto de pesquisa do Aluno 1, embora o Aluno 3 tenha participado efetivamente de sua elaboração. O esquema elaborado requisitou um texto explicativo que se encontra junto ao esquema a seguir. É importante ressaltar que este texto está exposto tal como apresentado pelos alunos.

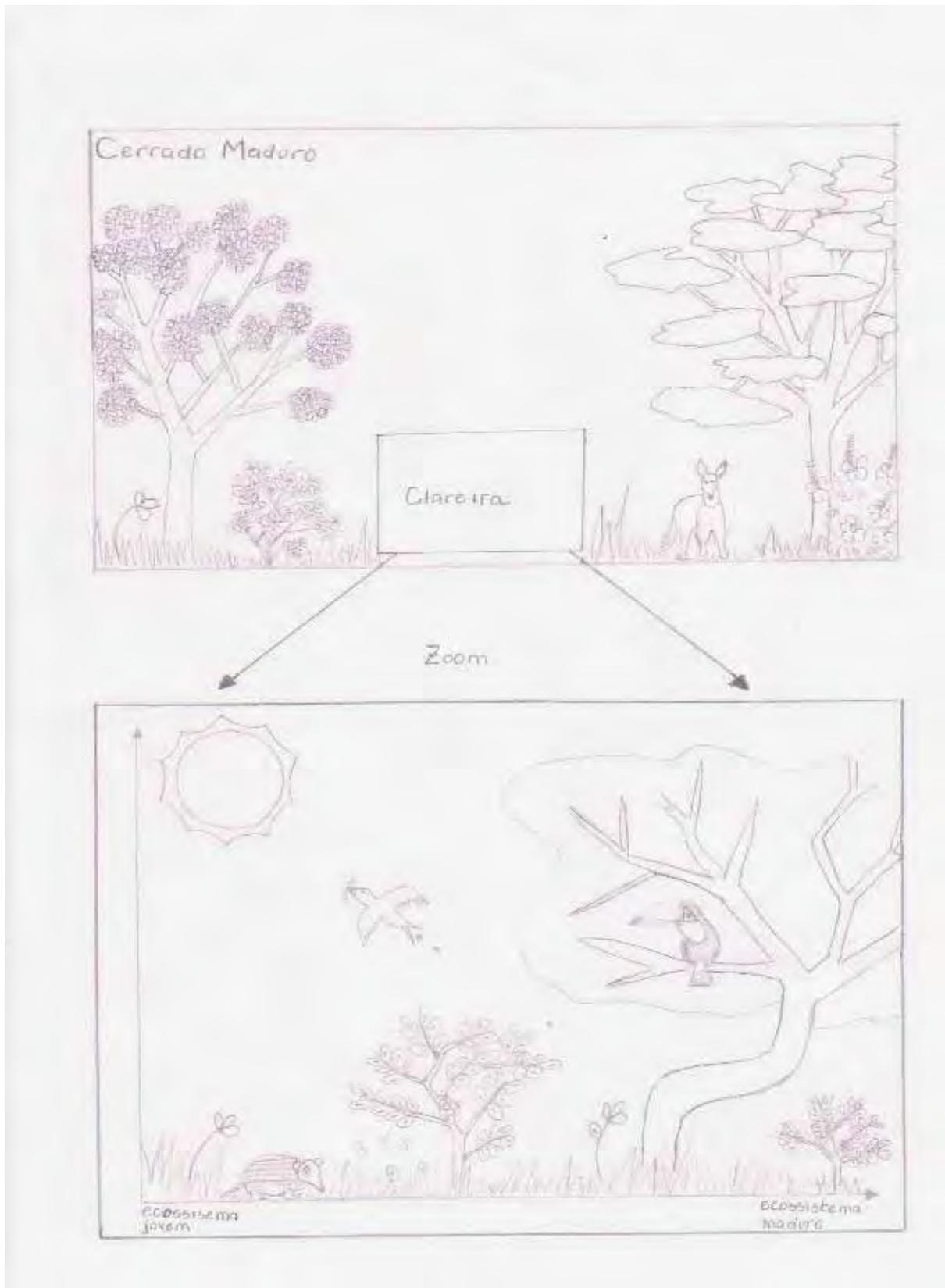


Figura 3: Esquema didático auxiliar sobre o conceito de sucessão ecológica apresentado pelos alunos

Texto explicativo elaborado pelos alunos

Ao pensarmos no esquema, decidimos fazê-lo em duas partes, uma demonstrando a comunidade madura, porém nela encontra-se uma clareira, que consiste na abertura do dossel, normalmente ocasionado pela queda de uma árvore ou mesmo por outros eventos, como a ação antrópica. A partir desta clareira, a segunda parte do esquema foi feita com o objetivo de proporcionar uma noção de *zoom* do segmento indicado na primeira parte, e nesta a comunidade irá se restaurar por meio do processo de sucessão ecológica.

Um outro aspecto de referência do desenho foram os animais pertencentes à fauna do cerrado, dentre eles desenhamos o tucano, o veado campeiro e o tatu. A ave utilizada sugere a dispersão de sementes realizada por animais (zoocoria), forma de dispersão de maior incidência no cerrado.

Referente à segunda parte do desenho, podemos ressaltar que este foi feito sugerindo que existe um início no processo de sucessão ecológica, com um ecossistema jovem e imaturo e no decorrer do tempo (que pode variar de poucos a muitos anos, dependendo das espécies vegetais que aí se encontram) alcança-se um ecossistema maduro.

É importante conferirmos às clareiras uma representatividade de nichos distintos de colonização, permitindo a coexistência na comunidade de espécies com diferentes histórias de vida, ou seja, a contribuição das clareiras à diversidade relaciona-se ao número ou à riqueza de espécies que dependem efetivamente desses sítios para uma regeneração com êxito (TABARELLI e MANTOVANI, 1998). Conforme esse conceito desenhamos árvores de espécies distintas, justamente para demonstrar essa diversidade.

Ainda de acordo com a segunda parte do esquema, utilizamos uma certa gradatividade para indicar que o processo está evoluindo para conseguir uma certa estabilidade na comunidade madura. No início, tem-se um sol indicando que as espécies pioneiras normalmente são intolerantes à sombra, e se desenvolvem satisfatoriamente com a alta incidência de raios solares. Conforme a evolução do fenômeno, as espécies subseqüentes conseguem sobreviver com a sombra criada por estruturas vegetais de maior porte e assim por competição ou outros fenômenos ecológicos, tais como não adaptabilidade no local, entre outros, as plantas pioneiras são excluídas da comunidade.

Ao analisar o contexto, podemos sugerir novamente a idéia de um clímax não rígido e estável, pois em uma comunidade madura pode ocorrer perturbações naturais que eliminem a certa “estabilidade” do ecossistema maduro.

Abordagem do conceito de sucessão em manuais didáticos e suas possíveis influências nas concepções de alunos do Ensino Médio

A pesquisa de iniciação científica do Aluno 3 consistiu em análise documental do livro didático de Biologia para o Ensino Médio, utilizado em uma escola pública do município de Bauru-SP (Biologia - volume único, dos autores Sônia Lopes e Sergio Rosso, avaliado e aprovado pelo PNLEM 2009-2011 - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio), e análise das concepções dos alunos que utilizaram o referido livro. As análises do aluno estão transcritas a seguir, “*ipsis litteris*”:

A sucessão ecológica no material analisado era definida em função de três características:

1. É um processo não sazonal, dirigido e contínuo; 2. ocorre como resposta às modificações nas condições ambientais locais, provocadas pelos próprios organismos nos estágios serais; 3. termina com o estabelecimento de uma comunidade clímax, que não sofre mais alterações em sua estrutura, desde que as condições macroclimáticas não se alterem (LOPES & ROSSO, 2005, p. 566).

Em relação à primeira característica, a sucessão ecológica não consistiria em um processo contínuo, pois as fases podem se alternar, não seguindo uma trama linear. Por exemplo, uma mata que está em desenvolvimento, pode ser perturbada com uma grande queimada. Assim o processo não se daria de uma forma contínua, não passando de fase a fase, pois antes de atingir o clímax, ela poderia retornar para as primeiras fases da sucessão.

Cabe ressaltar também, que a sucessão não ocorre somente quando acontecem modificações nas condições ambientais locais provocadas pelos próprios organismos nos estágios serais. A sucessão pode ocorrer também quando fatores externos a comunidade em estudo se manifestam. Isso pode ser facilmente demonstrado com exemplos de perturbações antrópicas e também fenômenos da natureza. Um raio caindo na mata ou um incêndio causado por humanos não são caracterizados como modificações causadas pelos organismos da própria comunidade. É importante ressaltar, que essa característica apresentada no livro exclui os seres humanos de qualquer relação com modificações nos processos sucessionais, o que contrapomos, diante de tantas catástrofes que vêm acontecendo no meio ambiente, causadas principalmente por ações antrópicas.

A última característica apontada pelos autores do livro didático, diz que a sucessão termina com o estabelecimento de uma comunidade clímax, que não mais se altera desde que as condições macroclimáticas não se alterem. Trata-se de uma hipótese muito determinista, já que o clímax possui estabilidade dinâmica, e mesmo que as condições climáticas daquela região não mudem macroscopicamente, outros fatores podem alterar o clímax, como a entrada de uma espécie exótica no ambiente, por exemplo.

Assim, ao analisarmos o livro verificou-se que o processo de sucessão encontra-se de uma forma fragmentada, dando a impressão que cada fase da sucessão acontece separadamente, ou seja, a forma como esses conceitos são apresentados não permite ao aluno entendê-los como interdependentes, causando a impressão de que um conceito não tem a menor ligação com o outro, não condizendo com a visão integrada que o ensino de Ecologia requer.

Outro problema encontrado na análise do livro refere-se aos esquemas apresentados. O primeiro esquema (Figura 4) ilustra uma sucessão primária ocorrendo em dunas. O segundo esquema (Figura 5) refere-se a uma sucessão secundária ocorrendo em um campo abandonado.



Figura 4: Esquema de uma sucessão primária ocorrendo em dunas

O esquema de sucessão primária presente na Figura 4 é apresentado de maneira que o aluno pode se confundir com as informações, que dão a impressão de que o deserto não seria um bioma que poderia estar na fase de clímax, por possuir características climáticas extremas e por ser apresentado como ponto inicial da sucessão primária. Essa impressão permite que os alunos não consigam distinguir uma sucessão primária de um bioma como deserto ou a caatinga. Por exemplo, a primeira parte do esquema apresentado na Figura 4 retrata dunas que podem ser facilmente confundidas com deserto, o que pode dificultar o entendimento pelo aluno de que o bioma deserto pode estar em clímax e não necessariamente ser um local onde se inicia a sucessão primária. Assim, o aluno entende de forma reducionista o conceito amplo de sucessão ecológica apenas como sucessão primária.

Já no esquema de sucessão secundária (Figura 5), o problema encontrado é a utilização de exemplo estrangeiro (Floresta de Coníferas), não permitindo a contextualização do conceito. Para melhor compreensão, seria importante o uso de organismos presentes nos biomas brasileiros, pois o aluno poderia ter uma visão mais próxima da sua realidade, facilitando o entendimento de conceitos e processos.

Outra crítica seria a forma com que os organismos estão apresentados, dando a impressão de que os indivíduos estão apenas em ordem crescente de tamanho, apresentando praticamente o mesmo aspecto. Mesmo que esteja escrito abaixo do esquema as formas vegetais que estão representadas (campo abandonado, gramíneas, arbustos, florestas de coníferas, clímax florestal), essa forma de apresentação permite que o processo de sucessão seja confundido com o ciclo de vida de um único organismo, no caso coníferas, que se apresentam relativamente pequenas na primeira parte do esquema apresentado na Figura 5, aumentando gradativamente seu tamanho ao longo do tempo.

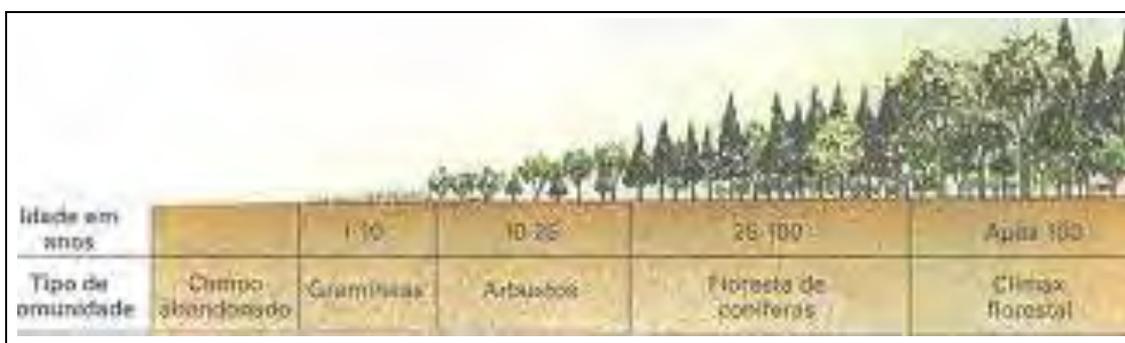


Figura 5: Esquema de uma sucessão secundária ocorrendo em um campo abandonado

Consideramos também que ambos os esquemas não contemplam nenhuma espécie animal, permitindo a compreensão de que no processo sucessional os animais são dispensáveis. Inferimos, porém que sem algumas aves ou insetos polinizadores e animais dispersores de sementes, seria muito difícil que algumas plantas conseguissem produzir descendentes e todo o processo sucessional estaria comprometido.

Também não é representada ou citada a participação de microorganismos no processo. Sem eles seria praticamente impossível a decomposição, fator preponderante na ciclagem de nutrientes dos ecossistemas dos quais todos os seres vivos dependem de alguma forma.

Algumas das críticas feitas ao livro didático são legitimadas pelas respostas dos alunos ao questionário, sendo que tais respostas encontram-se classificadas em categorias de análise.

Uma das interpretações que pode ser feita a partir dos organismos representados na Figura 4 é a que a sucessão sempre acontece dos organismos mais simples para os mais complexos (Categoria 1). Entendemos o termo “complexos” como sendo os organismos maiores em tamanho, e não indivíduos que realizam o maior número de interações. Podemos constatar esse fato a seguir, nas respostas de alguns alunos:

Quadro 3: Respostas ao questionário classificadas na Categoria 1: "Sucessão como transformação do simples para o complexo"

"Sucessão ecológica é a transformação do bioma até atingir o clímax. Começa com porções menores e vai crescendo."
"É o processo de transformação do ecossistema do mais simples para o mais complexo."
"(...) é preciso ter várias gerações para alcançar maior complexidade."
"O cerrado e a mata Atlântica [referindo-se a biomas que estariam em clímax, excluindo desertos e a caatinga], pois possuem complexas redes de interação."
"Após as erupções, haverá uma área devastada. A partir daí ocorrerá o desenvolvimento de pequenas plantas rasteiras."
"(...), pois é necessário que se desenvolva desde árvores de pequeno porte até árvores de grande tamanho."
"(...) até ter uma grande e complexa cadeia ecológica formada por espécies presentes no clímax e quando o bioma está em desenvolvimento."

Podemos observar, a partir das respostas dos alunos, que essa concepção de sucessão ecológica como um processo que vai de plantas simples à complexas poderia ter sido reforçada pelo livro didático no esquema de sucessão secundária (Figura 5), pois, trata-se apenas de uma sequência crescente de coníferas. Além do esquema, o livro didático apresenta uma explicação muito limitada do conteúdo, não favorecendo uma compreensão ampla do processo, como podemos notar no trecho que se segue:

A sucessão é secundária quando o desenvolvimento de uma comunidade tem início em uma área anteriormente ocupada por outras comunidades bem estabelecidas, como terras de cultura abandonadas, campinas aradas e florestas recém-formadas (LOPES & ROSSO, 2005, p. 566).

Em relação ao esquema de sucessão ecológica primária (Figura 4), constatamos que o mesmo poderia causar distorção na compreensão do conceito, pois verificamos nas respostas dadas ao questionário uma simplificação na abordagem de um conceito complexo e integrador como a sucessão ecológica. Em algumas falas dos alunos, que se enquadraram na Categoria 2, verificamos que as concepções sobre sucessão ecológica remetem-se principalmente ao conceito de sucessão primária, sem que seja considerado a possibilidade de ocorrência da sucessão secundária. Essas respostas estão expostas no quadro a seguir:

Quadro 4: Respostas ao questionário classificadas na Categoria 2: "Sucessão como transformação um lugar inóspito para um lugar com vida"

"É o estabelecimento de organismos em lugares desertos deixando-o habitável até atingir uma comunidade clímax."
"Sucessão ecológica é um estágio presente na evolução de um lugar, desde algo improdutivo até uma terra propícia para a vida."
"Onde não existia nada, aos poucos vai enchendo de espécies."
"Na ilha vulcânica e na floresta incendiada [referindo-se aos locais que poderia ocorrer o processo de sucessão ecológica], pois são ecossistemas que estão começando ou recomeçando do zero."
"São ambientes [referindo-se a uma ilha oceânica em que aconteceram várias erupções vulcânicas e que agora os vulcões estejam inativos; uma árvore que cai no meio de uma floresta formando uma clareira e uma grande floresta incendiada] que começaram do zero e que estão disponíveis para que um novo ecossistema se estabeleça até entrar em equilíbrio."
"Uma grande área de floresta que é incendiada, pois, com a queimada, grande parte dos seres vivos são mortos, tendo que recomeçar do zero outra vez."

Assim, verificamos que os alunos possuem concepções errôneas a respeito da sucessão ecológica como um todo, reduzindo-a apenas a alguns processos, tal como a sucessão primária, por acharem que ambientes caracterizados por condições ecológicas extremas estariam enquadradas apenas dentro deste conceito.

5.1.2. O percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica sobre o conceito de interações ecológicas

Neste sub-item, apresentamos a avaliação do percurso de pesquisas de iniciação científica realizada pelo Aluno 2 sobre o conceito de interações ecológicas. A pesquisa do Aluno 4, com previsão de término para o mês de julho de 2010, não será considerada na análise dos dados desta pesquisa, pois, por demandar esforço de levantamento de dados em campo, houve adiamento da apresentação final dos resultados. De qualquer forma, achamos interessante que as idéias desenvolvidas pelo Aluno 4, por meio do projeto de pesquisa enviado ao PIBIC-CNPq, fossem mencionadas. Acreditamos que, quando concluída, poderá se constituir como instrumento inovador na prática de ensino de conceitos ecológicos e biológicos.

A problematização inicial, realizada no início de cada orientação, motivou o interesse dos alunos pelo desenvolvimento de pesquisas com o tema interações ecológicas. Os alunos entendiam que o conceito de interações ecológicas, muitas vezes, se evidenciam nos livros didáticos e apostilas para o Ensino Médio, de forma descontextualizada, isto é, os exemplos utilizados para ilustrar as interações ecológicas, não condiziam com a realidade da flora e da fauna brasileiras.

O objetivo geral das pesquisas foi verificar como conceitos ecológicos, tais como as interações ecológicas, estão sendo explicados e exemplificados nos manuais didáticos de Biologia para o Ensino Médio.

A pesquisa do Aluno 2 teve como objetivos específicos: analisar fotos ilustrativas no tratamento de conceitos ecológicos e interações ecológicas utilizadas nos manuais didáticos; verificar se o bioma cerrado é bem caracterizado nesses manuais; elaborar material didático auxiliar para o ensino de Ecologia em nível de Ensino Médio, com ilustrações

coerentes sobre o cerrado e com perguntas que os professores possam realizar na forma de discussões com os alunos em sala de aula.

O projeto de pesquisa de iniciação científica do Aluno 4 apresentou os objetivos específicos: realizar estudos de fenologia em uma espécie característica do bioma cerrado, o pequí (*Caryocar brasiliense*); realizar levantamento sobre as interações ecológicas ocorridas com essa espécie; elaborar material didático para o ensino de Ecologia em nível de Ensino Médio, voltado para o estudo de interações ecológicas a partir dos dados coletados durante a pesquisa de campo.

Essas pesquisas foram (Aluno 2) e vêm sendo (Aluno 4) desenvolvidas com espécies presentes nos antigos caminhos que servem às atividades do projeto “Passeando e aprendendo no Cerrado” localizados na Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP.

No sub-item a seguir (5.1.2.1.), discorreremos o plano geral de atividades propostas pelo Aluno 4, na elaboração de seu projeto de pesquisa de iniciação científica e as considerações que achamos relevantes em relação ao seu desenvolvimento. Nos sub-itens subsequentes, passaremos à apresentação dos dados sobre o percurso de elaboração de pesquisa de iniciação científica do Aluno 2.

5.1.2.1. Estudo fenológico como instrumento de ensino de conceitos ecológicos

A pesquisa do Aluno 4, intitulada “Estudo fenológico de *Caryocar brasilienses* como instrumento no ensino de conceitos ecológicos para o Ensino Médio”, está sendo desenvolvida por meio da fenologia, estudo caracterizado pela ocorrência de eventos biológicos repetitivos, das causas de suas ocorrências em relação a fatores bióticos e abióticos e das inter-relações entre as fases caracterizadas por esses eventos, da mesma ou de diferentes espécies (LIETH, 1974). Esse tipo de estudo permite a observação sequenciada dos eventos

de desenvolvimento do organismo, seja ele animal ou vegetal, sendo distinguíveis suas fases ou fenofases.

Mediante essa explicação, pensamos que este tipo de metodologia, utilizada principalmente em pesquisas científicas de Ecologia, pudesse ser um instrumento pelo qual o professor de Educação Básica inserisse, durante o ensino de Ecologia ou Biologia, discussões sobre o desenvolvimento de espécies vegetais. Esta utilização pode favorecer a problematização das situações observadas, proporcionando a compreensão dos fenômenos e processos ecológicos e biológicos em um todo integrado. Além disso, os estudos fenológicos apresentam potencial didático para o desenvolvimento de habilidades em outras áreas do conhecimento, tais como a Geografia e a Matemática.

Ressaltamos a importância da utilização de instrumentos de coleta e análise de dados utilizados no contexto acadêmico, tais como os estudos fenológicos, adaptados ao contexto escolar. Essa recontextualização auxilia o processo de ensino, fornecendo dados científicos confiáveis.

Diante do problema levantado pelos alunos sobre a forma descontextualizada, na qual, exemplos de espécies animais e vegetais são utilizados nas explicações de conceitos ecológicos nos livros didáticos, inferimos que a utilização de resultados de pesquisas científicas realizadas nos biomas brasileiros são importantes na elaboração de manuais didáticos.

Por meio dos estudos fenológicos de uma espécie vegetal presente na escola ou no seu entorno, o professor de Biologia poderia ensinar vários conceitos científicos, não só aqueles referentes aos conceitos ecológicos (interações ecológicas), mas também conceitos de Botânica, Morfologia e Fisiologia vegetal (de folha, flor, fruto e semente), tendo como base os fenômenos observáveis que ocorrem durante as diferentes fenofases, tais como polinização, síndrome de dispersão de frutos e sementes, entre outros.

Ressaltamos que a relevância da pesquisa desenvolvida pelo Aluno 4 não se encontra no estudo da fenologia de uma espécie específica, mas sim no modelo de observação de interações e de outros fenômenos que podem ser explorados por meio da fenologia. Esse modelo de observação pode ser extrapolado para outras espécies de plantas e biomas brasileiros, observando-se as peculiaridades de cada região e o contexto em que a escola está inserida.

5.1.2.2. Proposta didática: o estudo do conceito interações ecológicas

A pesquisa do Aluno 2, intitulada “Interações ecológicas no cerrado: uma proposta para o estudo de conceitos ecológicos no Ensino Médio”, se desenvolveu por meio das análises de manuais didáticos. Ao analisar livros e apostilas de Biologia para o Ensino Médio, o aluno constatou a falta de exemplos contextualizados à realidade brasileira, principalmente ao que se referia ao bioma cerrado. Dessa verificação inicial, se delineou o acompanhamento da pesquisa por meio das reuniões de orientação e entrevistas individuais finais, descritos no item (5.1.2.3.). No item (5.1.2.4.), apresentamos sua produção de pesquisa.

5.1.2.3. Acompanhamento da pesquisa

O acompanhamento da pesquisa realizada pelo Aluno 4 se deu por meio de reuniões de orientação e da entrevista final, gravadas com a permissão do aluno e transcrita. Em algumas reuniões, foram tomadas as notas de campo, constituindo ambos objetos de análise sobre percurso de elaboração desta pesquisa de iniciação científica.

As reuniões de orientação

Após realizar levantamento inicial em manuais didáticos sobre a forma de apresentação dos conceitos ecológicos, tal como o conceito de interações ecológicas, e constatando que esta apresentação utilizava exemplos descontextualizados com relação à flora e à fauna brasileiras, o Aluno 4 se mostrou inseguro para organizar e desenvolver outra abordagem que desse conta de suprir as necessidades por ele apontadas.

Em reunião de orientação, o aluno evidenciou suas dificuldades em articular as informações e os conhecimentos produzidos pelas pesquisas científicas da área da Ecologia, com a elaboração de sequências didáticas para uso de professores e alunos de Ensino Médio. O Aluno 2 recorreu às pesquisas científicas em Ecologia, na busca de informações sobre interações ecológicas ocorridas no cerrado, subsídios para a elaboração de material didático coerente para o ensino desse conceito. O aluno analisou trabalhos científicos sobre estudos fenológicos realizados com espécies características do cerrado, e fez algumas observações, como a exposta a seguir:

Aluno 2: Eu achei que quando eu lesse os artigos ia surgir alguma idéia. Eles são todos meios parecidos , não tem nada interessante!

O aluno idealizou que, ao ler as pesquisas, poderia encontrar uma forma de tratar o conceito sob outra perspectiva no contexto de ensino. Contudo, a pesquisadora explicou, evidenciando um dos textos trazido pelo aluno, que os estudos fenológicos poderiam fornecer elementos para contextualizar as atividades que iriam compor o material didático proposto. As pesquisas não necessariamente iriam constituir o material didático. Ao estudar as diferentes fases de uma planta, como a deiscência e o brotamento foliar, a floração, a frutificação e outros, vários fatores poderiam influenciar esses fenômenos, no caso, as interações ecológicas. O aluno, ao ler as pesquisas sobre fenologia, não conseguiu estipular essa relação, e questionou a pesquisadora:

Aluno 2: Mas isso seria as interações com o meio. Isso não fugiria um pouco do que eu estou propondo?

O aluno evidenciou que, por pensar que seu trabalho devesse explorar interações, entendidas por ele como interações interespecíficas, as interações com os fatores do meio não contemplariam seu problema de pesquisa.

A pesquisadora explicou que para ocorrer a deiscência, o brotamento, a floração, a formação de frutos, há influências de fatores abióticos tais como precipitação, clima temperatura. Mas, ao observar estas fenofases, poderíamos considerar outros fatores influenciadores dos processos, fatores bióticos tais como ação de agentes polinizadores, predadores de semente, e outros. Exemplificou, citando o caso de plantas que apresentam fenofase de floração curta, como a copaífera (*Copaifera langsdorffii*), que favorece a atração de polinizadores, facilitando o fluxo de pólen e a reprodução cruzada, uma vez que são polinizadas por animais que vivem em grandes grupos. Assim, elementos dados pelos estudos fenológicos poderiam constituir dados para o estudo de interações ecológicas. Contudo, o aluno se manifestou:

Aluno 2: Mas eu não consigo ver os dados dessa forma. Eu não sei como passar [transportar didaticamente]. Eu acho que vai ficar incompleto.

Assim, o aluno referiu-se ao seu projeto de pesquisa, demonstrando não entender como poderia encontrar elementos que o subsidiassem na elaboração de material didático sobre o conceito de interações ecológicas.

Fez-se necessário perguntar ao aluno sobre a sua concepção de material didático, e ele evidenciou:

Aluno 2: Eu penso como se fosse uma revista, não tão grande, mas com várias fotos mostrando o cerrado, as árvores, as flores, os animais.

Dessa forma, procurando conciliar a expectativa do aluno em relação ao que pensava sobre material didático e a pesquisa a ser desenvolvida, a pesquisadora instruiu o aluno a desenvolver sua pesquisa por meio de sua perspectiva, e foi construindo conjuntamente as ideias com o aluno.

A pesquisadora sugeriu ao aluno fazer levantamento de dados de pesquisas científicas sobre o conceito de interações ecológicas no cerrado local. Ao considerar uma dada espécie, o aluno poderia registrar, com câmera fotográfica, as possíveis interações que estivessem ocorrendo em uma visita ao local, relacionando-as com sua respectiva fenofase. Perguntou ao aluno, exemplificando, se uma espécie estivesse na fenofase de floração, o que ele poderia explorar em relação às interações? E o aluno respondeu:

Aluno 2: A polinização. Mas, eu não estou entendendo como eu vou propor.

O aluno não conseguia visualizar a proposta de um material didático para o professor de Educação Básica utilizar com seus alunos. A visão de material didático do aluno era distorcida. Foi necessário que a pesquisadora explicasse que o material didático a ser elaborado pelo aluno não necessitaria ser visto como um material muito amplo, que não seria necessário descrever todos os tipos de interações ecológicas, mas sim exemplificar alguns deles. Poderiam ser montadas sequências didáticas. Contudo, o aluno ainda evidenciava não entender como elaborar essa proposta, demonstrando suas dificuldades de transposição didática do conceito e metodológicas quanto à pesquisa.

A pesquisadora explicou ao aluno que ele deveria se sentir como sujeito da pesquisa para que pudesse entendê-la melhor. O aluno expôs os pontos percorridos da sua pesquisa (introdução e objetivos), mas a parte prática ainda não conseguia visualizar, e fez a seguinte questão:

Aluno 2: E se a gente fizesse uma trilha e levasse os alunos para visualizar essas interações?

Na tentativa de melhor visualizar esta prática, a pesquisadora explicou sobre a visita de campo e suas implicações para a pesquisa realizada pelo aluno. O que foi colocado em questão foram as dificuldades encontradas pelos professores em levar os alunos a campo. Diante desta situação, concluímos que a utilização de imagens, por meio de fotos, evidenciando as interações que julgássemos interessantes, seria uma melhor opção, naquele momento, para o estudo do tema escolhido. Para ilustrar como poderia ser o material, a

pesquisadora sugeriu ao aluno que registrasse, com câmera fotográfica, situações nas quais ficassem evidentes as interações entre os organismos. Por meio desses registros fotográficos, poderíamos recorrer aos estudos fenológicos, para melhor entender os processos que ali estariam ocorrendo. Além dos estudos fenológicos, outras pesquisas em Zoologia e Botânica poderiam se constituir como fonte de dados explicativos, para melhor explorar os registros fotográficos e utilizá-los como instrumento de ensino. O aluno demonstrou entender a proposta:

Aluno 2: Entendi, a gente observa uma interação, registra e depois a gente explica o que está acontecendo.

Ao demonstrar o entendimento da proposta, a pesquisadora abordou situações que pudessem exemplificar como poderia ser feito este trabalho. De maneira simples, citou que, ao apresentar uma foto ilustrando uma semente caída no chão, questões problematizadoras poderiam ser colocadas aos alunos, como: de que necessitaria esta semente para germinar? A discussão ocorreria por meio do levantamento de várias hipóteses, por parte dos alunos, caracterizando um processo investigativo. Ao explicar as características daquela semente, outras hipóteses poderiam ser levantadas em relação aos dispersores de sementes (tais como as características do fruto, influenciando a sua forma de dispersão). Dessa forma, vários conceitos estariam sendo explorados. Outros exemplos foram citados para exemplificar a questão de como iniciar um processo investigativo na sala de aula, de maneira que os alunos, no contexto escolar, pudessem entender os conceitos tratados e por eles próprios construídos, de forma integrada, sem que fosse necessário o professor ensinar o conceito final. A visualização do fenômeno, no caso da pesquisa do Aluno 2, por meio de fotos ilustrativas, permitiria aos alunos o levantamento de hipóteses, gerando discussões que os levariam à construção do conceito de interações ecológicas. Outros conceitos que fossem requeridos na explicação do fenômeno observado (pelas fotos) poderiam ser entendidos de maneira integrada, pois se relacionariam com o tema explorado, e não ao contrário, quando citamos

vários conceitos e suas definições, mas não os contextualizamos em um mesmo fenômeno, de forma integrada. O aluno foi mostrando maior interesse pela proposta, mas ainda assim evidenciou sua dificuldade metodológica, expressa na fala, a seguir:

Aluno 2: Eu entendi, só não sei passar para o papel. Eu coloco como um questionário para os alunos, mas aí eu junto com o que eu for falar sobre o fenômeno? Isso que eu não estou entendendo.

A pesquisadora respondeu que poderia ser da forma como o aluno achasse melhor, mas que esta decisão deveria ser dele, pois essa forma de abordagem didática seria a diferença de seu trabalho e isto deveria ser uma característica dele, enquanto pesquisador. Perguntou ao aluno se evidenciasse a foto de uma planta e o tema a ser tratado fosse polinização, quais seriam os elementos presentes na foto, que poderiam ser relevantes para explicar a polinização? Explicou que se fosse um questionário para os alunos poderia ser: o que você entende por polinização? Quais são os elementos necessários para que ela ocorra? Quais são os agentes polinizadores? O aluno respondeu evidenciando o entendimento de como poderia elaborar a proposta de sequência didática:

Aluno 2: Então se for assim, eu coloco o fenômeno, aí no questionário eu poderia perguntar para eles o que eles acham e depois eu coloca a explicação.

As fotos representando as interações seriam uma forma de problematizar o assunto, e por meio de sua exposição seria possível levantar as concepções iniciais dos alunos.

Ao entender a proposta e o papel que os textos científicos desempenhariam na fundamentação teórica das possíveis explicações sobre os fenômenos presentes nos registros fotográficos, o aluno completou:

Aluno 2: Então a gente tem que analisar a interação pensando também na bibliografia.

Discutiu-se, assim, a forma como obter os registros fotográficos que pudessem se evidenciar com potencial didático para suscitar as concepções prévias e as possíveis hipóteses

para a ocorrência do fenômeno observado por parte dos alunos. A trilha usada nas atividades do projeto “Passeando e aprendendo no Cerrado”, localizada na Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP foi escolhida para obtermos essas imagens.

Em reunião posterior, antes de realizar a visita ao ambiente natural, o aluno apresentou algumas ideias sobre como deveria propor a sequência didática. Baseando-se no levantamento de pesquisas científicas, que tinham como objeto de estudo as interações ecológicas ocorridas no cerrado, o aluno selecionou aquelas que diziam respeito à vegetação local. Esta prática permitiu ao aluno realizar a visita a campo com um olhar direcionado para as interações que pudessem ser referenciadas e analisadas, diante do material pesquisado.

O aluno entendeu que a diferença de sua proposta seria a articulação das imagens com o conhecimento científico necessário e adequado ao entendimento das interações ecológicas escolhidas. Ao ser questionado sobre quais perguntas poderiam ser feitas aos alunos diante de uma imagem, por exemplo, evidenciando a polinização, o aluno respondeu:

Aluno 2: Poderia ser o que ele acha que esta acontecendo, que indivíduos estão envolvidos. Uma abelha, o que ela está procurando. O que a planta está oferecendo. O que vai servir para a abelha e por parte da planta também.

Definimos, dessa forma, que seria necessário elaborar um roteiro de perguntas para cada registro fotográfico de interação. As perguntas deveriam instigar os alunos a estabelecer relações do fenômeno observado, por meio das fotos, e as possíveis causas e consequências daquela interação. O conceito de interação poderia ser construído conjuntamente com o professor e com outros colegas. Dessa maneira, estaríamos partindo da observação do fenômeno, por meio do registro fotográfico, ou até mesmo, se fosse possível, da observação direta do fenômeno no ambiente natural, para a construção do conceito. O aluno comentou sua nova concepção de material didático:

Aluno 2: Então nosso material didático seria as fotos e o roteiro didático.

A pesquisadora esclareceu que, além desses elementos, fotos e roteiro didático,

as sequências didáticas deveriam ser acompanhadas de material de apoio para o professor. No material do professor deveriam conter as explicações sobre o fenômeno e sobre os organismos envolvidos. Essa base conceitual constitui os subsídios necessários para o professor trabalhar com os alunos o estabelecimento das relações necessárias para a construção do conceito de interações ecológicas.

Organizando as idéias sobre como apresentar esses dados em sua pesquisa, o aluno comentou:

Aluno 2: Isso pode estar no meu trabalho como anexo. No meu trabalho eu coloco as perguntas e as respostas e a explicação para o professor.

A pesquisadora sugeriu que ele poderia fazer duas coisas complementares: as fichas com imagens das interações e perguntas problematizadoras aos alunos, e textos explicativos para os professores. Ressaltou ao aluno como estava sendo interessante a construção desse material: primeiro foi necessário que o aluno buscasse, em estudos fenológicos, o conhecimento científico sobre as interações ecológicas; esse conhecimento estava sendo organizado como instrumento didático para o professor de Educação Básica, e foi necessário que o aluno buscasse estratégias para instrumentalizar esse professor, tanto em relação à aplicação de uma prática com seus alunos, quanto na composição de um quadro teórico que o subsidiasse com o conhecimento específico sobre os temas selecionados. O aluno também estava elaborando situações de aprendizagens, nas quais alunos e professores pudessem, juntos, construir determinado conhecimento.

Entrevista individual

A entrevista individual, realizada com o Aluno 2 ao final desta orientação, foi norteada por um questionário semi-estruturado. As questões e respostas pertinentes à análise estão organizadas a seguir:

- Como foi a escolha de seu tema de pesquisa? Já havia pensado a respeito, tinha alguma experiência ou preferência por algum assunto?

Aluno 2: No começo eu busquei as informações nos livros didático, mas eu estava bem perdida com as idéias, o que eu ia fazer ou não. No começo, eu nem tinha noção do que eu ia fazer meu TCC, mas a partir dessa idéia [análise de livros didáticos e proposição de material complementar] eu pensei: ah, vou fazer isso. Mas no começo eu não gostei muito não. Eu achei um assunto meio bobo, falar de livro. Mas depois foi ficando tão bom, comecei a mexer com fotografia, que é uma coisa eu gosto de fazer, eu achei que ficou bem legal. Eu sempre gostei de ecologia, mais que genética.

- Comente sobre a elaboração de um projeto de pesquisa.

Aluno 2: Eu nunca tinha feito, porque na faculdade, tem projeto de extensão, dar aula no cursinho, e eu dei aula, mas pesquisar mesmo, eu nunca tinha feito. Eu não tinha nem noção de como era. Acho que eu não sabia o que era [pesquisa] e o que esperavam que eu fizesse. Porque pesquisador você sempre pensa que é um cara do laboratório, meio doido, que vai descobrir a cura de alguma doença. Mas eu vi que tem outros tipos de pesquisa, que nem esse [desenvolvido pelo aluno]. E eu só fui descobrir isso, aí que vergonha, no último ano. Eu devia ter tentado antes fazer pesquisa, porque foi bem legal. É que a gente se empolga na faculdade com outras coisas, surge varias oportunidades. Quando a gente entra [na faculdade] a gente fica meio perdido. Não explicam isso para a gente. A gente que vai atrás, quando encontra um orientador bom ele te ensina, mas alguém chegar lá na sala e dizer: olha vocês podem seguir esse caminho [pesquisa em educação], ou fazer pesquisa [nas áreas específicas da biologia], desenvolver projeto de extensão, você que vai descobrindo o que fazer ao longo do curso. Tem uns que tem a sorte de descobrir antes. Não é todo mundo também que tem interesse nesta área [educação]. Na minha sala tem três alunos, mas o pessoal não sabe muito o que a gente está fazendo, que pode fazer isso. O pessoal é mais ligado no laboratório ou no campo.

- Quais foram suas maiores dificuldades durante a realização da pesquisa?

Aluno 2: No começo [da pesquisa] bastante, porque eu não tinha noção do que fazer, eu estava muito perdida. Aí eu comecei a ler os artigos. Mas, foi bem difícil para mim no começo, eu só consegui por que você me ajudou bastante. Depois que eu vi o que ia ficar mesmo, foi depois que a gente tirou as fotos, eu separei as fotos e comecei achar artigos, o que tinha sobre elas, eu fui juntando, e aí eu vi que ia ficar uma coisa bonita. Depois que eu tirei as fotos eu pensei: o que eu vou fazer com isso, onde eu vou achar [referencias]. Mas depois eu fui procurando artigos, teses e dissertações, sempre tinha falando sobre as interações que eu registrei. Agora, a maior dificuldade foi naquela parte a gente não sabia para onde ir., o que ia fazer. Antes de você dar a idéia das fotos, o tempo estava passando. Eu acho que esta foi a dificuldade maior. A gente tinha idéia como solução [dos problemas apontados], mas não tinha uma idéia como ia fazer isso. Passar o conteúdo da faculdade, dos artigos para o aluno. A gente fica pensando como eu posso passar isso sem ficar chato, sem ficar muito difícil. Eu acho que ainda é uma coisa bem difícil de fazer, parece fácil. Mas quando você vê na faculdade e transformar isso para o aluno, é bem difícil.

- Comente suas impressões sobre a pesquisa antes e depois de realizá-la.

Aluno 2: Eu achava que pesquisa era aquilo do laboratório, descobrir a cura para uma doença. Alguma coisa bem laboratório, bem extraordinária, tipo a cura para um câncer. Depois que eu fiz a pesquisa eu vi que pesquisa é muito amplo, que você vê que tem muita coisa que ainda pode ser estudada. Eu acho que é uma coisa muito trabalhosa, tem que ler muito.

- Você fez uma análise sobre a apresentação de conceitos ecológicos em livros didáticos para o Ensino Médio. Em relação a esses conceitos, comente sobre:
 - suas concepções prévias (como você entendia esses conceitos)
 - suas concepções após a pesquisa (como você passou a entender esses conceitos)

Aluno 2: Antes de entrar na faculdade eu tinha a noção de interação pensando no leão comendo zebra, girafa. Em animais bem característicos da África. Até depois da faculdade. Eu só fui conhecer sobre o cerrado com o prof. Osmar. Eu acho que os alunos em geral [da educação básica] pensam nas interações com esses animais, não característicos do Brasil e poucos alunos conhecem o cerrado. Essa idéia do trabalho, é para o aluno conhecer o cerrado antes de chegar na faculdade. E também depois que eu tirei as fotos, eu vejo que interações não precisa ter organismos ali na hora. Você pode ver porque o organismo é daquele jeito, de quem ele quer chamar a atenção. Tudo isso não é uma interação que está ocorrendo na hora, mas dá para explicar também para o aluno.

5.1.2.4. Produções de pesquisa

O Aluno 2 produziu fichas contendo imagens ilustrativas de interações ecológicas no cerrado localizado na Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP. Junto às fichas foram propostas questões para serem problematizadas com os alunos em sala de aula ou mesmo em uma visita ao local. As informações contidas nas imagens, assim como as respostas às perguntas não devem ser utilizadas em um primeiro momento com os alunos; são apenas informações úteis aos professores. Junto às fichas estão presentes os textos de apoio para o professor, elaborados pelo Aluno 2. A seguir, apresentamos o material.

Metodologia didática para aplicação das fichas sobre interações

O texto a seguir refere-se a fragmentos retirados da metodologia da pesquisa do Aluno 4 e diz respeito à aplicação didática do material elaborado.

Na impossibilidade do professor mostrar o fenômeno no local ao aluno, propomos o uso de fichas com fotos ilustrativas das interações que ocorrem no cerrado e perguntas sobre elas, de modo que o aluno possa refletir, levantar idéias e junto com discussões provocadas pelo professor, entender e contextualizar com mais clareza o assunto, do que somente olhar uma pequena imagem no livro e ouvir a explicação do professor.

Desse modo, montamos um material didático para auxiliar o ensino de Ecologia em nível de Ensino Médio, com ilustrações coerentes sobre o cerrado e perguntas que os professores podem fazer para os alunos, baseadas na idéia de Krasilchik (1996), de que as

perguntas intercaladas na exposição auxiliam no raciocínio dos alunos e na motivação e controle da atenção destes pelo professor.

Para a montagem dessas fichas foram usadas fotos de interações visualizadas durante as trilhas realizadas na Área de Reserva Legal do Campus da UNESP de Bauru.

Esse material pode ser usado pelo professor de diversas maneiras, visando evitar a passividade dos alunos, o que segundo Krasilchik (1996), é uma desvantagem durante as aulas expositivas, pois pouca informação é retida pelos estudantes e ocorre um decréscimo da atenção dos mesmos durante o decorrer da aula. Para a autora, algumas das formas alternativas para manter a atenção dos alunos seriam o uso de material audiovisual e o levantamento de discussões em sala de aula. Baseado nesse pensamento, uma das formas de utilizar o material seria mostrar as fotos aos alunos, ou projetá-las com o auxílio de um retroprojetor ou aparelho data-show e ao mesmo tempo o professor lançar perguntas que instiguem os alunos e desafiem sua imaginação e vivacidade, fazendo com que eles tenham vontade de participar da aula.

O professor também pode dividir os alunos em grupos, entregar-lhes as fotos e aos poucos entregar-lhes fichas com perguntas para que eles possam discutir e levantar idéias. É importante salientar que as perguntas não devem ser entregues todas de uma vez, na forma de um questionário aos estudantes, pois o objetivo das mesmas é fazer com que eles tentem construir conhecimentos por meio da estimulação de seu raciocínio e não que recebam respostas prontas.

O professor pode usar as próprias questões do seu material, ou com base nelas, elaborar outras que sejam relevantes durante a explicação de determinado conteúdo. As respostas do material destinado ao professor não serão necessariamente as respostas dadas pelos alunos ao serem feitas as questões sugeridas, pois eles ainda não têm o domínio sobre todos os conceitos e estão em fase de construção de conhecimentos. É importante que o professor saiba que o uso de nomes científicos no material é para que os alunos tenham um primeiro contato com os mesmos, mas não é necessário que os decorem ou tenham domínio sobre eles, mas sim entendam os fenômenos que os envolvem. Esse pensamento vai de encontro à idéia de Krasilchik (1996) que cita como um dos problemas relacionados com a comunicação oral, a dificuldade dos estudantes acompanharem as aulas, devido ao uso excessivo de um vocabulário técnico.

O uso do material elaborado não fica restrito somente à um assunto, ele pode ser utilizado pelo professor durante a explicação de vários temas dentro da biologia, ou seja, uma mesma ficha pode ser usada, por exemplo, para a exemplificação de plantas do bioma cerrado, para a abordagem dos tipos de polinização e também quando forem abordadas as partes reprodutivas das plantas, entre outros assuntos.

Fichas elaboradas

Polinização de *Pyrostegia venusta* (Ker) Miers



(a)



(b)

Figura 6: Fotos de *Pyrostegia venusta* (Ker) Miers. (a) *Pyrostegia venusta* (Ker) Miers, (b) Inflorescência de *Pyrostegia venusta* (Ker) Miers. Fotos: (a) Talitha Pláci do Palhaci, (b) Fernanda da Rocha Brando

Material para o professor

Pyrostegia venusta (Ker) Miers, também conhecida como cipó-de-São-João é uma liana com expressiva dispersão em quase todo o sul do Brasil. É uma espécie de ambiente higrófito até mesófito, encontrada nas orlas das matas, campos, litoral e beira de estradas (SAMPAIO; ALMEIDA, 1995).

A inflorescência de *Pyrostegia venusta* é do tipo racemosa (quando o eixo principal cresce mais que os laterais, e estes dão origem a flores), axilar, composta, em média por 25,62 botões e com flores que apresentam prefloração valvar (quando as pétalas se tocam pelos bordos em formado concha). O cálice (conjunto das folhas modificadas chamadas de sépalas, geralmente verdes, que protegem a flor) é verde, glabro (sem pelos), gamossépalo (soldado) com bordo denteado parecendo envolver frouxamente a corola. A corola (conjunto de folhas modificadas chamadas pétalas) é gamossépala, alaranjada, com a porção superior levemente curvada e dilatada; externamente é glabra, mas apresenta pilosidade interna. Inicialmente, o botão floral é verde e vai se tornando alaranjado vivo à medida que se aproxima a antese (abertura das flores). Geralmente três a cinco flores por inflorescência entram em antese e permanecem assim durante 36 horas, quando então a corola se desprende, ficando ainda um dia pendurada pelo estilete. Ao se desprender, a corola apresenta bordos recurvados, murchos e com coloração laranja escuro (SAMPAIO; ALMEIDA, 1995).

O androceu (parte masculina da flor) é formado por quatro estames férteis e um reduzido estaminódio, frequentemente ausente. As anteras têm duas teças e apresentam deiscência (abertura) longitudinal. Os grãos de pólen apresentam-se soltos e secos, tendo na sua superfície um material de natureza lipídica, que facilita a adesão no polinizador e no estigma (SAMPAIO ; ALMEIDA, 1995).

O gineceu (parte feminina da flor) é formado por dois carpelos, que formam um ovário súpero alongado. O estilete mede cerca de 4,13cm o que permite ao estigma ficar em uma posição superior às anteras dificultando a autopolinização. O estigma é do tipo úmido, papiloso e com superfície receptiva. Uma das principais características desse estigma é ser sensível e apresentar movimento de fechar, ao ser tocado. Este processo leva em média 1 minuto. Se o movimento for estimulado por toque ou esbarrão, pouco tempo depois o estigma abre; por outro lado, se o movimento for estimulado por depósito de pólen, o estigma não volta a se abrir e costuma, um dia após a polinização, ficar amarelo e secar. A receptividade do estigma começa a partir do início da antese da flor e pode durar até dois dias, com a sua superfície úmida e brilhante (SAMPAIO; ALMEIDA, 1995).

A flor é classificada como sendo do tipo Martinella. Sua coloração laranja, a redução do número de pêlos e a perda da produção de odor caracterizam a síndrome da polinização por pássaros e a diminuição acentuada do diâmetro interno da corola atua como um guia para o bico da ave alcançar o suprimento basal de néctar (SAMPAIO; ALMEIDA, 1995).

A polinização natural é realizada pelo *Leucochloris albicolis* (Vieillot), também conhecido como “beija-flor-do-papo-branco”, pertencente à família Trochilidae, que apresenta especificidade de polinização, embora *P. venusta* seja visitada frequentemente por abelhas e eventualmente por moscas e vespas (SAMPAIO; ALMEIDA, 1995).

Sampaio & Almeida (1995), em um estudo de morfologia floral e biologia reprodutiva de *Pyrostegia venusta* (Ker) Miers, constataram que as visitas de *L. albicolis* às flores de *P. venusta* só ocorreram em dias sem chuva e com sol. A ave começava a coleta do néctar entre 7h30m e 8h da manhã, prolongando esse processo até as 17h, realizando várias visitas durante o dia, em média em 20 flores diferentes de uma mesma inflorescência ou de inflorescências diferentes. Durante as visitas, *L. albicolis* chegava cantando alto, parava voando em frente da flor e então colocava o bico para dentro da corola, esbarrando no estigma e ao sair apresentava a testa com grãos de pólen.

Perguntas para os alunos

1. Que tipo de indivíduo é esse?

R: É uma planta, cujo nome científico é *Pyrostegia venusta*, também conhecida como cipó-de-São-João.

2. Qual a parte desse indivíduo que chama mais a sua atenção? Por quê?

R: São as flores, devido a sua cor alaranjada.

3. Por que esse indivíduo apresenta essas flores tão chamativas e com esse formato, sabendo que além dessas características as flores dessa planta apresentam perda da produção de odor?

R: Essas características são favoráveis para a polinização por aves. O pouco ou nenhum odor se deve ao sentido do olfato ser pouco desenvolvido nesses animais. Entretanto as aves apresentam uma boa visão de cores e conseqüentemente as flores visitadas por elas são coloridas, sendo as vermelhas e as amarelas mais comuns.

Outras perguntas sobre polinização

1. Se uma flor apresenta mau cheiro, que tipo de animais você acha que irão polinizá-la?

R: Podem ser polinizadas por moscas e mosquitos.

2. Quais seriam as características de uma flor polinizada por uma borboleta?

R: As borboletas, como as abelhas, são guiadas pela visão e pelo olfato, portanto as flores polinizadas por elas precisam ter cores chamativas e odor agradável. Mas diferentemente das abelhas, algumas borboletas conseguem diferenciar a cor vermelha e algumas flores polinizadas por elas são vermelhas ou alaranjadas.

3. Quais seriam as características de uma flor polinizada por mariposas, sabendo que esses animais possuem hábito noturno?

R: Como a maior parte desses animais é noturna, as flores polinizadas por elas são tipicamente brancas ou de cor pálida com odor adocicado e penetrante que normalmente é emitido após o pôr-do-sol.

4. Quais seriam as características de uma flor polinizada por morcegos? Elas teriam semelhanças com as flores polinizadas por aves? Quais seriam essas semelhanças?

R: As flores polinizadas por esses animais possuem semelhanças com as flores polinizadas por aves, sendo grandes e robustas e produzindo grande quantidade de néctar. Como os morcegos se alimentam a noite tem cores pouco vistosas e muitas delas se abrem somente durante a noite.

5. Vocês acham que as plantas polinizadas por morcegos possuem ou não odor forte? Por quê?

R: Os morcegos são atraídos pelas flores, em grande parte pelo seu sentido de olfato, sendo que as flores polinizadas por eles têm odor forte de material fermentado, frutos maduros ou ainda, odores semelhantes àqueles produzidos por morcegos para atraírem uns aos outros.

- 6. Como vocês acham que ocorre a polinização de flores que não produzem néctar, têm cores pouco vistosa, não apresentam odor e apresentam pétalas pequenas ou ausentes? Seria por animais?**

R: Esses tipos de flores são polinizadas pelo vento.

- 7. Quais seriam outras características dessas flores?**

R: Flores polinizadas pelo vento possuem estames (parte masculina que produz o pólen) bem expostos para perder facilmente seu pólen pelo vento. Os grãos de pólen são abundantes e geralmente pequenos e lisos, não ficando aderidos uns aos outros como na polinização por insetos.

Dispersão anemocórica de sementes em planta do gênero *Serjania*



(a)



(b)



(c)

Figura 7: Fotos de frutos de *Serjania* sp. (a) frutos verdes, (b) e (c) frutos prontos para serem dispersos. Fotos: (a) Fernanda da Rocha Brando, (b) e (c) Talitha Plácido Palhaci

Material para o professor

Durante umas das trilhas na “Área de Reserva Legal” foi possível a visualização de frutos secos de uma planta pertencente ao gênero *Serjania*. O fruto desta planta é um samarídeo (o mesmo que pseudossâmara). Este tipo de fruto é originado de um ovário com dois ou mais carpelos. Neste caso são três carpelos. Caracteriza-se por apresentar alas ou asas em todos os carpelos. As alas ou asas neste caso são expansões da parede (pericarpo) do fruto e elas são usadas para planar, ou melhor, para facilitar o transporte pelo vento (GONÇALVES; LORENZI, 2007).

É possível diferenciar asas de frutos e asas de sementes, sendo que as asas dos frutos são mais vascularizadas (xilema e floema) do que as asas das sementes e, portanto, mais duras. As asas das sementes são muito finas e, às vezes, até transparentes (GONÇALVES; LORENZI, 2007).

Perguntas para os alunos

1. O que seria uma dispersão? Por que ela ocorre?

R: Se refere ao distanciamento dos indivíduos entre si, como no caso de frutos e sementes que se distanciam um dos outros e de seus progenitores.

2. As figuras mostram partes de um organismo. Você saberia me dizer que organismo é esse e qual é a sua parte evidenciada nas fotos?

R: O organismo é uma planta do gênero *Serjania* e a parte evidenciada nas fotos são seus frutos.

3. Por que você acha que esses frutos apresentam esse formato?

R: O fruto desta planta é um samarídeo (o mesmo que pseudossâmara). As alas ou asas neste caso são expansões da parede (pericarpo) do fruto e elas são usadas para planar, ou melhor, para facilitar o transporte pelo vento. Essas alas exercem um movimento helicoidal enquanto em queda, possibilitando que mesmo frutos e sementes de tamanho considerável possam ser deslocados pelo vento antes de tocar o solo.

É possível diferenciar asas de frutos e asas de sementes, sendo que as asas dos frutos são mais vascularizadas (xilema e floema) do que as asas das sementes e, portanto, mais duras. As asas das sementes são muito finas e, às vezes, até transparentes

4. Em uma das fotos os frutos estão verdes e na outra os frutos estão com uma coloração marrom. Por que você acha que isso ocorre?

R: Quando os frutos estão verdes, ainda não estão prontos para serem dispersos, pois ainda não estão secos o suficiente para serem carregados pelo vento.

Dispersão zoocórica de sementes de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. (chiclete-de-estudante)



Figura 8: Fotos de frutos de *Brosimum gaudichaudii* Trécul. Foto: Fernanda da Rocha Brando

Material para o professor

Durante uma das trilhas, observamos que a planta *Brosimum gaudichaudii*, também conhecida popularmente por mama-cadela ou ainda chiclete de estudante, estava frutificando e apresentava alguns frutos ainda verdes e outros já amarelados, mas ainda não maduros. Os frutos dessa planta, por serem carnosos são dispersos por animais (zoocoria).

Essa planta pode ser encontrada como arbusto ou árvore pequena, possui casca áspera, clara, descamante, com poucos ramos e látex abundante. Apresenta folhas simples e alternas flores amarelas e pequenas e frutos do tipo baga globosa. Ocorre em fisionomias campestres de cerrado, em cerrado típico e cerradão (DURIGAN et al.,2004).

Brosimum gaudichaudii é de grande importância na alimentação e na medicina popular. Foi constatada a importância dessa planta como alimento aos primatas do cerradão e cerrado denso no planalto central. Os índios misturam a polpa do fruto com farinha de mandioca, formando uma pasta densa, maleável e adocicada, que é utilizada como alimento. As crianças apreciam muito a polpa amarela dos frutos de mama-cadela, por ser semelhante à uma goma de mascar. O fruto, quando maduro não apresenta mais compostos fenólicos e apresenta coloração amarela com polpa laticescente adocicada e comestível (JACOMASSI, 2006).

Além das propriedades alimentícias, essa planta se encontra em destaque entre as espécies medicinais do cerrado. O uso tópico do extrato das raízes, folhas e casca do caule é empregado para tratamento de vitiligo (doença de despigmentação da pele), outras doenças de pele e seu uso interno é empregado para combater reumatismo e intoxicações crônicas (CARIBÉ E CAMPOS, 1976 apud JACOMASSI, 2006).

Perguntas para os alunos

1. Você sabe dizer que partes do organismo estão sendo evidenciadas nas fotos? E que organismo seria esse?

R: Esse organismo é uma planta, de nome *Brosimum gaudichaudii*, também conhecida popularmente por mama-cadela ou ainda chiclete de estudante. As partes do organismo evidenciadas na foto são seus frutos.

2. Qual elemento desse organismo chama mais a sua atenção? Por quê?

R: O fruto de cor amarelada, que se torna conspícuo (aparece mais) no meio da vegetação verde.

3. Por que alguns frutos são verdes e outros são amarelos?

R: Os frutos verdes ainda não estão maduros e os amarelos já estão quase maduros.

4. Por que os frutos mudam de cor quando estão maduros?

R: Os frutos imaturos são normalmente verdes ou coloridos de maneira a serem inconspícuos entre as folhas verdes da vegetação, chamando pouco a atenção de aves, mamíferos e insetos. Quando os frutos carnosos ficam maduros, sofrem uma série de mudanças, entre elas o aumento no conteúdo de açúcares, amolecimento do fruto e freqüentemente, uma mudança da cor verde folha (que não chama atenção) para vermelho brilhante, amarelo, azul, preto e no caso dessa planta, os frutos maduros apresentam cor laranja. Os frutos dessa planta, quando maduros, não apresentam mais compostos fenólicos (o que poderia dar um gosto ruim), mas sim uma polpa adocicada e comestível.

Essas mudanças de cor que acompanham a maturação mostram que os frutos estão prontos para serem consumidos e as sementes maduras para dispersão, além de se tornarem conspícuos no meio da vegetação verde e chamarem a atenção de seus dispersores.

Nectários extraflorais em *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão)



(a)



(b)

Figura 9: Fotos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. (a) e (b) Nectários extraflorais. Fotos: (a) Fernanda da Rocha Brando, (b) Talitha Pláci do Palhaci

Material para o professor

A história natural das associações entre formigas e plantas atraiu a atenção dos biólogos em torno do mundo por quase dois séculos. Durante este tempo tornou-se evidente que as formigas e as plantas podem se afetar de maneiras diversas e complexas (OLIVEIRA et al., 1998).

Com exceção talvez das formigas denominadas ceifeiras, que armazenam e consomem sementes, e as formigas cortadoras de folhas, que podem desfolhar severamente plantas

nativas e cultivadas, sabe-se que muitos grupos de formigas mantêm um mutualismo obrigatório ou facultativo com muitas espécies de diferentes famílias de angiospermas (OLIVEIRA et al., 1998).

Estudos experimentais mostraram que as plantas podem tirar proveito dessa interação com as formigas de cinco maneiras: as formigas protegem a planta da herbivoria, promovem o crescimento e a sobrevivência da planta podando folhas de plantas vizinhas, alimentam a planta com nutrientes essenciais, dispersam sementes e frutos e polinizam a planta. As plantas produzem duas recompensas para essas formigas: um local para ninho e/ou alimento (OLIVEIRA et al., 1998).

Estudos demonstram que visitas das formigas aos nectários extraflorais aumentam a capacidade da planta em intimidar herbívoros da folha, herbívoros da flor e predadores de sementes. Mas a proteção por formigas não é universal e igualmente existem estudos que mostram que existem formigas que não beneficiam plantas com nectários extraflorais (OLIVEIRA et al., 1998).

Como o néctar extrafloral é uma fonte generalista de alimento que atrai uma grande diversidade de grupos de formigas, o mutualismo entre formigas e plantas é geralmente não especializado e de uma natureza facultativa. Em consequência disso, o resultado dessas associações pode variar com fatores como a época e o tipo de habitat, a agressividade das formigas e a habilidade dos herbívoros em superar a predação da formiga (OLIVEIRA et al., 1998).

Durante a trilha realizada na Área de Reserva Legal foi possível encontrar um exemplar de *Stryphnodendron adstringens* com presença de nectários florais.

A espécie *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (Leguminosae), conhecida como barbatimão, tem distribuição geográfica ampla, ocorrendo desde o Pará, passando pelo planalto central, até Minas Gerais e São Paulo. Apresenta folhas compostas bipinadas, com cinco a oito jugas, com seis a oito pares de folíolos por pina. O fruto é um legume sésil, grosso e carnoso (FELFILI et al., 1999).

É descrita como uma espécie perenifólia, com pico de floração, produção de folhas novas e queda de folhas entre julho e outubro. Apresenta inflorescências com número variável de flores pequenas de cor marrom, hermafroditas, com longevidade de apenas um dia, produzindo pequenas quantidades de néctar nas flores, o que atrai pequenos insetos, *Apis mellifera*, *Bombus* spp., moscas Tabanidae e, especialmente, abelhas Meliponinae, como principais polinizadores. Apresenta frutos em algum estágio de maturação durante o ano todo e a dispersão parece ser zoocórica (FELFILI et al., 1999).

A folha de *S. adstringens* apresenta um nectário conspicuo e bem estruturado na base da raqui e um número variado de pequenos nectários, em forma de cone, ao longo da ráquis e dos raquíolos (KNOECHELMANN; MORAIS, 2008).

Em um trabalho realizado por Knoechelmann e Morais (2008) foram encontradas nove espécies de formigas visitando nectários extraflorais de barbatimão, com predominância de *Camponotus* (Formicinae) e *Cephalotes* (Myrmicinae).

Perguntas para os alunos

1. Que organismo esta representado nas duas fotos?

R: É uma planta, chamada *Stryphnodendron adstringens*, popularmente conhecida como barbatimão-verdadeiro.

2. O que você acha que é essa estrutura apontada na foto? Qual você acha que é a sua função?

R: A estrutura apontada na foto é um nectário extrafloral. Nectários extraflorais são glândulas secretoras de néctar que não estão envolvidos diretamente com a polinização. Ele pode ocorrer em todas as partes aéreas (para fora da terra) da planta e também associados a órgãos reprodutivos (flores).

3. Você acha que essa estrutura produz alguma substância? Qual?

R: O néctar extrafloral produz uma substância rica em aminoácidos, açúcares, vitaminas e outros compostos orgânicos.

4. Você acha que essa substância atrai algum tipo de organismo? Qual?

R: Nectários extraflorais são atrativos para uma variedade de organismos, especialmente formigas.

5. Você acha que as formigas desenvolvem alguma interação com a planta, além de se alimentarem da substância produzida por seus nectários?

R: As formigas podem proteger essa planta da herbivoria, promover o crescimento e a sobrevivência da planta podando folhas de plantas vizinhas, alimentar a planta com nutrientes essenciais, dispersar sementes e frutos e polinizar a planta

5.2. As atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico

No primeiro semestre do ano de 2009, as atividades do grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia tiveram maior ênfase no nível ecológico. O livro intitulado “Reinventar a natureza”, de Jean–Marc Drouin (DROUIN, 1991), que enfatiza a questão histórica e epistemológica na qual a Ecologia foi e vem sendo fundamentada, foi adotado como eixo norteador de todas as atividades em questão. As questões históricas e epistemológicas trazidas por este autor, muitas vezes, são desconhecidas de graduandos em Biologia. Outros textos foram introduzidos na medida em que os participantes requeriam estudos mais específicos sobre determinados temas, tais como: (1) “O fantasma teoria” (MARTINS; COUTINHO, 2004), texto que discute a necessidade de reflexões epistemológicas por parte dos ecólogos. A análise histórica, a análise formal da estrutura da teoria, a análise de conceitos, as metodologias de testes de hipóteses e outras são citadas por Martins e Coutinho (2004) como ferramentas da Filosofia que, aplicadas à Ecologia, trariam muitos benefícios à área. Os autores explicam que o interesse pela história da Ecologia, por ser limitado, acaba sendo um obstáculo ao desenvolvimento teórico dessa ciência (MARTINS; COUTINHO, 2004); (2) “A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas” (SCARANO; DIAS, 2004), texto que discute o papel da identidade de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas, sob uma perspectiva de possível integração entre as “sub-disciplinas” (termo usado pelos autores) da Ecologia, tais como populações, comunidades, ecofisiologia e ecossistemas. Scarano e Dias (2004) apontam o papel do Brasil na integração de teorias vigentes (comunidade vs. ecossistemas, teorias de nicho vs. teorias neutras, competição vs. facilitação, grupo funcional *a priori* vs. *a posteriori*) e na construção de novas teorias ecológicas; (3) “Ecologia, ecologismo e abordagem ecológica no ensino de ciências naturais: variações sobre um tema”

(LACREU, 1998), texto que discorre sobre o ensino de ciências naturais, por meio de uma abordagem ecológica e aponta a necessária discriminação entre os termos ciência da Ecologia e ecologismo como postura ideológica.

Por meio desses referenciais teóricos, o nível ecológico foi tratado no grupo com discussões que consideraram a interação entre os níveis de populações, comunidades, ecossistemas e biosfera sem, contudo, fazer distinções fragmentadas e estanques desses tipos de organizações. No ensino de Ecologia, os diferentes níveis de organização dos seres vivos, muitas vezes, são apresentados de forma fragmentada, como conjuntos de organismos que se formam isoladamente uns dos outros. Essas apresentações não permitem ao aluno o entendimento da rede complexa na qual esses sistemas se organizam, de forma interligada e interdependente. As características que só emergem devido à forma com que esses indivíduos se organizam são desconsideradas, como aqueles que se organizam em comunidades. Assim, temas como interações ecológicas e sucessão ecológica, voltados com grande ênfase para ecologia de comunidades, foram pertinentes nas discussões do Grupo.

As atividades foram gravadas e transcritas para que pudéssemos explorar as principais concepções construídas pelos participantes ao longo das atividades desenvolvidas sobre o nível ecológico.

No primeiro encontro, realizado no dia 18/03/2009, novos integrantes compareceram e a pesquisadora coordenadora fez uma breve apresentação sobre o histórico do Grupo, desde o seu início, no ano de 2007, sobre o funcionamento de suas atividades, as pesquisas desenvolvidas e as pesquisas em andamento. Cada participante foi convidado a fazer uma breve apresentação, falando seu nome e a área de interesse que mais o motivasse a desenvolver projetos de pesquisa. O quadro abaixo relaciona os participantes nesse período do Grupo.

Quadro 5: Participantes do grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia no primeiro semestre de 2009

Alunos ⁶	Formação acadêmica	Áreas de interesse em desenvolvimento de pesquisas	Período de participação no grupo
Aluno 3	4º ano integral ⁷	Ecologia	Iniciou em 2008
Aluno 4	3º ano integral	Ecologia, fenologia	Iniciou em 2009
Aluno 5	4º ano integral	Genética	Iniciou em 2009
Aluno 6	4º ano integral	Zoologia, ecologia	Iniciou em 2009
Aluno 7	4º ano integral	Ecologia, cerrado	Iniciou em 2009
Aluno 8	4º ano integral	Zoologia, répteis	Iniciou em 2009
Aluno 9	4º ano integral	Genética	Iniciou em 2009
Aluno 10	5º ano noturno ⁸	Conceito de vida, evolução	Iniciou em 2007
Aluno 11	4º ano noturno	Ecologia, Educação Ambiental	Iniciou em 2009
Aluno 12	Mestrando	Conceito de vida, evolução	Iniciou em 2007
Aluno 13	Mestrando	Biologia molecular, história da ciência	Iniciou em 2008
Aluno 14	Mestrando	Ecologia	Iniciou em 2007
Aluno 15	4º ano integral	Ecologia	Iniciou em 2009

Para que os novos integrantes pudessem entender as questões discutidas no Grupo, optou-se pela apresentação de pesquisas desenvolvidas nos anos anteriores ou ainda em desenvolvimento. Estas apresentações envolveram os primeiros quatro encontros do primeiro semestre de 2009.

Assim, a apresentação desses dados está organizada em três momentos: **(5.2.1.)** levantamento de concepções iniciais, delimitado pelo contato inicial, por meio da aplicação do Questionário 1 e as discussões decorrentes dele; **(5.2.2)** evolução das concepções, delimitada pelos encontros nos quais houve leitura e discussões críticas dos textos referenciados e questionamentos pertinentes; **(5.2.3.)** aplicação das concepções construídas, delimitada pela elaboração de sequências didáticas para o estudo de conceitos ecológicos, em nível de Ensino Médio.

⁶ O Aluno 1 e o Aluno 2 não participaram do grupo no primeiro semestre de 2009.

⁷ Período Integral = 4 anos de duração

⁸ Período Noturno= 5 anos de duração

5. 2. 1. Levantamento de concepções iniciais

Durante o quinto encontro, realizado no dia 15/04/2009, a pesquisadora explicou sobre os trabalhos desenvolvidos no Grupo nos anos anteriores (2007 e 2008) e que foram apresentados nos quatro primeiros encontros do ano de 2009: cada trabalho tinha seu próprio objeto de estudo, discutindo questões filosóficas, epistemológicas e de ensino, centrados na estrutura hierárquica proposta para nortear as discussões do grupo (níveis ecológico, orgânico e genético-molecular). Um aluno (Aluno 7) comentou suas primeiras impressões, relatando que os tipos de discussões presentes nos trabalhos não chegavam diretamente para ele e os outros colegas no curso de graduação. Alguns temas, até então, eram completamente desconhecidos por parte do aluno. Apontou que as discussões vivenciadas no grupo contribuíram para melhorar sua visão de Biologia.

A pesquisadora comentou que, desde a constituição do Grupo, as atividades vinham sendo organizadas por três pesquisadoras do curso de doutorado (Educação para a Ciência, UNESP-Bauru) e as discussões que ali ocorriam eram objetos de pesquisas. Explicou que, no primeiro momento de formação do grupo (no ano de 2007), foi proposto, para fins de estudo, uma forma de organização do conhecimento biológico, de modo que fosse possível explorá-lo por meio de três níveis: ecológico, orgânico e genético-molecular, que correspondiam aos objetos de pesquisas das referidas doutorandas. Assim, no ano de 2007, uma pesquisadora trabalhou com questões relacionadas ao organismo, portanto, as atividades referentes à este período tiveram maior enfoque no nível orgânico. No ano de 2008, outra pesquisadora trabalhou com maior enfoque no nível genético-molecular. No ano de 2009, foi trabalhado o nível ecológico, desenvolvido por esta pesquisadora. Assim, esses três grandes níveis foram trabalhados, de forma que as inter-relações e interações entre eles foram amplamente discutidas.

No encontro (15/04/2009) foi distribuído aos participantes um questionário (Questionário 1) para ser respondido individualmente. A pesquisadora comentou que, se fosse o caso, não precisariam, naquele momento, se identificar. Essa postura foi tomada apenas para que os novos participantes do Grupo pudessem se sentir à vontade para exprimir suas opiniões. Em momento posterior do encontro, tais questões foram discutidas entre todos os participantes, o que permitiu explorar mais suas concepções acerca de cada questão, que segue:

1. O que você entende por Ecologia? Explique.
2. Existe(m) alguma(s) questão(ões) da(s) qual(is) lhe parece controversa(s) dentro deste campo de estudo? Por quê?
3. Qual sua opinião sobre os campos teóricos da Ecologia? Você identifica isso no ensino?
4. Para você, quais são os pressupostos ou fundamentos da Ecologia? Discorra brevemente.

Apresentamos esses dados em anexo (Anexo A) contendo as perguntas e respostas dadas por escrito pelos participantes.

Como é possível perceber nas respostas escritas, os alunos entendem a Ecologia como o estudo das relações e interações entre os fatores bióticos e abióticos. Tais fatores são descritos por eles de diferentes formas: referem-se aos fatores bióticos como seres vivos, organismos, espécies; referem-se aos fatores abióticos como sendo o ambiente, habitat e nível externo (ambiente ao redor); e conectam esses dois elementos por meio de processos descritos por eles como interações, relações, predação, reprodução, adaptação, inter-relações, co-evolução.

Para obter maior participação dos alunos no Grupo, passamos a discutir as respostas dadas nas questões aplicadas inicialmente.

Durante as discussões da questão 1 (O que você entende por Ecologia? Explique) os alunos manifestaram concepções sobre seu objeto de estudo, assim como fez o Aluno 12 na resposta dada à questão 1 por escrito, quando relacionou o objeto de estudo da Ecologia como sendo algo externo a qualquer organismo. No fragmento a seguir é possível perceber essas inferências com mais detalhes.

Aluno 8: O que eu entendo, é uma concepção até meio simples, mas que eu acho dá para entender melhor: o meio ambiente que a gente está, os animais, as plantas, tudo e todas as relações que acontecem entre os próprios seres vivos, com os seres vivos e o meio ambiente, fatores bióticos e abióticos, as inter-relações.

Pesquisadora: E o que seria este meio ambiente? O que vocês entendem por meio ambiente?

Aluno 11: Os fatores bióticos, os seres vivos que estão ali, e os fatores abióticos, clima, tipo de solo, temperatura, umidade. A palavra *mes mo* seria casa, então seria qualquer lugar onde tenha vida, não só um lago.

Aluno 3: O ambiente também, no caso, falando de bactérias que estão dentro do seu aparelho digestório. O ambiente dela seria dentro de mim.

Aluno 12: Considera um nível externo à ela e não externo à você. Pensar na interação dessa forma.

Aluno 3: Mas *mes mo* assim, ela está interagindo comigo.

Aluno 12: É, então você que é o ambiente externo à ela. Tem que ver qual é o seu objeto de estudo, é ela ou você?

Pesquisadora: Se eu estiver estudando uma bactéria dentro do estômago, eu estaria falando de ecologia?

Alunos em geral: Não sei..

Aluno 4: Estaria

Pesquisadora: Por quê?

Aluno 4: Um organismo estaria se relacionando com outro organismo, e sofre a ação de todos os fatores abióticos, a temperatura do corpo da pessoa, acidez, pressão...

Aluno 11: Porque está falando de relação... se é um mutualismo, uma protocooperação. É uma relação, positiva ou negativa com outra espécie.

Pesquisadora: Mas nessa escala microscópica de observação, da qual vocês estão se referindo, é comum essa abordagem na ecologia que vocês estudam, por exemplo, na graduação ou no ensino básico?

Aluno 3: Ah! Em partes, porque falando de parasitas, o ambiente sempre vai tender para uma coisa fora.

Pesquisadora: Fora do organismo?

Aluno 5: Eu acho que para a gente estudar o máximo de exemplos de interações seria esse ambiente fora, mas ... todos os exemplos de relações a gente estuda.

Aluno 8: Eu acho que para gente estudar ecologia, não sei, é da maneira como ela é abordada. Porque a gente sabe que este mundo micro tem relações, tem interações, está sofrendo no meio e está agindo, só que na hora de estudar, não explicam isso como um fator, a gente sempre acaba vendo que meio ambiente é uma coisa grande.

Aluno 11: Indiretamente, não com esse conceito, a gente vê, mas não com esse conceito de que tudo é estudo de interações.

Aluno 13: A gente estuda o corpo humano...

Aluno 4: Mas não dessa forma. A gente estuda em micro a bactéria, o tecido do estômago; em anatomia o estômago; mas ninguém junta tudo, que eu acho que quem deveria fazer isso seria na ecologia.

Aluno 12: A gente acaba vendo as interações nas diferentes matérias.

Aluna 11: Mas não tem essa abordagem da interação.

Para os alunos (3, 3, 11 e 12), o conceito de ambiente refere-se a algo externo ao organismo. Assim, se tomarmos como objeto de estudo uma bactéria presente no trato digestório do corpo humano, como identificou o Aluno 3, o ambiente desse organismo seria o corpo humano, que envolveria todas as condições abióticas relacionadas pelo Aluno 4, como a temperatura e pressão corpórea e a acidez estomacal. Relataram ver essas relações em outras áreas ou disciplinas da Biologia, mas não sob um enfoque da interação entre organismo e seu ambiente externo, assim como faz a Ecologia.

Na última fala do Aluno 4 é possível perceber a atribuição de uma característica integradora da ciência ecológica. Como esta estuda as interações entre fatores bióticos e abióticos, e por entender, até o momento, que tais fatores poderiam ser encontrados em escalas microscópicas ou macroscópicas, tendo também o corpo humano como ambiente externo de alguns seres vivos, o aluno evidenciou que a Ecologia poderia estabelecer um elo entre as diversas disciplinas da Biologia.

A pesquisadora indagou se a concepção de ambiente como nível externo ao organismo, objeto de estudo, era uma concepção que os alunos já tinham. O Aluno 12 respondeu que, para ele, só havia ficado clara a ideia de ambiente como algo externo ao organismo quando iniciou seus estudos no Grupo (neste caso, no ano de 2007). O Aluno 5 relatou que tal ideia lhe ficara clara durante a escolaridade básica. O Aluno 3 relatou ser difícil encontrar esse tratamento na escola, referindo-se ao Ensino Fundamental e Médio, e abriu debate sobre a visão estereotipada do ambiente, como exposto a seguir:

Aluno 3: Na escola, eu acho difícil, por que toda vez que fala de meio ambiente cria-se aquele estereotipo.

Aluno 11: É, quando fala ecologia só pensam no verde...

Pesquisadora: Por que vocês acham que isso acontece?

Aluno 11: Eu acho que vai da abordagem.

Aluno 9: Para mim estudar ecologia é ver planta.

Aluno 11: Porque a gente escuta: ambientalmente correto, ecologicamente correto, mas está aplicando o termo ecologia de uma forma errada, né? A pessoa nem sabe o que ela está falando, mas essa idéia que ela tem de ecologia: verde, meio ambiente. Meio ambiente para ela é a mata, é a floresta. Aí ela acaba utilizando o termo de maneira inapropriada. Acho que neste ponto a mídia, e também alguns professores na escola...

Considerando o fato de as discussões permearem assuntos referentes ao ensino ou ao entendimento sobre a Ecologia e seu objeto de estudo, foi levantada a segunda questão para ser discutida (Existe(m) alguma(s) questão(ões) da(s) qual(is) lhe parece controversa(s) dentro deste campo de estudo? Por quê?).

Nas respostas escritas, os alunos remeteram-se à forma como os conceitos ecológicos são apresentados no ensino, tais como o conceito de cadeia e teias alimentares, que não condizem com o fenômeno, e o conceito de sucessão ecológica, que, muitas vezes, é apresentado de forma previsível e determinista. Outros temas relacionados aos tratamentos de conceitos ecológicos de forma descontextualizada foram citados, como o conceito de cerrado, o nicho ecológico, os esquemas de sucessão ecológica, os níveis de organização dos seres vivos. Questões que se referiam a construções de conceitos não consensuais entre os ecólogos, como o conceito de nicho ecológico e classificação de ecossistemas também lhe pareceram controversas, assim como a abordagem do conceito ambiente como fator determinante na evolução.

Essas concepções foram aprofundadas durante as discussões no Grupo, retomando outras já apontadas anteriormente, como o fato de a Ecologia ser o estudo das interações e inter-relações entre fatores bióticos e abióticos, voltando-se a atenção para o conceito de ambiente, como vemos a seguir:

Aluno 5: Eu acho que assim, há uma controvérsia muito grande, que as pessoas separam o ambiente do organismo. A impressão que eu tenho é que elas entendem que o organismo depende do ambiente, mas o ambiente não depende do organismo. Então se você tirar todos os organismos do ambiente, aquele ambiente vai se manter sozinho ali. Às vezes eu acho que se esquece essa abordagem de coevolução, que ali há uma troca recíproca, e que muitas vezes o organismo que está vivendo ali, vai ajudar determinados fenômenos daquele ambiente. Acho que é muito só assim, a pressão seletiva que o ambiente exerce no organismo. E conseqüentemente o organismo tem que dar alternativas para reagir àquela determinada pressão. Eu acho que falta ver um pouco que o ambiente depende do organismo, tanto que não tem como você estudar o ambiente sem o organismo, porque ambiente é uma coisa que cerca, que tem que cercar o indivíduo que está ali. Acho que existe um pouco essa separação, que só organismo que depende o ambiente.

Lewontin (2002, p. 53), ao discorrer sobre a relação organismo e ambiente, aponta que a concepção de “ambiente de um organismo é causalmente independente dele e de que as alterações no ambiente são autônomas e independentes das alterações na própria espécie”, está claramente equivocada, assim como se posicionou o Aluno 5. Lewontin (2002) reforça a ideia de que, para entender o conceito de ambiente, é necessário que o entendamos como consequência da natureza dos próprios organismos que o compõem.

Quando se referiram aos conceitos ecológicos, os alunos fizeram críticas sobre a forma como são apresentados no ensino: reducionista e não representativa dos processos e fenômenos naturais, como vemos no fragmento a seguir:

Aluno 11: Acho que o problema da ecologia é uma questão de conceitos. Muitas vezes quando eles querem definir um conceito, acaba se perdendo que o conceito não consegue englobar todos os indivíduos que eles estão querendo falar. Eu acho que a determinação de conceitos, pelo menos para mim, é necessária para gente entender, mas toda a vez que eles vão definir um conceito, eles definem, mas contradizem tanto o conceito que eles definiram, e aí não pode ter um conceito para tudo. Para mim eu acho que os problemas estão no conceito.

Pesquisadora: Por exemplo?

Aluno 11: A questão de nicho ecológico. Se você pensar nicho ecológico.

Aluno 12: Mas nicho ecológico ainda não tem uma definição...

Aluno 11: Mas então, o que é nicho? O que eu posso definir como nicho? Há um conjunto de interações do indivíduo e... Eles definem o nicho como alguma coisa, mas sabe, por ser um conceito tão amplo, dependente de vários fatores, ele não pode ser definido como conceito.

A pesquisadora citou o exemplo do sagui (*Callithrix sp*), presente na mata do *Campus* da UNESP de Bauru, questionando sobre sua presença no cerrado se eram típicos de mata atlântica. E um aluno respondeu:

Aluno 12: Então não dá para entender nicho como lugar, mas sim como processo, né?

Diante da resposta do aluno, a pesquisadora comentou que o conceito de nicho ecológico não é consenso nem entre os ecólogos, e que existiam várias vertentes a respeito do tema. Alguns pesquisadores defendem a ideia do nicho como conceito específico, outros como teoria geral para a Ecologia, outros como programa de pesquisa. Considerando sua importância para o entendimento da dinâmica de estabelecimento e comportamento de espécie

num dado local, é importante que tais discussões façam parte do corpo teórico de disciplinas que tratam o tema no Ensino Superior.

A falta de discussões que contemplem a complexidade na qual os conceitos e teorias são e vêm sendo construídos, não só na Ecologia, como o caso do conceito de nicho ecológico, mas também em outras áreas, foram identificadas pelos alunos, como pode ser visto no exposto a seguir:

Aluno 12: Na verdade esse tipo de problema ocorre em todas as disciplinas.

Aluno 11: A minha impressão é de que nada é certo, tudo é a visão de alguém, o conceito que alguém pensa. Para mim na ecologia isso fica mais evidente do que nas outras disciplinas. As coisas são menos consensuais na ecologia, eu acho. Tudo é muito relativo.

Aluno 9: Mas aí vai do professor passar esses dois lados para gente também.

Aluno 12: Mas isso depende do professor, ele deve passar esses dois lados.

Aluno 9: Ele fala que esta é a definição, mas ele não fala que é uma definição que ainda não está definida, ou se é uma coisa que está em discussão. Por exemplo, gene, eu não sabia que não existia consenso sobre o conceito. Para mim sempre foi passado como uma questão pacífica. Agora nicho, sempre foi passado para gente que não tem uma definição certa. Vida sempre foi passado para gente que não tem uma definição. Às vezes foi uma questão de abordagem do professor.

Problematizando a questão 2, os alunos voltaram a discutir sobre a falta de contextualização no ensino de conceitos ecológicos.

Aluno 12: Acho também o jeito como é passado essa questão da natureza é um pouco controversa. Deveria haver mais relações com coisas que a gente vê a todo momento. Deveria explorar mais o lado cotidiano das pessoas.

Aluno 10: São usados sempre os mesmos exemplos: lince e lebre. Um problema que eu acho é mostrar as coisas de uma forma muito simplista. Por exemplo, as cadeias alimentares. Eu não sei, pode ser ignorância minha, mas eu não acho que existe uma espécie que se alimenta apenas de uma única espécie, e esta também só de uma espécie, uma coisa super linear. Eu acho que isso não representa as relações da natureza.

Aluno 9: Eu também acho, para mim sempre passaram assim. Uma cadeia alimentar como um recorte de uma teia. Seria uma escala didática: primeiro você apresenta a cadeia, e depois apresenta a teia.

A pesquisadora comentou a necessidade de tratar no ensino, principalmente no Ensino Fundamental e Médio, as relações ecológicas com exemplos mais próximos do ambiente de estudo ou em relação à realidade brasileira. Contudo, esse posicionamento ocasionou discussões entre os participantes sobre estudos de espécies brasileiras que possam ser usadas na exemplificação de conceitos ecológicos de forma mais contextualizada. A pesquisadora comentou que, muitas vezes, os autores de livros de Ecologia utilizados na

graduação são estrangeiros e acabam utilizando exemplos próximos a eles e não contextualizados à nossa realidade brasileira. Os alunos complementaram com suas visões:

Aluno 11: O que falta são estudos direcionados.

Aluno 5: Então o problema pode ser muito mais fundo, em relação a falta de estudos de exemplos brasileiros ou à publicação desses estudos e não a abordagem do professor.

Aluno 3: temos que considerar que os livros [de ecologia para o ensino superior] não são nacionais. Eles tomam exemplos de todas as regiões globais. Deve ter uma questão histórica também.

Concordamos com a exposição do Aluno 5 quando se referiu à falta de estudos de exemplos brasileiros ou à publicação desses dados. Muito se tem apontado para a carência de estudos voltados, principalmente, para a Ecologia teórica. Fernandes (2004), na apresentação do livro intitulado “Ecologia teórica: desafio para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil” (COELHO et al, 2004), ressalta que, no contexto brasileiro, “talvez uma das principais razões pela qual tenhamos avançado menos do que potencialmente poderíamos é o fato de que são poucas as sínteses realizadas por nós” (FERNANDES, 2004, p. 07).

A teoria se evidencia como fator relevante e como base na construção do conhecimento científico. Porém, observamos que a contribuição teórica de ecólogos brasileiros é escassa e que produções de conhecimentos, nessa área, são ainda muito dependentes da obtenção de dados empíricos (LOYOLA et al, 2004).

Em relação à Questão 3 (Qual sua opinião sobre os campos teóricos da Ecologia? Você identifica isso no ensino?) pretendíamos explorar as concepções dos alunos sobre as diversas formas nas quais a Ecologia se reconhece no ensino, mais especificamente na graduação, no que diz respeito aos campos teóricos da ecologia de populações, ecologia de comunidades e ecologia de ecossistemas. Nas respostas escritas, os alunos não explicitaram estas visões, enfatizando apenas o fato da Ecologia tratar uma grande gama de conceitos presentes em outras disciplinas ou áreas do conhecimento. O caráter integrador atribuído pelos alunos à Ecologia, assim como seu objeto de estudo, voltaram a ser discutidos durante a explanação teórica da questão, como exposto a seguir:

Aluno 4: Existem muitas disciplinas. Que nem, a gente tem invertebrados, depois a gente tem botânica, a gente não vai juntando tudo sabe? Vertebrado, invertebrado. Tudo deveria estar conectado, como na ecologia, juntar tudo isso, cada matéria, cada bloquinho que a gente tem separado. Porque é mais fácil de ensinar, acho que é mais didático, e a ecologia, o papel dela seria juntar tudo isso. Mas isso a gente não vê. Por exemplo, há disciplinas de ecologia que não enfatizam a parte animal, fica mais nos tipos de ecossistemas, outras mais nas características da vegetação, o animal não estava presente. Não há essa junção, os ecossistemas seriam os animais e vegetais, as interações que ocorrem. A gente vê as formações vegetais. Talvez agora com ecologia de populações e de comunidades a gente possa ver isso. Mas no ecossistema não teve. Eu não sei se a matéria tem realmente esse enfoque ou se se optou por essa abordagem.

Aluno 6: Por exemplo, quando a gente fala de ecossistemas, o ecossistema da mata atlântica, o maior ecossistema brasileiro a Amazônia, por exemplo, já supõem à formação vegetal, plantas, floresta.

Aluno 4: Parece que só tem árvores lá e mais nada. Não se refere aos outros seres vivos.

Pesquisadora: Mas dentro desse contexto de disciplina, que aborda ecossistemas, vocês acham que deveriam ou não abordar outras questões?

Aluno 6: Eu acho.

Aluno 5: Por isso que eu acho que acaba caindo naquilo que eu falei. Relaciona-se muito com a árvore por causa de sua interação com fatores abióticos, não por causa, de repente, da interação de uma árvore com um animal, entendeu.

Percebemos que, as falas dos alunos, além de abarcarem anteriormente discussões sobre as escalas de tamanho dos organismos estudados (tais como os microscópicos ou os macroscópicos), ou ao ambiente como algo exterior a qualquer organismo (até mesmo considerando uma bactéria tendo o corpo humano como ambiente), agora fizeram menções aos campos teóricos presentes na Ecologia.

Nesse momento inicial de atividades do Grupo, a maioria dos alunos questionou sobre a mudança curricular do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – até 2005 havia as disciplinas: ecologia geral, ecologia vegetal e ecologia animal; a partir de 2006, as disciplinas foram reformuladas para: ecossistemas, ecologia de populações e ecologia de comunidades – sem entender suas implicações para o ensino ou outros fatores que pudessem ter norteado tal posicionamento. Assim, debateram sobre essa mudança e os diferentes enfoques das disciplinas envolvidas, relacionando-os com o processo de construção da ciência ecológica, com as tradições de pesquisas ou campos teóricos influenciando essas áreas da Ecologia, e pelo objeto de estudo ao qual elas se referiam. Mesmo fazendo esses apontamentos, discutiram os possíveis conflitos que poderiam existir ao adotar um tratamento baseado apenas em um determinado campo teórico. A seguir, expomos a discussão referida:

Aluno 12: Eu pensei em várias vertentes que existem dentro da mesma disciplina, de qualquer disciplina, não necessariamente na ecologia, mas os vários conceitos que você tem, que podem ser concordantes ou discordantes. É importante haver essas visões e que isso mostra que a ciência não é pronta, mas um processo. São vários estudos que vão ser perpetuados, coisas que se concordam hoje podem não concordar no futuro.

Aluno 7: Eu acho que estes tipos de disciplina foram pensadas justamente pelos tipos de pesquisa que são feitas. Se em uma pesquisa você vai focar só comunidade, eu vou levantar dados e analisar só entre os organismos. Ou por exemplo, eu vou pegar uma população qualquer e eu vou ver o crescimento.

Aluno 8: Mas como se estuda a comunidade sem estudar a população? Ou como estuda população sem estudar a comunidade na qual ela está inserida?

Aluno 7: As matérias foram pensadas porque a pessoa que estuda só ecologia ele fica apenas com um aspecto.

Aluno 5: Mas, porque a gente vê, por exemplo, essas relações de parasitismo, mutualismo em ecologia de população e não em comunidade? Como foi feito esse critério? Porque uma comunidade abrange várias populações, essas interações vão acontecer, entre as populações iguais, entre as populações diferentes, enfim...

Aluno 7: Sim

Aluno 8: Eu acho que é só uma forma didática.

Aluno 11: Acho que foi para tirar essa questão antiga que tinha de ecologia geral, ecologia animal, ecologia vegetal. Eu acho que essa divisão tomava as coisas separadas. Mas aí teve uma mudança [no currículo], e mesmo assim, acho que essa visão não é correta. Mas eu acho que a abordagem que a gente está tendo [ecologia de populações, ecologia de comunidades, ecossistemas] é melhor que a antiga [ecologia geral, ecologia animal e ecologia vegetal], melhorou.

Pesquisadora: Vocês concordam com a divisão em ecologia animal e ecologia vegetal?

Aluno 6: Não dá para separar essas coisas.

Aluno 8: Se a gente acabou de ver que a ecologia estuda as interações e essas interações se dão entre um animal e um vegetal.

Aluno 5: Mas isso também depende da forma como o professor está trabalhando.

Aluno 8: Mas não tem como separar: ecologia vegetal estuda só os vegetais e a ecologia animal estuda só os animais.

Aluno 11: Então os professores que ministram essas matérias devem ter uma visão ampla.

Pesquisadora: Antes de ser uma mera divisão em disciplinas, que foi instituído no currículo de vocês, ecologia de populações, ecologia de comunidades, ecologia de ecossistemas já existiam. Porque existem essas diferenças de abordagem?

Silêncio. [...]

Pesquisadora: O que seria para vocês a ecologia de ecossistemas?

Aluno 4: É a junção de todos. Acho que na ecologia de ecossistemas teria que focar as comunidades e as populações [...]

Aluno 3: Mas na hora de estudar não é assim.

Aluno 11: Mas isso seria só uma coisa teórica, pois na prática não é assim.

Aluno 8: A impressão que eu tive é que em ecossistemas [a disciplina] a gente não teve nada muito específico, foi mais um geralzão, uma introdução.

Aluno 7: Questões ligada ao ambiente: clima, temperatura.

Aluno 5: Por exemplo, quais são todas as características do cerrado em relação ao clima, temperatura... Coisa que não é mencionada na ecologia de comunidade que a gente está vendo hoje, que enfoca o porquê do indivíduo estar ali, e não mais na característica física, de distribuição que enfocou mais na ecologia de ecossistema.

Aluno 9: Porque as árvores do cerrado são mais retorcidas, [na ecologia de ecossistemas] e não fala hoje [na ecologia de comunidade].

Aluno 8: Eu acho que a ecologia de população, por exemplo, se a gente pegar a definição que a gente vê, que é um conjunto de indivíduos da mesma espécie. Então se a gente pegar esse conceito, em tese, não deveria abordar coisas muito amplas, mas coisas mesmo de indivíduos.

Pesquisadora: Independente da forma como vocês entendem essa disposição no currículo específico, eu gostaria de entender como vocês entendem essas diferentes abordagens, esse corpo teórico.

Aluno 6: Em ecossistema, por exemplo, a gente estudou as características do cerrado, tudo. Em ecologia de comunidade a gente estudou que, dentro do ecossistema cerrado, existem várias comunidades, porque aquela população se estabeleceu aí, o que tem naquela população que está

relacionada com as características do ecossistema que a gente já estudou. É possível relacionar tanto a população como a comunidade com o que a gente já teve [estudou].

Pesquisadora: E sinecologia e autoecologia?

Silêncio.

Pesquisadora: Vocês nunca ouviram esses termos?

Alunos: Não.

Pesquisadora: Ecologia humana?

Silêncio.

Pesquisadora: Vocês nunca ouviram falar de ecologia humana?

Alunos: Não.

Isto posto, discutimos a quarta e última questão (Para você, quais são os pressupostos ou fundamentos da Ecologia? Discorra brevemente). Nossa intenção era que os alunos pudessem expor suas ideias sobre a origem dos estudos ecológicos, não necessariamente sobre a cunhagem da palavra ecologia, mas sobre seus principais fundamentos e pressupostos. Nas respostas escritas, a maioria dos alunos referiu-se ao conceito de interações entre fatores bióticos e abióticos, relacionando-o com outros conceitos, tais como nicho ecológico, dinâmica das populações e comunidades, evolução, adaptação. Alguns, contudo, não responderam a questão.

A discussão oral da questão levou em consideração o *status* de ciência da Ecologia e revelou a dificuldade de os alunos em entendê-la dentro de um corpo teórico próprio. Um aluno (não identificado) achou que ela fazia parte da Biologia, outros se manifestaram achando que ela era uma ciência. Essas manifestações estão no fragmento a seguir:

Aluno 4: O que a gente discutiu na disciplina [na graduação] é que para ser uma ciência ela deve ser capaz de se explicar sozinha. Não é mais ou menos isso, ou eu entendi errado?

Aluno 6: É, fazer os experimentos e ser provada.

Aluno 4: Ela [qualquer ciência] pode ser provada sem precisar da ajuda de outras ciências. Ela tem que ter uma autonomia.

Aluno 3: Mas ela [ecologia] não se explica sozinha, alguma coisa na biologia, eu preciso da química para explicar, eu acho que ciência é uma coisa complexa...

Aluno 11: Por isso que eu falei que ela é uma parte da ciência, ela precisa da biologia para explicar determinadas coisas.

Um aluno, não identificado, acrescentou que a Biologia, embora tivesse o *status* de ciência autônoma, também precisava da Matemática para explicar algumas coisas. A discussão prosseguiu, conforme exposto a seguir:

Aluno 3: Por isso que eu falei que é muito complexa, parece tudo uma ciência, só que com enfoques diferentes. A Biologia é uma ciência que estuda a vida sob enfoques diferentes para a botânica, para a zoologia. Do mesmo jeito seriam as ciências com enfoques diferentes, dando enfoque para a vida, para as coisas físicas... Eu não consigo ficar separando tudo assim..

Aluno 4: Então a ecologia seria uma ciência que daria enfoque para as interações?

Aluno 3: É.

Aluno 12: Didaticamente sim.

Aluno 10: E não só os seres vivos, o meio abiótico também. Também tem graduação em ecologia, não deve ser à toa, da mesma forma que um dia pode haver uma graduação em genética, como já tem a engenharia genética.

Pesquisadora: Então por se tornar graduação ela [ecologia] seria uma ciência, ou não? A Ecologia é somente um campo de pesquisa?

Aluno 10: Ela é mais ampla que uma simples disciplina dentro da biologia.

Após estas manifestações, a pesquisadora indagou por que havia dificuldade, por parte dos alunos, em entender a Ecologia como ciência. Os alunos debateram, conforme exposto no fragmento, a seguir:

Aluno 12: Seria por causa do tempo que ela se desenvolveu? É muito curto.

Aluno 4: O que você precisa ter para dizer que aquilo é uma ciência? Qual o conceito de ciência?

Aluno 8: Eu entendo assim, a zoologia estuda os animais, a botânica estuda os vegetais. Porque a gente estuda primeiro isso para depois a gente ver ecologia? Por que primeiro a gente precisou estudar os indivíduos separadamente, saber como eles funcionam, como eles são para depois poder remeter eles à um conjunto.

A pesquisadora indagou sobre possíveis hipóteses que teriam resultado o interesse pelos estudos ecológicos, mas a maioria dos alunos não conseguiu formular explicações a respeito. Apenas dois alunos manifestaram seus pontos de vista, da seguinte maneira:

Aluno 5: Não sei. Talvez, quando começam a se questionar porque determinado organismo, seja animal ou vegetal, vive naquele lugar e não em outro. Em decorrência da evolução, eu acredito que a evolução vem primeiro. Então talvez a evolução tenha instigado essas questões.

Aluno 3: Eu acho que veio com maior força com a revolução industrial.

O Aluno 5 demonstrou sua concepção voltada para as questões de distribuição de espécies, sem contudo mencionar o conceito de interação entre os fatores bióticos e abióticos que influencia essa distribuição. Mencionou a palavra evolução, e reconheceu que os estudos ecológicos decorreriam dos estudos evolutivos. Contudo, é sabido que os fenômenos que a Ecologia estuda foram objetos de estudo antes do fim do século XIX. Ou seja, mesmo antes de ser constituída como ciência, haviam realidades empíricas que hoje fariam parte do campo teórico da Ecologia (DROUIN, 1991, p. 28).

Por meio dos dados coletados pelo Questionário 1 e as discussões decorrentes dele, elaboramos a primeira síntese de significação, exposta no Quadro 6:

Quadro 6: Síntese de significação I

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Entendem Ecologia como estudo das relações e interações entre os seres vivos e o ambiente discutindo a influência dos organismos no meio e do meio nos organismos
Discutem o objeto de estudo da Ecologia, seu <i>status</i> de ciência e fundamentos e, seu papel integrador
Apontam a visão estereotipada da Ecologia como estudo de espécies vegetais ou estudo da natureza (no sentido de elementos naturais)
Discutem questões de ensino de Ecologia, como a falta de contextualização na abordagem dos conceitos ecológicos, relacionando com a falta de pesquisas com esta finalidade ou a incipiente divulgação científica

5. 2. 2. Evolução das concepções

Nos próximos sub-itens, discutimos as sequências de encontros que ocorreram no primeiro semestre de 2009 com o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, procurando identificar a evolução das concepções dos alunos. O termo evolução tem mais a função de apresentar o desenrolar das ideias com seus avanços e retrocessos do que admitir um perfil de evolução com ideia de superação de concepções.

5.2.2.1. Sexto encontro

Durante o encontro realizado no dia 22/04/2009, a pesquisadora explicou a necessidade de leitura crítica dos textos apresentados, visando a suscitar discussões sobre o conteúdo tratado. Procuramos retomar alguns aspectos discutidos no quinto encontro, tais como o contexto histórico e filosófico no qual a Ecologia está inserida e quais as contribuições dessas discussões para o ensino de Ecologia.

A questão sobre o *status* de ciência da Ecologia foi retomada por meio da leitura da introdução do livro “Reinventar a natureza” (DROUIN, 1991). O autor apresenta três questões que são discutidas ao longo do livro:

As questões que se levantam hoje aos historiadores da ecologia e que aparecem em filigrana através dos seus debates podem reduzir-se a três.

Primeira, será a ecologia verdadeiramente uma ciência e não só uma corrente de pensamento, quer dizer, a distinção entre ecologia e ecologismo terá um real alcance conceitual ou não passa de uma comodidade de linguagem?

Segunda, supondo que se responde pela afirmativa, de que tipo de ciência se trata? A ecologia não será mais uma nova versão da história natural? Quais são suas relações com a física e a química, com a biologia, com a geografia física e humana, etc.?

Terceira, e supondo ainda que se possa falar de ciência, que elo é preciso estabelecer entre esta e a corrente de pensamento que dela se reclama? Filiação, complementaridade ou independência?

São questões para as quais aqueles que refletem, discutem, debatem a propósito dos problemas mais quentes em matéria de meio ambiente, parecem possuir respostas, geralmente implícitas. Ao formulá-las e localizá-las na história das ciências, não se trata nem de propor uma apologia nem de instruir um processo de legitimidade, mas tão só de lançar o olhar da epistemologia sobre um objeto por ela ignorado durante muito tempo (DROUIN, 1991, p. 21-22).

Esses questionamentos feitos por Drouin (1991) foram relacionados pelos alunos com os pressupostos do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, conforme descrito no fragmento a seguir:

Aluno 7: Seria estudar como a biologia se desenvolveu ao passar dos anos, como os conceitos, as teorias se formam, e julgar se determinada metodologia que é utilizada, por exemplo, e em um trabalho, um estudo, se ela é adequada, se ela tem haver com essa questão de formação de conceitos.

Aluno 15: Nesse texto ele [Drouin] coloca a ecologia como ciência mesmo, que parte da biologia, mas não como parte da biologia, como um estudo da biologia.

Pesquisadora: Você concorda com isso?

Aluno 15: Acho que em partes sim. Ecologia como estudo das interações, o que é visto. Mas acho que faz parte sim, que a ecologia faz parte da biologia.

Pesquisadora: Mas fazer parte significa dizer que ela não é uma ciência?

Aluno 15: Não. Mas aí é que está, se começar tudo que faz parte da biologia se tornar uma ciência autônoma, daqui a pouco a gente não vai mais estar estudando biologia, vai estar estudando ecologia, genética, tudo separadamente.

Pesquisadora: E qual sua posição sobre isso?

Aluno 15: Aí acho que está a questão da interdisciplinaridade. Você tem que relacionar tudo. Tudo o que a gente aprende em biologia, e não só levar em conta somente uma disciplina, mas talvez tentar relacionar todas as outras que a gente conhece, da química, da física. Aí eu acho que se a gente tentar fazer essa conexão de uma matéria com a outra, talvez fique até melhor o entendimento, para nós e para quem futuramente a gente vai ensinar.

Aluno 13: Eu acho que biologia vegetal, animal, a ecologia podem ser ciências autônomas, só que elas estão inclusas em uma ciência maior, que é a biologia. Então existe um eixo integrador que une todas elas. Existem conceitos que une toda a biologia, por exemplo, a questão da vida, a questão da interação. Agora eu não acho que você possa falar de uma ecologia separada da biologia. [...] Antes era tudo junto. Na história natural não era tudo fragmentado. Você via os conteúdos integrados. Não existia separação de disciplinas. Será que não é errado a gente fragmentar de novo, igual a gente separou em física, química, biologia e tentar voltar ser tudo uma coisa só e tratar aquilo como se fosse um conjunto.

Aluno 15: É o que hoje em dia todo mundo está tentando, juntar tudo para fazer um sentido maior. Se você estudar a matéria picadinha, às vezes a gente não consegue relacionar uma coisa com a outra. Eu acho que está meio voltando isso [ver tudo junto].

Os alunos discutiram o ponto de vista da economia da natureza. Para Drouin (1991), na concepção de natureza de Linné, havia a visão que ele denominara de economia da natureza, definida em 1749, como “a muito sábia disposição dos seres naturais, instituída pelo Supremo Criador, segundo a qual aqueles se orientam, para fins comuns e têm funções recíprocas”. Drouin (1991, p. 34) acrescenta ainda que “deve-se notar que esse mundo tão organizado (para Linné) não o é exclusivamente em nosso proveito: o próprio homem aparece, de fato, como um meio para manter a proporção dos grandes predadores”. As concepções dos alunos a respeito podem ser observadas no fragmento a seguir:

Aluno 3: Dá uma idéia finalista eu acho. Existe planta para o herbívoro comer, existe herbívoro para o carnívoro comer, e que o ser humano estaria regulando tudo isso, como um ser último da cadeia.

Aluno 13: Pensando no sentido de como a gente come um boi. Hoje o homem não come o boi para controlar a população desses animais. A gente cria boi para gente comer. E isso afetou muitas cadeias alimentares, as gramíneas, por exemplo. E o boi, eu acho que algum tempo no mundo acontecia isso [idéia de economia da natureza]. O boi poderia comer a gramínea e estaria controlando a população da gramínea de forma equilibrada. Hoje não. Hoje a gente tem que plantar pasto e produzir boi, porque a gente come boi e o boi precisa de comida. E eu acho que isso acontece com tudo. Isso acabou afetando até espécies de animais que não são diretamente relacionados com o homem [...] Eu acho que este equilíbrio um dia já existiu, não sei se com essa finalidade [de regulação entre as espécies dos níveis tróficos de uma cadeia alimentar], mas eu acho que isso já existiu. Eu não sei explicar o que ocasionou esse desequilíbrio, se foi um crescimento exagerado do homem [quantidade de indivíduos], isso acabou afetando todos os outros fatores. Eu também não acho que se o homem não estivesse aqui não haveria desequilíbrio.

Em um primeiro momento de discussão sobre as ideias de economia da natureza, os alunos reconheceram-na como ideia finalista. Contudo, nos trechos finais da fala do Aluno 13, percebemos que a ideia de equilíbrio entre os níveis tróficos das cadeias alimentares afetadas pela ação antrópica, pode também se reconhecer de outra forma. Quando o aluno expõe que “*Eu também não acho que se o homem não estivesse aqui não haveria desequilíbrio*”, manifesta sua concepção de que o desequilíbrio entre os níveis tróficos existiria com ou sem a presença humana. Essa discussão foi aprofundada posteriormente entre

os indivíduos do Grupo, revelando suas concepções sobre as relações entre homem e natureza, como vemos no exposto a seguir:

Aluno 13: Eu acho que o fato do ser humano desequilibrar o ambiente não é intencional. Inicialmente não. Eu acho que quando a gente fala isso [da ação do homem sobre o ambiente], do jeito que a gente fala, a gente acaba colocando o homem fora das relações ecológicas, como se ele estivesse à parte.

Aluno 8: Um exemplo que eu estava pensando, no meio, a gente homem seria como um animal que interage, que está no meio, que faz parte do meio. Até certo ponto, que eu acho que foi há bastante tempo atrás, existia todas as interações, e essas interações estavam em equilíbrio de maneira que mesmo que aumentasse ou diminuísse [a quantidade de indivíduos], o meio tinha como estar suportando isso e se adaptando e arrumando. Há muito tempo atrás. Agora o que o homem tem feito, ele não tem mais como recuperar.

Aluno 13: Eu acho que a gente pega alguns exemplos, e eu acho que às vezes a gente é muito duro com a gente mesmo. Por exemplo, vários animais podem ter comportamento que prejudiquem outros [organismos]. Até que ponto a gente faz as coisas em nosso benefício e os outros animais também fazem em benefício próprio, só que cada um é uma proporção. A nossa proporção é maior porque a nossa estrutura é maior. A gente exagerou em algum processo.

Embora as concepções dos alunos manifestassem o entendimento do ser humano como elemento participativo das relações ecológicas, percebemos diferentes pontos de vista: o Aluno 13 enfatizou que o homem interfere na natureza sem intenção de prejudicá-la, agindo em benefício próprio, como outros animais também o fazem; o Aluno 8 enfatizou que esta relação tem consequências negativas, sobretudo pela ação humana no meio.

Em momento posterior, o Aluno 3 relacionou as ideias apresentadas por Drouin (1991), quando discorre sobre a economia da natureza e a Teologia natural. Dessa forma, identificou a influência dessas correntes históricas no pensamento atual, da seguinte forma:

Aluno 3: Mesmo você não acreditando no criacionismo, os seres humanos continuam acreditando em tudo isso. Que tudo é para nosso usufruto mesmo.

Assim, as concepções dos alunos expostas nesse encontro permitiu-nos elaborar a síntese de significação descrita no quadro abaixo:

Quadro 7: Síntese de significação II

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Discutem o objeto de estudo da Ecologia manifestando suas ideias sobre as relações e interações entre os seres vivos, incluindo o homem, e o ambiente
Relacionam a visão utilitarista da natureza com as correntes de pensamento presentes na história da ciência, tais como as concepções da Teologia natural e da economia da natureza
Relacionam as ciências naturais e os fundamentos da Ecologia, apontando a necessidade de integração didática entre os conceitos científicos

5.2.2.2. Sétimo encontro

No encontro realizado no dia 29/04/2009, os alunos estipularam relações entre a geografia botânica e os estudos que realizavam na graduação, como exposto a seguir:

Aluno 7: Uma coisa que eu penso que deva fazer parte disso [geografia botânica] são os sistemas que a gente estuda de distribuição. Por exemplo, a gente pega o mapa do Brasil e aponta: nessa região ocorre o cerrado. Aí começa a fazer uma ligação: aqui tem um planalto, tem um clima assim. Eu acho que mais ou menos tem a ver com isso. E como é apresentada a relação desses fatores climáticos com a distribuição de espécies. [...] Na parte de ecossistemas sim, quando a gente estuda a parte de ecossistemas o foco principal é este [geografia botânica].

A exposição do aluno corroborou a ideia central do *Ensaio sobre Geografia de das Plantas* (1805), publicado por Humboldt. Para Humboldt, ao lado da Botânica tradicional, deveria se promover uma geografia botânica, que estudasse as repartições dos vegetais segundo a altitude, as zonas geográficas, os fatores físicos em geral (DROUIN, 1991). Drouin (1991) explica que, por meio dessas ideias de Humboldt, estaria definido um sistema explicativo global:

[...] os parâmetros físicos (temperatura, umidade, etc.) eles próprios determinados por elementos espaciais (altitude, latitude, etc.) determinam por sua vez o caráter da vegetação, que de seguida influi sobre os animais e os homens. Esta cadeia causal releva uma visão bastante mecanicista, se Humboldt não tivesse em conta a atividade do homem que utiliza, cultiva, introduz espécies vegetais e modifica desse modo a paisagem (DROUIN, 1991, p. 57).

Essas ideias, ao serem apresentadas para discussão, foram debatidas e aplicadas no conceito de sucessão ecológica, como expostas a seguir:

Aluno 13: Quando se inicia uma comunidade, quem vem primeiro? Os pioneiros que são os líquens, e são também as plantas primeiro. Não são animais, sempre vai vir primeiro uma planta. De acordo com que a gente aprendeu é isso. Então a gente tem plantas muito mais dependentes do meio e do solo do que os animais, porque os animais dependem das plantas. As plantas, algumas tem condições de se estabelecer em ambientes muito mais diversificados que os animais.

Aluno 12: Mas faz sentido ser o vegetal primeiro porque ele pode produzir seu próprio alimento, ele não depende de outro. Ele vai chegar vai ter uma pedra nua somente, como que o animal vai se alimentar?

Aluno 13: A gente pensa em animal, mas não pensa em fungo, bactéria.

Aluno 12: Mas o líquen já é uma associação.

Aluno 13: Mas eu acho que pode ser apenas um fungo.

Aluno 11: Mas o fungo depende da planta, por que o fungo é heterótrofo.

Aluno 12: Por isso que eu acho que é necessário uma planta.

Aluno 13: Mas então é sempre assim? [inicia-se a sucessão com plantas ou indivíduos autótrofos]

Pesquisadora: O que é mais fácil chegar a uma ilha [exemplificando um local desabitado], um animal ou uma semente?

Alunos: A semente.

Nas falas expostas se reconhecem as distorções conceituais sobre o conceito de sucessão ecológica. Não estava claro para o Aluno 13, que se tratando de sucessão primária, as primeiras espécies a colonizar determinado local deveriam ser autótrofas. A fala do Aluno 10, exposta a seguir, revelou a frequente distorção conceitual, presente nos livros didáticos e no discurso de professores, ao que se refere à exclusão de espécies animais durante as exemplificações e nos esquemas sobre sucessão ecológica:

Aluno 10: Eu acho que a idéia errada que tem é que o animal só chega quando está tudo formado. Já está tudo pronto, pode vir [os animais] então. Isso é idéia errada. Agora falar que primeiro o que chega é o vegetal, acho que tem que ser, não tem outra alternativa.

Assim, os alunos continuaram a discussão na tentativa de chegar a um consenso sobre as ideias que faziam do processo de sucessão ecológica, relacionando os fatores bióticos e os fatores abióticos:

Aluno 13: Mas pensando nisso que o texto falou, que uma semente que chega a um local e ela não seja natural dessa região, mas se ela tiver condições propícias para ser desenvolvida, em contato com as outras plantas, ela vai desenvolver, ao passo que se chega um animal que não encontra alimentação própria, ele não vai.

Aluno 15: Eu acho que essa questão de ser maior ou menor, essa capacidade de adaptação em relação ao solo é relativo.

Aluno 4: É que ele [o texto] fala que as plantas são mais dependentes da condição do solo do que os animais. Mas, por exemplo, se eu pegar uma planta da Amazônia e levar para a França ela não vai conseguir desenvolver. Mas tem plantas que elas não são tão exigentes quanto ao solo, a temperatura, e elas vão nascer, vão germinar, em qualquer lugar.

Aluno 5: Mas acontece a mesma coisa com o animal, é o limite de tolerância de cada espécie.

Aluna 4: As vezes, primeiro a semente que chegou lá não iria ter condições de germinar, mas virão umas mil sementes e depois ela conseguiu germinar ali. Vai depender desse fator, das sementes terem essas características.

Aluno 5: Mas é igual no animal, não é?

Aluno 4: Mas o animal ele vai chegar lá e comer o que?

Aluno 15: Mas aí são como os animais do deserto. A grande maioria dos animais se adaptaram em decorrência das condições climáticas. Muitos animais não se alimentam de plantas.

Ao discutirem sobre o estabelecimento e dinâmica de espécies em determinado lugar, nas falas dos alunos se evidenciaram suas concepções sobre as interações ecológicas podendo ocorrer entre: seres vivos – seres vivos (planta-planta, planta animal), seres vivos – ambiente (planta-solo, planta-temperatura). Contudo, o Aluno 15 apresentou uma concepção determinista ao reconhecer o quanto as condições climáticas são responsáveis pelo estabelecimento de espécies no deserto.

Contudo, na continuidade das discussões, outras visões e conceitos, tais como níveis tróficos, seleção natural, evolução, coexistência, plasticidade fenotípica, nicho ecológico foram discutidos. O entendimento sobre as interações ecológicas, no processo de sucessão, foi se delineando, como exposto no fragmento a seguir:

Aluno 12: Mas se alimentam [os animais do deserto] de outros animais que se alimentam [de vegetais]. É uma cadeia.

Aluno 5: Mas aí a gente está falando de uma seleção que leva muito tempo para acontecer. A gente está tratando dela como se acontece assim rápido. Talvez a gente não consiga ver esse processo de seleção na planta como a gente vê mais fácil no animal.

Pesquisadora: Vocês concordam que plantas são mais susceptíveis aos fatores ambientais do que animais?

Aluno 12: Depende do animal.

Aluno 3: Eu acho isso relativo, porque de repente está acontecendo alguma coisa, começou uma geadada, a planta não vai sair correndo, entendeu. Não pode se esconder.

Aluno 12: A planta tem outra estratégia de sobreviver. Ela tem as sementes dela. Cada um tem seu jeito, sua estratégia.

Aluno 5: É uma questão evolutiva.

Aluno 5: Quando você analisa um sistema inteiro, as características de cada espécie são muito específicas. Seria fácil você ter essa noção se todas as espécies vegetais tivessem as mesmas características, os mesmos limites de tolerância, a mesma resistência ou vulnerabilidade a questão ambiental. Agora, não é assim. Cada espécie está adaptada a uma coisa, tanto vegetal quanto animal. Então eu acho que a gente não pode estabelecer: animal sofre mais e animal sofre menos.

Aluno 12: Até nesses locais mais limítrofes tem animal e tem vegetal.

Aluno 5: A plasticidade fenotípica: de repente acontece uma mudança no meio ali, aquele gene que ele tem ali, ele expressa um fenótipo diferente, e ele vai conseguir se adaptar aquela condição adversa. Não tem como a gente prever. Quem vai prever o quão plástico pode ser uma espécie? Às vezes você coloca duas espécies ali, e você acha que elas nunca vão conseguir conviver e de repente as duas conseguem expressar o nicho de uma tal forma que elas coexistem. Coisa que você nunca imaginaria que iria acontecer. Analisar o conjunto e as características de cada espécie, como elas são diferentes, nada é previsível.

Diante do exposto, percebemos que mesmo prevalecendo, em determinado momento da discussão no Grupo, os diferentes pontos de vista sobre a influência dos fatores abióticos (mais especificamente o clima) sobre as plantas e sobre os animais, os alunos começaram a refletir sobre a necessidade de entender a complexidade dos fenômenos naturais. Ao tentarem explicar determinados fenômenos – como o estabelecimento de plantas e animais em lugares específicos – estavam fragmentando e individualizando situações específicas e fazendo tentativas de estender essas explicações para o sistema como um todo. Ou seja, não estavam considerando as características individuais dos organismos.

A síntese de significação deste encontro está sistematizada a seguir:

Quadro 8: Síntese de significação III

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Expõem suas idéias sobre as relações e interações entre os seres vivos e o ambiente, discutindo essas interações no contexto da sucessão ecológica, utilizando conceitos que, normalmente, não são vistos na abordagem do conceito de sucessão ecológica (níveis tróficos, seleção natural, evolução, coexistência, plasticidade fenotípica, nicho ecológico)
Relacionam o objeto de estudo da Ecologia, como os ecossistemas com os campos teóricos desenvolvidos ao longo da sua história, como a geografia botânica
Discutem questões de ensino de Ecologia como a distorção conceitual presente nos livros didáticos e no discurso de professores, em relação à exclusão de animais, durante a exemplificação e em esquemas sobre sucessão ecológica

5.2.2.3. Oitavo encontro

No encontro realizado no dia 06/05/2009, foram discutidas as leituras críticas do capítulo 2, do livro Reinventar a natureza (DROUIN, 1991) e do texto “Ecologia, ecologismo e abordagem ecológica no ensino das ciências naturais: variações de um tema” (LACREU, 1998). Essas leituras permitiram aos alunos estipular novas relações entre as teorias desenvolvidas na história da Ecologia e suas influências na Ecologia atual.

Ao serem indagados pela pesquisadora sobre quais as contribuições dos pesquisadores Alexander von Humboldt (1769-1859) e Alphonse de Candolle (1803-1893) para a Ecologia, o Aluno 7 expôs sua concepção a respeito, como relatado a seguir:

Aluno 7: Sobre Humboldt, a gente já começou a discutir um pouco na outra reunião , que ele fazia essa relação entre a fisionomia da vegetação, no caso o que ele estudou, como altura, com os parâmetros físicos. [...] No geral foi mais isso a contribuição dele [Humboldt], que acho que a gente vê bem claro nos estudos dos ecossistemas hoje. Assim, uma parte do estudo é bem parecida com esse estudo que ele fez. A ecologia de ecossistema é bem parecida com a pesquisa que ele fazia. [...] Em contraposição com Humboldt, ele [Candolle] fala mais da questão da distribuição, não das vegetações, mas das espécies em si. Ele falava, de uma forma meio inicial, que mesmo que dois ambientes tivessem as condições parecidas, não necessariamente a composição na questão de espécies seria igual. Foi uma das questões que ele propôs em seus estudos.

Por ter desenvolvido trabalho de pesquisa sobre Eugene Warming (1841-1924), o

Aluno 7 fez um comentário sobre este pesquisador durante a atividade no Grupo, como visto no recorte:

Aluno 7: Ele foi um pesquisador dinamarquês, que ficou três anos no Brasil, em Lagoa Santa, e ele começou fazendo alguns estudos de cerrado. Ele também vem dessa tradição dos fatores físicos, e fazia sempre uma correlação entre os fatores físicos com o que ele estava vendo. No fim, este trabalho que eu apresentei, pelo menos no artigo que eu pesquisei, ele comparava a vegetação do Brasil com a do norte da Europa, então ele colocava algumas diferenças.

A exposição do Aluno 7 demonstrou que o desenvolvimento de pesquisas sobre história da ciência, durante a graduação, forneceu-lhe subsídios para relacionar diferentes pesquisadores no campo teórico da Ecologia. Também foi importante esta partilha com os colegas do Grupo que desconheciam o referido pesquisador.

Considerando as ideias expostas pelo Aluno 7, sobre Humboldt e Candolle, a pesquisadora questionou se nos dias atuais era possível perceber alguma influência dessas tradições de pesquisas, principalmente no que se referia à visão determinista dos fatores climáticos na distribuição, fisionomia da paisagem e comportamento das espécies vegetais. As concepções expostas pelos alunos referiram-se ao ensino de Ecologia na Educação Básica. Para os alunos, há carência de explicações de outros fatores abióticos, como o microambiente do organismo (resultado de sua interação com o ambiente próximo a ele), influenciando a distribuição e a caracterização da vegetação, e não somente o clima. Estas concepções foram verificadas no fragmento a seguir:

Aluno 7: Eu acredito que sim, na própria caracterização [de espécies vegetais] quando a gente estuda, pelo menos eu percebi, fica bem marcado.

Aluno 3: Em relação a fisionomia de um lugar dar enfoque nos fatores abióticos como sendo responsáveis para aquele lugar ser daquele jeito sem dar enfoque também para os bióticos, eu

acho que é bem assim ainda. [...] sempre dando mais enfoque para o fator abiótico, não falando dessa questão de microambiente. Fala um pouco, na graduação fala, mas na escola [Ensino Fundamental e Médio], eu nunca tinha ouvido falar sobre isso. A impressão que eu tenho é que não dão importância nenhuma, só o solo e a temperatura daquele local influenciam, nunca enfocando que os próprios indivíduos podem mudar aquele ambiente.

De acordo com a visão exposta pelo Aluno 3, ao discorrer sobre a ênfase nos fatores climáticos como determinantes na distribuição e composição de espécies, a pesquisadora remeteu-se ao conceito de sucessão ecológica. Este conceito, muitas vezes, é tratado, no Ensino Fundamental e Médio, apenas pelo enfoque do clímax climático, sem que seja considerada a dinâmica da vegetação, resultante de interações entre fatores abióticos e bióticos. Essa percepção suscitou nos alunos a crítica aos livros didáticos e ao currículo das disciplinas de Ciências e/ou Biologia nesses níveis de ensino:

Aluno 3: Essa questão de deixar tudo mais simples no livro didático, por exemplo, não é uma questão para dar tempo de tudo? Será que não é isso? E no caso, o que seria bom, era parar com essa coisa de no Fundamental se explica uma coisa mais simplesinha, no Ensino Médio pega aquilo e joga mais umas três linhas em cada coisa. Não seria o caso de tentar mudar isso? Eu acho que isso que acaba com tudo, porque eu tenho que explicar uma coisa de uma forma muito reduzida só para caber naquele currículo.

Aluno 12: Eu vejo o problema bem anterior a isto tudo. Um problema acho que está na hora que você começa a mostrar a ciência como uma verdade. Eu acho que aí está o grande erro. As pessoas acharem que você falou que é isto, então é isto e acabou.

Aluno 3: Eu não acho que deveria ser desse jeito, eu acho que deveria mudar esse currículo.

Assim, ao apresentarem as críticas expostas acima, enfatizaram a necessidade didática de trabalhar a ciência como construção e não como verdade absoluta. A ciência, tida e ensinada como verdade última, não permite sua compressão como construção, na qual pontos divergentes e convergentes se apresentam e se mantêm. Dessa forma, aos aprendizes não é permitido o entendimento da complexidade, no qual os conceitos foram e vêm sendo construídos. Isso ocorre com o conceito de sucessão ecológica, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio. Nesse sentido, os alunos apontaram as dificuldades encontradas na transposição didática referente à construção dos conceitos, ao longo de sua história:

Aluno 4: Eu acho que tem muita coisa que a gente vê aqui [na graduação] como foi evoluindo o pensamento, primeiro era isso, depois passou para isso, depois para isso, e agora chegou nisso, até agora a gente sabe que é isso, pode ser que mude, mas agora é isso. Tem muita coisa que a gente vê assim [na graduação]. Só que quando a gente chega lá embaixo [na docência] a gente

não passa. Se você for ver, não acontece isso de usar o que ele [o professor] aprendeu na universidade, dessa parte de histórica, de tentar passar para os alunos de como foi gradativa. Essa idéia de que a ciência é uma verdade absoluta, se você passar o histórico, e mostrar: nesse tempo era verdade, mas depois virou isto aqui, que é uma coisa que vai evoluindo, quer dizer, vai mudando, conforme as tecnologias que você vai tentar. Muitas vezes isso não é passado para os alunos, mesmo o professor tendo visto desse jeito. Isso não é um déficit da graduação, é uma dificuldade de transpor. É muito mais fácil passar [o conceito pronto], até pelo tempo que tem, porque se você não passar certa coisa o diretor vai cair matando em cima de você.

Na exposição das ideias referentes à leitura crítica do texto “Ecologia, ecologismo e abordagem ecológica no ensino das ciências naturais: variações de um tema” (LACREU, 1998), os alunos expuseram seus pontos de vista em relação à banalização do termo ecologia:

Aluno 4: Achei legal falar sobre banalizar o termo ecologia. Tudo virou ecologia.

Aluno 12: Tudo que é natural é ecológico, tudo que é verde é bom. Esse produto é ecológico, então faz bem.

Aluno 7: Será que não é para dar uma cara de coisa confiável?

Diante das percepções expostas, a pesquisadora questionou qual seria, na opinião dos alunos, a consequência do uso banalizado do termo ecologia:

Aluno 12: Você perder o que justamente isto significa.

Aluno 4: Perder o sentido correto da palavra.

Aluno 12: Você acaba falando de tudo como a mesma coisa e não consegue definir nada.

Aluno 4: O problema é que acaba caindo, por exemplo, se for perguntar no o Ensino Fundamental, o que eles entendem por ecologia, eles acabarem falando essas coisas: tem um produto que é ecologicamente correto.

Aluno 14: Ainda vemos muitas práticas [no ensino] que exclui o homem do ambiente. Porque ele está aqui, e como qualquer outro indivíduo ele interage. E também pegar tudo o que é bom só para a natureza e tudo o que o homem faz é ruim. Só que também esquecem que nós estamos aqui, nós somos fato, não tem como nos excluir. Então essa coisa: temos que fazer alguma coisa contra o homem, o homem tem que parar de fazer essas coisas. Temos que achar medidas de equilíbrio. Aprender sobre o ambiente, fazer medidas para o homem viver. Não simplesmente saber como a coisa é e tentar excluir um fator ou outro, por algumas medidas.

Aluno 12: Aquele problema também de falar que a tecnologia tem degradado o ambiente. Na verdade não é isso. A tecnologia não tem bem nem mal, é o uso que você faz dela.

Aluno 3: A autora falou que muitas coisas que progrediram na biologia foi por causa da tecnologia.

Aluno 4: Então a tecnologia da forma como ela é usada, não que ela seja boa ou ruim.

As concepções expostas pelos alunos revelaram a recorrente necessidade de inserção do homem no estudo das relações ecológicas. Muitas distorções conceituais, como apropriação do termo ecológico, inadequadamente, é decorrente de uma visão estereotipada da Ecologia como verde ou natureza, da qual o homem não faz parte. Lacreu (1998, p. 128) demonstra que “as palavras, quando usadas de forma indiscriminada e fora de contexto, vão

perdendo gradativamente o seu significado e o seu conteúdo”. Isso se agrava quando não ocorre a discriminação entre uma concepção ideológica e uma concepção científica do termo ecologia. Para a autora, o desconhecimento dos aspectos científicos e ideológicos subjacentes a esta questão pode resultar na aceitação acrítica de tudo aquilo que se faz ou diz em nome do verde (LACREU, 1998). Conhecer cientificamente os fenômenos naturais, seus fundamentos e a nossa influência humana no meio (sem que necessariamente se evidencie apenas as atitudes degradáveis dessa ação), pode permitir-nos decidir e atuar de forma a resolver nossas necessidades sem prejudicar o planeta (LACREU, 1998).

As discussões ocorridas neste encontro possibilitaram a elaboração do quadro apresentado a seguir, sobre as principais concepções dos alunos.

Quadro 9: Síntese de significação IV

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Relacionam a Ecologia de ecossistemas com os as ideias e estudos desenvolvidos por Humboldt
Relacionam a visão estereotipada da Ecologia com o uso e o entendimento indevido da palavra (concepção ideológica) e pouca inserção humana no estudo das relações ecológicas
Discutem questões de ensino de Ecologia como a distorção conceitual em relação à ênfase nos aspectos climáticos, como determinantes na distribuição e caracterização da vegetação, e apontam a dificuldade na transposição didática em relação à história da ciência

5.2.2.4. Nono encontro

No encontro realizado no dia 20/05/2009, a pesquisadora explorou com os alunos a análise crítica das leituras do capítulo 3, do livro Reinventar a natureza (DROUIN, 1991), e do texto “A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas” (SCARANO; DIAS, 2004). Ambos tratam de ecologia de comunidades, por meio de tratamentos conceituais, teóricos e histórico. Os participantes foram divididos em grupos de dois ou três integrantes, e a pesquisadora solicitou aos alunos que discutissem as questões relacionadas a seguir:

- As implicações das tradições históricas e filosóficas da Ecologia (vistas nos primeiros capítulos do livro *Reinventar a natureza*, Drouin (1991) para o pensamento ecológico atual.
- Os pontos convergentes e discordantes entre o capítulo 3, do livro *Reinventar a natureza* (DROUIN, 1991), e o texto “A importância de espécies no funcionamento de comunidades e ecossistemas” (SCARANO; DIAS, 2004), assim como as implicações nos campos teóricos da Ecologia (ecologia de populações, ecologia de comunidades, ecologia de ecossistemas).

Para o grupo 1, formado pelo Aluno 12 e pelo Aluno 7, os “primeiros” estudos de Ecologia foram pesquisados por botânicos, o que teria acarretado maior ênfase nos aspectos vegetais. Essa ênfase, segundo os alunos, permitiu uma visão ingênua ou estereotipada da Ecologia. Os alunos relacionaram a mudança curricular de disciplinas de Ecologia no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do *Campus* da UNESP de Bauru, entre os anos de 2005-2006, com as tradições de pesquisas nas respectivas áreas. Ressaltaram a forma integradora desta abordagem (ecologia de populações, de comunidades, e ecossistemas) quando comparada com a anterior (ecologia animal e a ecologia vegetal). Podemos ler as falas dos alunos:

Aluno 12: A gente começou tentando responder a primeira questão que é um pouco complexa, porque ela envolve varias idéias. O problema, que eu coloquei, é que no começo a ecologia era feita por botânicos, isso acabou dando uma cara de botânica para a ecologia. Você vai trabalhar ecologia e encontra coisas relativas às plantas, raramente você vê coisas envolvendo animais. No começo também tinha a botânica com uma visão ecologista e não ecológica. Isto faz com que as pessoas fiquem olhando a ecologia como uma coisa mais ecologista, “vamos preservar a natureza”.

Aluno 7: Sobre a segunda questão eu estava conversando com o Aluno 12 o porque de ter ecologia de populações, de comunidade e de ecossistemas e não mais ecologia geral, animal e vegetal no currículo de biologia atual. Para mim é mais uma questão de ponto de vista. Hoje a gente tem uma visão mais geral desses itens [disciplinas], e também porque são tradições de pesquisa. Eu acho que qualquer divisão serve, com determinada ordem lógica, acho que dá para organizar [o currículo] de qualquer forma.

Aluno 12: Para mim é diferente. A visão que gente tinha antigamente, parecia duas coisas diferentes: a ecologia animal e a ecologia vegetal. Não dava para integrar isso. Acho que esta visão [atual, em ecologia de populações, de comunidades, e ecossistemas], pode não ser a melhor, mas é mais integradora.

O grupo 2, composto pelos alunos 14, 13 e 5, explicitou, de forma confusa, suas ideias sobre as implicações dos campos teóricos da Ecologia no ensino desta disciplina. Os alunos explicaram que as pesquisas empíricas desenvolvidas na área de Ecologia, baseiam-se,

muitas vezes, em estudos de caso. Ao utilizar esses estudos no ensino, se não forem devidamente relacionados ao todo no qual estão inseridos, pode acarretar um entendimento fragmentado e parcial. Essas ideias foram expostas da seguinte maneira:

Aluno 14: Um posto de vista levantado foi quando você foca os aspectos históricos e aquilo que é utilizado na prática realmente pelos pesquisadores de forma empírica, existem algumas diferenças. Porque quando você vai fazer uma pesquisa aborda metodologias, estudos que utilizam diferentes índices e há divergências entre os pesquisadores empíricos. E a história ela vem em paralelo, você mostra os fatos históricos, mas depois você mostra as pesquisas feitas de uma forma, as pesquisas feitas de outra. Isso diverge um pouco o conhecimento, e isto dificulta bastante o ensino e promove essa fragmentação em ensino de botânica, ecologia animal. Porque realmente a forma que é visto o ambiente é visto de forma particular. Dependendo do enfoque que o pesquisador quer dar. Essas pesquisas que vem para o ensino, que auxiliam o ensino.

Aluno 13: Você tem a formação de conceitos, em uma teoria e, por exemplo, o conceito de diversidade. Quando você coloca isso na prática fica difícil medir o quanto a diversidade influencia a complexidade do ambiente. Porque existem muitos outros fatores envolvidos na determinação de complexidade, o que é complexo para você pode não ser complexo para mim. Até que ponto este tema não é subjetivo? [...] Pensando o ensino de ciências, eu acho que uma pesquisa em ecologia ela é uma pesquisa qualitativa, porque é difícil você colocar dados quantitativos exatos gerais. Você trabalha com estudos de caso: eu trabalho em uma determinada comunidade e naquele momento acontece isso, porque no mês que vem se eu for lá, posso ter resultados diferentes. Tem que ter [dados quantitativos]. Toda essa parte de vivência, de acompanhamento do processo que está ocorrendo ali tem que ser levado em consideração para esses dados serem obtidos. E levando para o lado de ensino agora, o que a gente acha que é importante? É a ideia do grupo [Pesquisas em Epistemologia da Biologia], que é você trabalhar o ecossistema em uma ideia de interação desde o DNA, até o organismo como um todo e comunidades e ecossistemas.

Martins e Coutinho (2004) afirmam que uma teoria bem estruturada (com hipóteses bem formuladas, previsões e fatos bem articulados) vai além, em sua capacidade de produzir um conhecimento consistente sobre a natureza do que aquelas generalizações confirmáveis obtidas de modo indutivo. Estas sempre dependerão da confirmação empírica. Assim, “ninguém poderá garantir que em todas as condições de um mundo ecologicamente tão variável elas sempre venham a se cumprir” (MARTINS; COUTINHO, 2004, p. 17).

Martins e Coutinho (2004, p. 18) discorrem que eventos que se repetem da mesma forma, em tempo e espaço diferentes, são designados por ecólogos em geral, como padrão, “mesmo que a regularidade da repetição não tenha sido verificada por meio de séries temporais extensas ou replicações espaciais suficientes, para que o padrão tenha uma consistência robusta”. Entretanto, alertam:

Será que o mesmo evento se repetiria em outro tempo ou espaço quaisquer, além do que foi possível verificar? Haverá sempre esse tipo de incógnita pairando no ar e ameaçando a validade de uma generalização que dependa de evidências empíricas confirmáveis (MARTINS; COUTINHO, 2004, p. 18).

De acordo com o exposto, é possível perceber a correspondência entre o ponto de vista do Aluno 13, quando discorre sobre os estudos ecológicos como estudos de caso e as indagações de Martins e Coutinho (2004) sobre a validade das generalizações dependentes de evidências empíricas.

Na fala do Aluno 13, também há referência às atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, que enfatizam a necessidade de exploração das interações entre os diferentes sistemas biológicos, os quais foram organizados e propostos, para fins didáticos de discussões no Grupo, em níveis hierárquicos de organização biológica, tais como os níveis genético-molecular, orgânico e ecológico. A visão sobre a relação entre as partes e o todo foi retomada:

Aluno 13: A relação entre parte da natureza com o todo, que seria uma constituição de partes, ela é muito presente até hoje intuitivamente na vida das pessoas. Por exemplo, quando na graduação a gente estuda ecologia, a gente sabe, a gente lê que tem que ser levado em conta as interações entre os organismos e etc. Mas, tomando por exemplo o que acontece hoje com a Natureza [empresa], que fala de desenvolvimento sustentável, e com todo mundo. A gente tem a idéia de que se eu tirar uma árvore do ambiente e depois se eu repor aquela árvore, plantar uma semente da mesma espécie, vai ficar tudo certo. Então é a parte, constituindo o todo. Se eu retomar aquela parte do todo que eu arranquei, está tudo certo. Não interessa a diferença do indivíduo adulto do indivíduo jovem.

Aluno 14: Das interações. Aí volta aquela visão da ecologia estritamente separada. Dependendo do foco que você está tomando. Se eu quero ter uma visão botânica aqui eu vou plantar árvores.

Aluno 12: Se você quer ter uma visão animal, você coloca um ninho em algum lugar.

O grupo 3, formado pelos alunos 11, 3 e 6, enfatizou sua análise na visão utilitarista da natureza. Os alunos relacionaram a visão antropocêntrica com o desenvolvimento histórico da Ecologia. Para os alunos, a visão antropocêntrica também teria implicações no desenvolvimento de pesquisas científicas. A relação homem e natureza foi discutida, como exposto no fragmento a seguir:

Aluno 3: Tem muita gente que ainda acha que a natureza é como um mercado: a gente vai lá, faz o que quer. Mas não é totalmente como um mercado porque a gente paga no mercado, na natureza não, como feira livre. E a gente não pertence a esse mundo que é a natureza. Então eu posso degradar o quanto eu quiser.

Aluno 11: A gente discutiu até a formação de conceitos, ao longo da história, ela tem haver com a forma com que as pesquisas foram desenvolvidas, e muitas dessas pesquisas foram desenvolvidas baseadas em necessidades econômicas do momento. Até é citado no texto: porque estava acabando a ostra, eles foram desenvolver pesquisas ali. E a partir disso eles foram desenvolvendo conceitos, foram pensando na ecologia. Mas, não que realmente foi feito isto para ver o acontecia. Foi feito a pesquisa porque tinha um interesse econômico. Muitas apresentações que a gente vê hoje, a pessoa apresenta o projeto dela, ao mesmo tempo que a pessoa fala da pesquisa, fala que ela está desenvolvendo a pesquisa porque tem alguma coisa que pode acabar e aquilo é usado naquela comunidade, tem uma indústria que precisa daquele material para continuar se estabelecendo ali. Essa visão utilitarista continua nesse ponto, desde sempre, as pesquisas são desenvolvidas mesmo de acordo com as necessidades econômicas, alguém tem que bancar, ou vai acabar alguma coisa que vai estar prejudicando algo.

Aluno 13: Mas se você pensar hoje tudo gira em torno de um fundo econômico.

Aluno 4: A gente conversou sobre isso também, sobre uma visão utilitarista, é você ter uma parte de uma floresta que foi desmatada. Só vai haver uma pesquisa ali para fazer um reflorestamento, se aquela área for importante, como a área de recarga de aquífero, por exemplo, e se não reflorestar, vai diminuir ou a recarga e a gente vai ficar sem água. Afeta o homem diretamente. Sempre quando está afetando ele diretamente.

Aluno 13: Eu acho que uma visão utilitarista a gente só pensa em questões materiais, em coisas prontas, vê na hora que está acontecendo, eu preciso disso naquela hora. A gente ainda não consegue se conscientizar que eu preciso da natureza para ajudar na absorção de CO₂ do planeta [visão em longo prazo].

O fragmento exposto permitiu à pesquisadora questionar aos alunos sobre a visão dissociada entre homem e natureza. A discussão foi embasada na forma como os diferentes organismos vivos, inclusive o homem, utilizam os recursos naturais. Em determinados momentos da discussão, é possível perceber a necessidade de alguns alunos, em categorizar o ser humano como um indivíduo igual aos outros presentes na natureza, na perspectiva de ações sobre o meio. Este fato foi considerado pelos alunos. Contudo, no debate com os colegas, exposto a seguir, tais posições foram ponderadas, e a avaliação geral sobre a ação antrópica recaiu na forma extensiva da ação humana sobre o ambiente.

Aluno 13: Pela forma como você usa. Porque o animal que desfruta da mesma árvore que eu também desfruto, a forma como ele se utiliza dessa árvore é diferente da forma como eu uso.

Aluno 12: O homem tem um papel devastador, uma forma intensa de utilizar

Aluno 14: Mas tem vários processos de predação, herbivorismo que acaba. Não tem nada a ver com a relação com o homem, mas eles fazem.

Aluno 12: Mas o animal tem aquela faixa de coisas que ele utiliza. O homem devasta meio que geral. O homem vai caçar a raposa só por diversão, ele não vai comer.

Aluno 4: O animal faz aquilo para se sustentar, o homem faz aquilo para se sustentar e mais um pouco.

Aluno 14: Eu acho que isso recai no imediato que a gente estava falando. Quando o homem vai lá e devasta, causa um impacto que a gente vê rápido, a gente vê as árvores derrubar, a gente vê o fogo, vê os animais mortos... a gente vê o impacto na hora que é grande. Quando os gafanhotos devastam uma área, eles estão tirando, por exemplo, as plantas que fixam o nitrogênio naquele local, o habitat de outros, mas é a longo prazo a interferência deles, então a gente não vê isso. A gente vê o resultado e conclui: eles acabaram com a plantação, depois cresce, mas crescem diferente para outras espécies.

Aluno 13: Porque o que acontece na natureza acontece para a manutenção de um equilíbrio e o que a gente faz é uma condenação total? Então tudo o que acontece na natureza é para a manutenção, para o equilíbrio e tudo bem. E sempre o que a gente faz é ruim.

Na perspectiva exposta pelos alunos, Martins e Coutinho (2004) explicam que a Ecologia se caracteriza como uma ciência necessariamente multivariada, pois lida com sistemas complexos e heterogêneos que são produtos da evolução. Para os autores:

A manifestação de quaisquer fenômenos ecológicos pode depender da ação simultânea de variáveis que tem uma ação imediatista (causas imediatas) e de outras que influenciam a evolução de adaptações no transcurso da história dos organismos (causas remotas) (MARTINS; COUTINHO, 2004, p. 18).

Essas questões recaem sobre o valor utilitário agregado às explicações ecológicas, tais como o controle de pragas e vetores de doenças, a produção de alimentos, a conservação da biodiversidade e das bases ecológicas para o desenvolvimento sustentável (MARTINS; COUTINHO, 2004).

Os alunos continuaram a discussão, enfatizando questões sobre o uso de recursos naturais pelos seres humanos:

Aluno 3: Eu sei que é meio utópico, mas será que a gente precisaria de tudo o que a gente tem hoje? Eu acho que tem coisas que a gente não precisaria tanto. Quando a gente descobriu a agricultura, até aí a gente estava vivendo em harmonia. Eu acredito nisso, depois disso acabou com tudo. Não em harmonia, mas a intensidade era menor.

Aluno 11: O que propiciou esse aumento?

Aluno 14: Então a gente tem que utilizar nossa inteligência para que? Quem não quer chegar em casa e tomar um banho quente? Então vamos buscar medidas para tentar minimizar.

Aluno 3: Porque a gente não consegue utilizar a energia solar? A gente é tão inteligente.

Aluno 11: Porque a gente acaba fazendo o mais fácil.

Aluno 13: A gente até consegue, mas aí a gente cai no econômico de novo. Por exemplo: tirar o sal da água do mar. Nossa que idéia maravilhosa! Tem muita água no mar que a gente pode aproveitar, só que é caríssimo.

Aluno 14: É caríssimo porque a gente não tem o problema. A partir do momento que tiver o problema... A partir do momento que a gente tiver problema com a água potável vão desenvolver pesquisas para isso.

O fragmento exposto explicita a necessidade de estudos ecológicos aplicados aos problemas ambientais vivenciados nos dias atuais. Essas questões, em amplo debate nos meios acadêmicos e nos meios de informação, ainda são deficientes na formação científica da escolaridade básica brasileira. Presenciamos, muitas vezes, um tratamento de sensibilização com respeito a essas questões para uma possível tomada de atitude. Porém, assim como

ressalta Lacreu (1998, p. 131) “um ensino baseado somente no desenvolvimento de atitudes, sem oferecer conhecimentos, transforma-se em ensinamento de dogmas”.

O grupo 4, que teve os alunos 9, 8 e 4 como componentes, também discutiu as implicações da ação humana no meio e o desenvolvimento de pesquisas científicas voltadas para as questões ambientais.

Aluno 4: A gente também discutiu essa visão utilitarista da natureza, pensando do lado humano. Você só vai lidar com aquilo a partir do momento que aquilo vira um problema para você, diretamente. Enquanto não é um problema na sua vida, está tudo bem. Igual a revolução industrial, enquanto o homem estava ganhando dinheiro tudo bem. Agora que começou esquentar o planeta está todo mundo preocupado. Todo mundo pesquisando. Sempre tentam resolver quando o problema vira para o homem. Se não causar problema para ele pode ficar lá.

Aluno 9: A motivação da gente, eu acho que tem um fundo histórico. Antes não tinha pesquisa porque os problemas ecológicos não influenciavam a gente diretamente. Agora que está influenciando, a gente vai atrás de fazer pesquisa.

O quinto grupo, formado pelo Aluno 10 e o Aluno 15, centrou-se na visão humana utilitarista da natureza, com ressalvas em relação a essa utilização. Os alunos discorreram sobre a visão dos fenômenos e processos naturais de forma finalista, na qual o homem se vê no topo de uma cadeia alimentar e todos os processos subjacentes ocorrendo apenas para lhe servir. Expuseram seus pontos de vista:

Aluno 10: Essa visão utilitarista não vem de hoje, e que o homem acha que tudo está ao seu favor. Por exemplo, uma árvore faz fotossíntese para liberar o oxigênio para o homem. Não é porque ela faz porque ela precisa da matéria orgânica. Não, é para liberar o oxigênio. Quanto à visão utilitarista, não tem problema. Não é um mal essa ideia de utilidade, o problema é achar que tudo foi feito para você. Agora a ideia “eu só vou cuidar disso porque está me afetando”, eu não vejo problema nisso. Ninguém faz nada sem receber alguma coisa em troca.

Aluno 15: Essa é uma questão de você ter aquilo disponível para você, tem pessoas que não falta água e não estão nem aí, só vão atentar a isso quando realmente a água faltar para eles. Eu acho que essa consciência também, por mais que você seja consciente, existem pessoas que tratam de forma diferente: aquele que cuida da água e não desperdiça, mas tem quem desperdiça.

Ao tratarem temas que poderiam estar relacionadas com a tomada de posturas conscientes diante de questões ambientais, como a separação do lixo e o uso racional da água, relacionadas principalmente com a aprendizagem e a aplicação do conhecimento científico na vida cotidiana das pessoas, o Aluno 10 identificou questões ligadas à saúde, como exposto a seguir:

Aluno 10: Porque tem gente que olha um maço de cigarros e vê aquela foto horrível e fala “eu não fumo mais” e o outro olha e fala “eu não estou nem aí”. Porque atingiu um e não atingiu o outro.

A pesquisadora indagou os alunos sobre de que dependeria a tomada de posturas coerentes diante das questões que se apresentavam no cotidiano das pessoas, como aquelas discutidas no Grupo, tais como a visão utilitarista da natureza, questões ligadas à saúde e ao trânsito. Os alunos debateram da forma como segue:

Aluno 10: Será que é preciso só conhecimento? Por exemplo, a gente vê médicos que fumam. Eles não sabem que faz mal? Sabem, eles são médicos, e mesmo assim fumam.

Aluno 4: Mas é a opinião de cada um. É o conhecimento.

Aluno 10: Mas conhecimento não garante mudança de comportamento.

Aluno 12: Não garante.

Aluno 3: Eu conheço um monte de gente que não acredita que a água vai acabar. Só que essas pessoas não viram cientificamente, porque isto pode acontecer. Elas só ouviram na TV, no rádio.

Ter conhecimento sobre determinado assunto não parece ser um parâmetro mensurável na tomada de atitudes saudáveis em relação à saúde, na tomada de atitudes sustentáveis diante do uso de recursos naturais, na tomada de atitudes éticas em relação às questões de cidadania. Outros fatores como desejo, prazer e livre arbítrio podem estar envolvidos. É necessário o desenvolvimento, por parte dos alunos, de pesquisas que discutam essas questões. Assim, questões sobre como, quanto ou se o conhecimento científico pode influenciar a tomada de atitudes relacionadas a: parar ou não de fumar, jogar ou não o lixo no chão, usar ou não racionalmente a água, os diferentes tipos de energia ou outros recursos naturais estão arraigadas em questões éticas, científicas, tecnológicas e sociais e podem ser investigadas nas atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia.

Mediante essas possibilidades, a pesquisadora apresentou novamente, para ser discutida, a relação homem e natureza, procurando explorar o levantamento de opiniões ou hipóteses, por parte dos alunos, que pudessem explicar a visão dicotômica entre esses elementos. Eles expuseram suas opiniões a respeito:

Aluno 5: Será que não seria pelo ambiente, por que a gente tem a idéia, por conta de todo o processo histórico, de que a natureza é o verde. Por exemplo, talvez se nós vivêssemos como os índios, seria mais fácil inserir o homem na natureza. Se, talvez, não houvesse o mundo urbanizado, se o mundo fosse rural eterno, talvez fosse mais fácil de ver o homem como

componente da natureza, interagindo como animal. Se talvez a gente não usasse roupa, vivesse como os índios.

Aluno 10: Mas eu acho que o homem tem essa idéia de controle, que ele pode controlar a natureza. Por exemplo: eu arranco uma árvore e depois eu planto outra. Então eu posso fazer o que eu quiser que depois eu refaço no momento que eu quiser. Mas a gente está poluindo, contribuindo para o aumento do efeito estufa, mas aí eu desenvolvo uma tecnologia e arrumo isso a hora que eu quiser. É como se a natureza estivesse ali, e eu faço o que eu quero com ela, por que eu tenho esse poder e controle. Eu controlo os fenômenos naturais. Eu prevejo os fenômenos naturais e quando eu quiser eu resolvo os problemas.

A visão manifestada pelo Aluno 5 sobre a relação estabelecida pelo homem com a natureza demonstra o quanto o homem modificou o ambiente natural, a ponto de não mais se identificar com ele, colocando-se o homem à parte daquela.

Diante das concepções expostas sobre a relação homem e natureza, presentes na maioria das discussões do Grupo neste encontro, a pesquisadora perguntou aos alunos como a Ecologia poderia contribuir na busca de soluções para as questões apresentadas. Porém, os alunos não souberam articular respostas à questão. Apenas o Aluno 14 expôs sua ideia, da forma como segue:

Aluno 14: Mudando a visão de natureza, por exemplo. Não é mudança de visão, porque na verdade a gente que vê errado. Enquanto a gente ainda estiver pensando que natureza é outro tipo de conceito diferente e que nós não estamos incluídos nele é difícil.

As concepções discutidas neste encontro encontram-se organizadas na síntese de significações apresentadas no Quadro 10:

Quadro 10: Síntese de significação V

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Relacionam os fundamentos da Ecologia, quando estudada principalmente por botânicos, e a influência na visão estereotipada da Ecologia, com ênfase em estudos vegetais
Relacionam o objeto de estudo da Ecologia, seus respectivos campos teóricos e as disciplinas do currículo do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas
Relacionam a visão antropocêntrica e utilitarista da natureza com a história da Ecologia
Discutem as implicações do conhecimento científico na formação de cidadãos conscientes com a problemática ambiental
Discutem a identidade entre homem e natureza
Discutem a necessidade de abordagem integradora entre os sistemas biológicos, no ensino de Ecologia, relacionando com as atividades desenvolvidas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia

5.2.2.5. Décimo encontro

As discussões que ocorreram no dia 27/05/2009 revelaram as contribuições do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia para a formação inicial de licenciados em Biologia. Agrupamos as respostas por meio de duas categorias gerais: os alunos que apresentavam o entendimento da participação no grupo como um aspecto complementar às disciplinas da graduação; os alunos que apresentavam o entendimento da participação no grupo como o desenvolvimento de uma nova forma de pensar o conhecimento biológico, diferente daquelas estimuladas pelas disciplinas da graduação. Sistematizamos as respostas no Quadro 11:

Quadro 11: Entendimento sobre a participação no grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia

Participação como aspecto complementar às disciplinas da graduação	Participação como desenvolvimento de uma nova forma de pensar
Aluno 3: Ajuda a pensar e a interligar as coisas. Acho que junta. Na graduação você vê cada compartimento e, muitas vezes, a gente não consegue associar. Abre um pouco o foco. Não fica calcado só naquilo que a matéria propõe.	Aluno 12: Eu estou no terceiro ano de grupo, então parece que você começa a pensar um pouco diferente. No começo eu também pensava como o colega (Aluno 5): eu precisava de uma base, para eu poder desconstruir aquilo que eu tinha e reconstruir. [...] É você já aprender de um outro olhar, sempre pensando holisticamente, vamos dizer assim. Não sei se é porque eu estou aqui há mais tempo no grupo, depois de eu já ter reconstruído aquilo tudo que eu aprendi, toda vez que eu estou inserido em outro contexto, em uma palestra, eu consigo sair fora e “se eu pensar por um outro ângulo?”. Eu já consegui fazer isso, não sei se é porque eu estou há mais tempo [no grupo].
Aluno 5: Tem um olhar diferente. Eu vejo esse grupo como uma complementaridade, de tudo o que eu aprendo. Aqui [no grupo] me leva a fazer reflexões que eu não faço lá [na graduação], só que eu só consigo fazer essas reflexões por que eu tenho a base dos conceitos lá. Se eu não tivesse o que eu aprendo na graduação eu não conseguiria fazer as colocações que eu faço aqui. Só que eu não penso nessas colocações que eu faço aqui talvez em uma aula normal, que eu estou só aprendendo os conceitos. [...] A partir das definições que eu aprendo lá [na graduação], aqui eu consigo estabelecer relações. [...] É como se eu tivesse a ferramenta e não soubesse mexer com ela, e aqui eu aprendo realmente a mexer com as ferramentas que eu já tenho. Não que essas ferramentas estejam erradas, mas aqui eu estou aprendendo a mexer.	Aluno 9: Acho que a gente aprende a criticar.
Aluno 4: Eu não tive ainda ecologia de comunidade, quando começou a pegar essa parte, eu não entendi nada. Mas quando começou a falar de ecologia de ecossistemas aí sim.	

Mediante as exposições do Aluno 12, faz-se necessário ressaltar que este aluno participa do Grupo desde seu início, no ano de 2007. Assim, no ano de 2008, no qual foi trabalhado o nível genético-molecular, muitos conceitos foram vistos pela primeira vez ou até mesmo se apresentaram de forma divergente daqueles tratados nas disciplinas de graduação.

Percebemos que a participação no Grupo, apesar de se caracterizar como atividade complementar às disciplinas de graduação, na visão de alguns alunos, também se caracteriza como uma forma diferente de pensar o conhecimento biológico.

Essas concepções nos permitiram elaborar a síntese de significação apresentada a seguir:

Quadro 12: Síntese de significação VI

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Relacionam as atividades desenvolvidas no grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia como complementares às disciplinas da graduação em Biologia
Relacionam as atividades desenvolvidas no grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia como uma nova forma de pensar o conhecimento biológico

5.2.2.6. Décimo terceiro encontro

Durante o encontro realizado no dia 17/06/2009, a pesquisadora procurou incentivar as discussões de conceitos ecológicos de forma aplicada. Nos capítulos 6 e 7, do livro *Reinventar a natureza* (DROUIN, 1991), o autor discorre criticamente sobre a noção de clímax e a relação homem natureza. Mediante esta perspectiva, a pesquisadora perguntou aos alunos que ideias faziam sobre a construção histórica do conceito de sucessão ecológica. O Aluno 12 apresentou sua concepção a respeito, conforme exposto:

Aluno 12: parece ser uma questão teórica e não prática. A estabilidade, por exemplo, depende do nível que você está para falar de estabilidade.

Em discussão anterior, o Grupo já havia apresentado o problema das exemplificações em manuais didáticos sobre o conceito de sucessão ecológica, em sua maior parte, pautada em espécies vegetais. Além disso, na ocasião, discutiu-se que basear-se em espécies vegetais nos estudos e nas exemplificações desse conceito, em detrimento dos animais, seria mais viável. Na prática de campo, as espécies vegetais seriam mais fáceis de serem observadas e quantificadas, pois são indivíduos que não se locomovem e não se dispersam pelo ambiente tão facilmente como os animais. Contudo, foi ressaltada a necessidade da inserção de espécies animais nestas exemplificações, principalmente naquelas que se referem à sucessão secundária. Assim, no décimo encontro, a pesquisadora acrescentou que, se fôssemos estudar a sucessão ecológica de acordo com todas as implicações e fenômenos que ela envolve, poderíamos perceber que o clima não seria o fator determinante desse processo. Fatores climáticos influenciam, mas não determinam as espécies

presentes nas comunidades. As interações ecológicas como competição por espaço, recursos, luminosidade, alimento, influenciam fortemente a dinâmica da vegetação. Portanto, entender o conceito de sucessão ecológica apenas como substituição de espécies determinadas pelo clima, caracteriza-se como uma distorção conceitual ainda muito presente em livros didáticos de Ensino Fundamental e Médio, e em discursos de professores desses níveis de ensino.

Para problematizar e inserir questões aplicadas na discussão do conceito de sucessão ecológica, a pesquisadora solicitou aos alunos que comentassem sobre: a ocorrência do fogo e as diversas fisionomias do cerrado (cerrado, cerradão, campos cerrado); e a influência das monoculturas (soja, cana-de-açúcar, pastagens) nos ecossistemas naturais.

As relações estipuladas pelos alunos estão descritas no fragmento:

Aluno 11: Eu acho que a influência do fogo, em algumas situações, ele acaba quebrando a dormência de semente, ele acaba selecionando as formas e espécies mais resistentes. Então, eu pensei que ele poderia ser um fator para ocorrer a sucessão, na seleção de espécies ou quebrando dormência de sementes que não iriam germinar, mas agora [depois do fogo] vão germinar, então novas espécies surgem neste local. Eu pensei mais ou menos isso. E sobre as diferentes fisionomias e heterogeneidade espacial, que a gente viu na graduação, que as espécies vão responder às condições do meio. Então essa diferença de fisionomia ela pode estar associada ao ambiente, como os aspectos do solo no caso do cerrado, de ser campos cerrado, cerrado ou cerradão. E eu também pensei, não sei se é verdade, de que o campo cerrado é o estágio mais jovem da sucessão e a tendência é que todos cheguem a fisionomia do cerradão. Cada fisionomia é um estágio da sucessão para chegar no cerradão que é a fisionomia mais florestal.

Aluno 10: No caso do cerrado e suas diversas fisionomias pode ser uma questão da presença de alumínio.

Aluno 3: Eu vi uma tese sobre a influência do fogo no cerrado e eles viram que há uns 60 ou 40 anos uma parte do cerrado não pegava fogo, e na época havia fotos de satélites. Daí viram que realmente era mais descampado e que hoje, depois de 40 anos de ter pegado fogo, realmente ele passou a ser cerradão, grande parte. Aí então a gente pode ver que talvez o solo não influencie tanto.

Aluno 4: Mas acho assim que não é só o fator edáfico ou de fogo, acho que todos os fatores: de chuva, do clima, de tudo. Acho que não é: ou só o solo ou só o fogo, é a soma de todos que resulta em diferentes fisionomias.

Aluno 13: Pode ser também uma questão de tempo, o tempo que esta região demorou para ficar assim. A história de vida desses indivíduos. Pode ser os mesmos fatores envolvidos, mas o tempo e a história desses indivíduos são diferentes.

Percebemos, nessa exposição, que o entendimento do conceito de sucessão ecológica ocorreu de forma mais significativa quando o conceito foi discutido de maneira aplicada e contextualizada. O entendimento sobre a influência de diversos fatores, inclusive a história de vida dos diferentes organismos de uma comunidade, em detrimento do clima, só

foram exploradas e suscitadas pelos alunos na medida em que discutiam os diferentes pontos de vista sobre o conceito.

Em relação à influência das monoculturas no processo de sucessão ecológica, os alunos emitiram as relações expostas a seguir:

Aluno 13: Diminui a heterogeneidade do ambiente.

Aluno 11: Há uma uniformidade.

Aluno 12: Não tem sucessão.

Aluno 4: Mas, de certa forma essas monoculturas estando próximas de uma mata, de um ecossistema, podem estar servindo de alimento para algum tipo de inseto, por exemplo, polinizadores. Essa época [mês de junho] no cerrado não tem muita flor, aí se houver uma monocultura perto, dependendo da vegetação, como laranjas, por exemplo, essa monocultura pode estar servindo de alimento para esses insetos, mantendo a população de polinizadores do cerrado. Do mesmo jeito que esta mata do lado, se a gente for ver do lado agro-econômico, a partir do momento que esta monocultura não está florida, mas a vegetação do cerrado pode estar servindo de alimento para os parasitas dessa monocultura.

Durante a exposição dessas ideias, a pesquisadora acrescentou que, em tal situação, a monocultura pode estar competindo com espécies nativas, por espaço, por recurso, por luminosidade, etc. Assim, um aluno retomou uma passagem vivenciada, referindo-se às monoculturas, como exposto pelo Aluno 13:

Aluno 13: Eu estava lendo no jornal que algumas redes de supermercado não compram mais carne de bois que são criados em pastagens resultantes de florestas desmatadas. Você está tirando a diversidade da floresta, está matando, diminuindo a diversidade para ficar só com boi. E eu acho que é o mesmo problema.

Na inferência do Aluno 13, percebemos a concepção sobre a influência negativa das monoculturas nos ecossistemas naturais. Com a diminuição da variedade de espécies, pode ocorrer também a diminuição da heterogeneidade genética, e neste caso, a perda de biodiversidade. Assim se revelou outro conceito que, normalmente, não é suscitado no ensino do conceito sucessão ecológica, a diversidade genética.

A pesquisadora explicou que algumas teorias ecológicas foram pensadas e investigadas de acordo com o contexto histórico, social e, principalmente, geográfico no qual o pesquisador estava inserido. Generalizar teorias para outras realidades, considerando principalmente as diferenças climáticas, edáficas, de quantidade e variedade de espécies,

deveria ser visto com atenção e adequação no ensino. Um aluno referiu-se ao exposto, relacionando essa necessidade, de acordo como segue:

Aluna 11: É a mesma coisa quando o professor estava falando na aula sobre os lagos temperados e que um pesquisador determinou diversas características tudo certinho, de acordo como acontecia. Mas, temos que considerar que em tais situações as estações do ano são bem definidas, então ele conseguia caracterizar perfeitamente em cada estação do ano e assim nada do que foi feito lá podemos levar em consideração para cá, porque nossa condição aqui é totalmente diferente de temperatura, de oxigênio, de luminosidade. Então é uma situação muito perigosa na ecologia, o que é feito na região temperada não pode ser tomado como exemplo para nossa realidade aqui.

Assim, a pesquisadora manifestou a necessidade de desenvolvimento de pesquisas em Ecologia teórica, tendo como objeto de estudo os ecossistemas brasileiros. Essa deficiência pode ser percebida nos livros didáticos de Educação Básica, quando seus autores recorrem a modelos e exemplos estrangeiros na explicação de conceitos ecológicos. Esta percepção foi referida pelo aluno, como exposto na fala:

Aluno 13: Em termos empíricos nós temos bastante pesquisa, mas quando a gente tem um problema a gente recorre a que teoria?

O questionamento do aluno revalidou a observação da pesquisadora sobre a carência de pesquisas na área de Ecologia teórica que evidenciem modelos ou teorias gerais aplicadas ao contexto do Brasil.

Em encontro anterior (nono encontro), discutiu-se a relação homem e natureza, procurando explorar o levantamento de opiniões ou hipóteses, por parte dos alunos, que pudessem explicar a visão dicotômica entre esses elementos. Na ocasião, obtivemos um ponto de vista (Aluno 5) que explorou o fato de o homem ter modificado, de forma tão extensiva o ambiente, a ponto de não mais se identificar com os elementos naturais, chamado “natureza”, com conotação de algo à parte do ser humano. Foram estabelecidas concepções sobre a ação antrópica negativa no meio, mas também concepções sobre esta forma de interação ocorrendo espontaneamente, por parte do homem, sem que se caracterizasse como ação intencional de prejudicar o meio.

Assim, neste encontro a pesquisadora solicitou que problematizassem a provocação colocada por Drouin (1991, p. 147):

Como pode o homem, integrante da natureza, modificar profundamente a sua organização? Como pode uma natureza tão bem feita ser perturbada pela ação de uma das suas espécies?

Por meio da provocação explicitada por Drouin (1991), os alunos expuseram suas ideias, relatadas no fragmento:

Aluno 12: Essa coisa de falar de ação antropica, quantas espécies já passaram, foram extintas? Logo, logo a espécie humana vai estar extinta e tudo vai continuar.

Aluno 13: Mas a natureza antes do homem, não precisa do homem mesmo. Só que hoje a natureza não é a mesma de antes do homem. Eu acho que se todos os homens acabassem a natureza de hoje não seria mais a mesma natureza.

Aluno 12: Com certeza não seria a mesma natureza.

Aluno 13: Eu acho que a natureza hoje depende do homem sim, da maneira como ela foi construída a partir dele. Se o homem não existir mais eu acho que continua, mas não vai ser a mesma natureza nas mesmas condições que a gente tem hoje. [...] Porque o homem interfere, mesmo que indiretamente, ele interfere no ambiente que não é construído. Ele pode não ter contato direto, mas contato indireto o homem tem com toda a natureza. Sendo essa influência positiva ou negativa, mas ela [natureza] não vai ser a mesma se o homem deixar de existir.

Aluno 4: Eu acho que a natureza não vai sumir, por exemplo se o homem não existir mais.

Aluno 13: Não sei. Eu vou deixar de consumir coisas.

Aluno 12: Eu sei, você vai deixar de consumir, mas o espaço que você deixa alguém vai ocupar este lugar.

Aluno 10: Mas eu vi uma vez uma pesquisa que perguntava se tem alguma espécie de se vivo que se desaparecesse não iria causar nenhum problema na cadeia alimentar: o homem. Será que tem alguma espécie que dependa da gente e se a gente sumir essa espécie vai sumir também? Eu pensei sei lá em alguma bactéria, que depende dos seres humanos.

Aluno 13: Não tem como a gente prever esse tipo de acontecimento porque também não dá para saber o que sente o indivíduo [outro organismo] que eu influencio.

Aluno 2: Mas você acha que o humano, tem um humano e um tucano, se acabar o tucano, você acha que vai ter menos problema do que acabar a gente?

Aluno 13: É porque a gente pensa só em relação a gente. Mas se, por exemplo, se a gente parar de existir hoje, quantos bois tem aí na área de produção que dependem da gente? Esses animais vão fazer o que a partir do momento que eles começarem a brigar por alimento? Se você começar a pensar em tudo o que for se modificando, você vai prejudicar o resto. As plantações, vai chegar uma hora que vão morrer porque é a gente que cuida com água, com adubação do solo.

Aluno 4: Tem algumas plantas que a gente cultiva que não são naturais do Brasil, elas não são dessa região, elas não tem capacidade de sobreviver sozinha aqui, mas onde ela é natural ela vai sobreviver.

Aluno 13: Se a gente não existisse mais, parasse de irrigar a monocultura, de fertilizar os solos, a hora que essas plantas tivessem problemas para sobreviver e elas morressem, elas não vão modificar o ambiente? Não vai ser mais a mesma natureza quando o homem estava ali.

Aluno 12: Nunca vai ser igual.

A pesquisadora intermediou a discussão, dizendo que a situação que fora exposta sobre a extinção humana era hipotética. Essa situação serviu para os alunos discutirem sobre o quanto as espécies se encontram na dependência umas das outras, e que o homem faz parte dessas complexas relações, ou seja, o homem é parte da natureza. Contudo, a intervenção

exacerbada do homem sobre o meio, muitas vezes, traz consequências negativas para outras espécies, e até mesmo para ele. O exposto foi complementado pelas observações dos alunos a seguir:

Aluno 10: Eu não consigo imaginar um outro ser vivo que não seja o homem que infere [no ambiente] em nível global, pode ser um inseto que interfere em um determinado local, ali. Mas que atinge o planeta todo, interferir em tudo.

Aluno 12: O dinossauro, na época dele, interferiu radicalmente.

Neste momento da discussão, a pesquisadora questionou se, de maneira geral, por parte do homem, há consciência dessa interferência de forma negativa, e os participantes responderam que não. Assim, apontaram as responsabilidades sociais da problemática ambiental, descritas no fragmento abaixo:

Aluno 13: O mercado lança um produto, um produto ótimo. Lógico que todo mundo que tem condições vai querer consumir aquilo. Só que depois, a embalagem daquele produto, os resíduos daquele produto vem para a responsabilidade da população e a indústria que produziu aquilo, lançou aquilo no mercado simplesmente se esquivando da responsabilidade. É a população que tem que se preocupar com coleta seletiva do lixo, o que ela vai fazer com o resíduo daquele produto. A indústria não tem mais nada a ver com aquilo, e a culpa é sempre da população.

Pesquisadora: Mas o indivíduo tem liberdade de escolha para comprar ou não aquele produto.

Aluno 13: Mas muito além de eu “conscientizar”, de eu sensibilizar aquele indivíduo sobre o que ele tem que fazer com os resíduos daquele produto, eu também tenho que trabalhar para ele se defender desse consumo que cai em cima dele.

Aluna 10: Eu entendo o que o colega está falando, porque se a gente for pensar, todo mundo crítica [mais] a mulher que está lavando a calçada do que todo encanamento da cidade que está vazando e causando um super desperdício de água. A população concorda com tudo isso.

Aluno 3: Eu acho que se todo mundo tivesse uma consciência ambiental, seria melhor. Menos consumo: agora TV de tela plana, joga a minha fora; agora TV de não sei o que, joga a outra de novo.

Mediante a discussão exposta, a pesquisadora enfatizou a necessidade de se entender os fenômenos naturais por meio do conhecimento científico. A apropriação dos saberes científicos, inerentes aos fenômenos ecológicos, pode se concretizar em uma forma mais consciente e sustentável de atuação no ambiente e mais crítica, diante dos apelos veiculados por estratégias de marketing do mercado de consumo. Questões como o tratamento de lixo, água e esgoto, construção de um pólo industrial na região norte, construção de hidrelétricas e uso de diferentes formas de energia foram apresentadas pelos alunos, e discutidas em termos ecológicos e econômicos.

Os alunos também problematizaram a influência mística na visão sobre a relação homem e natureza, tendo em vista a provocação explicitada por Drouin (1991, p. 152) a seguir:

[...] o que fizermos em matéria de ecologia depende da idéia que fazemos da relação entre homem e natureza. Mais ciência e mais tecnologia não nos tirarão da crise ecológica atual, enquanto não tivermos encontrado uma nova religião ou repensado a antiga.

Por meio desta visão do autor, os alunos discutiram suas visões, como expostas no fragmento abaixo:

Aluna 3: Eu acho que a igreja católica, o que eu sei né, mas eu acho que eles colocaram a gente muito como o centro do mundo mesmo. Então eu acho que isso contribui, pois a só a gente tem alma.

Aluno 11: Parece que tudo gira em torno do homem, tudo está aqui para servi-lo.

Aluno 10: Isso acaba prejudicando o meio. Por exemplo, eu estava vendo o judaísmo, eles cultivam o campo de cultura por sete anos, depois disso eles são obrigados a parar por um ano, por que tem que parar. Isto é uma forma do meio estar se recuperando. A vaca, durante um período, eles não podem tirar o leite da vaca para o comércio, só pode tirar para o consumo próprio.

Aluno 3: Os indígenas, por exemplos, tem milhões de deuses, um deus sol, a deusa árvore, a deusa terra. Eu acho que eles tinham um respeito melhor pelo ambiente. Eles eram mais integrados.

Aluno 10: Mas a partir do momento que se fala que o homem foi criado a imagem e semelhança de Deus, o resto é extraterrestre. Aí você se acha superior e que pode mudar tudo porque o resto foi feito para você.

De acordo com as concepções apresentadas neste encontro, elaboramos a síntese de significação representadas no quadro abaixo:

Quadro 13: Síntese de significação VII

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Discutem, de forma aplicada e contextualizada, as relações e interações entre os seres vivos e o ambiente no processo de sucessão ecológica
Discutem a relação homem e natureza, referenciando o homem como parte da natureza, influenciando e sendo influenciado pelo ambiente
Discutem o <i>status</i> de ciência e os fundamentos da Ecologia, apontando a necessidade de estudos em Ecologia teórica por meio de ecossistemas brasileiros

5. 2. 3. Aplicação das concepções construídas

No décimo quinto encontro, realizado no dia 01/07/2009, os alunos apresentaram suas propostas de sequências didáticas com conceitos ecológicos. Por meio de um conceito ecológico tratado no Ensino Médio, a proposta deveria explorar a interação entre outros níveis de organização do conhecimento biológico proposto para fins de estudo no Grupo, como o

nível orgânico e o nível genético-molecular. Nesta prática, também deveriam ser consideradas as discussões que ocorreram, ao longo das atividades, no primeiro semestre de 2009.

No primeiro momento da apresentação, a pesquisadora perguntou aos participantes do Grupo quais eram suas opiniões, dificuldades, sugestões a respeito da elaboração da proposta didática. Os alunos apontaram que propostas como estas não são comumente exploradas na Educação Básica e, por vezes, no Ensino Superior. A proposta difere da forma tradicional de ensino, pois, na sua elaboração, deveriam explorar uma nova forma de pensar. Revelaram que os livros didáticos são os principais instrumentos de ensino para o professor, porém, apresentam conceitos reducionistas e abordagem fragmentada. Contudo, ressaltaram as dificuldades encontradas na proposição de temas e desenvolvimento de metodologias que pudessem superar a apresentação fragmentada do conhecimento biológico no Ensino Médio. Explicitaram a necessidade dessa prática na formação inicial e continuada de professores. As concepções que ilustram o exposto estão descritas no fragmento a seguir:

Aluno 7: Em um primeiro momento eu fiquei de certa forma perdido, porque é mais ou menos o que a gente falou, do pensamento todo fragmentado, por partes, por níveis, e conversando com o pessoal [do grupo] a gente acabou fazendo uma coisa que realmente a gente pudesse ver tudo como uma coisa só, olhando esses vários níveis. Eu acho que de certa forma falta isso, de uma maneira geral falta isso no ensino, tanto que nós fizemos para o nível de Ensino Médio. Mas eu acho até que para nós, que estamos presentes agora no Ensino Superior, de uma certa forma falta isso também.

Aluno 13: Achei a proposta bem elaborada, achei a proposta boa, dentro das discussões que a gente fez durante o semestre e ao mesmo tempo eu acho que a gente sentiu dificuldades na hora de fazer. Primeiro foi difícil sair algum tema que não tivesse no livro didático, eu acho que a primeira coisa que a gente fez foi procurar no livro didático, antes de internet, antes de qualquer coisa e eu percebi que todo mundo aqui pegou livro. Então a gente buscou no livro onde o conteúdo está fragmentado. Acho que a gente teve dificuldade depois de desfragmentar e unir com outros pontos. Foi difícil porque a gente não tem essa vivência, então a gente não consegue pensar em alguma coisa que seja diferente do que já está posto para gente

Aluno 12: Acho que é esta maneira, começar a pensar diferente daquilo tudo o que a gente estudou durante quatro, cinco, seis anos.

Aluno 6: Eu tive grande dificuldade, para te falar a verdade assim, porque é o que ela [Aluno 13] falou, é um tema que teve que sair do livro, saiu da figura do livro que está presa no livro, e tentar buscar uma forma do aluno tentar absorver de uma forma que normalmente não é passado na sala de aula.

Aluno 5: Eu acho que é fácil a gente identificar o que está mal proposto no material didático, mas realmente é difícil, ao mesmo tempo, tentar abordar um tema que fique realmente de forma didática, interdisciplinar. Tanto é que existem vários erros e diante de todos aqueles que existem, a gente pensou muito em qual pegar porque a gente sabe que está errado, mas como a gente vai fazer ficar diferente? Eu acho realmente que é difícil justamente porque é uma coisa que a gente não tem.

Aluno 9: Eu acho que é fácil a gente identificar o problema nos livros ou na forma como é proposto até para gente mesmo, na graduação. Mas é difícil conseguir sair daquilo como pensamento fragmentado que a gente mesmo tem.

Aluno 3: Porque eu acho que desde de sempre a gente viu fragmentado. Eu acho que realmente é difícil, é um hábito. Você acha que aquilo que é o certo e não consegue (fazer diferente).

Aluno 13: Mas sabe o que eu acho? O problema não é passar o conteúdo fragmentado. Por exemplo, se o professor tem a idéia que na cadeia alimentar aquele ATP é o mesmo ATP que vai entrar na mitocôndria [*sic*], na respiração celular, que é tratado em outro capítulo, se ele tem essa noção, se ele passa primeiro a respiração celular e no final ele consegue juntar isso com os alunos, não tem problema você fragmentar.

Aluno 12: Isso é um problema, porque a grande maioria [dos professores de Educação Básica] está despreparada, aquela prozinha que teve o ano passado mostrou que eles estavam totalmente alienados. O governo tem que oferecer uma reciclagem [capacitação, aperfeiçoamento, atualização].

Aluno 13: Mas eu acho que a idéia é começar a trabalhar com formação inicial. Porque a gente tem que pensar em quem vai ocupar os cargos daqui um tempo. Eu acho que as mudanças estão começando, o vestibular, a questão do jornalzinho, que por pior que seja [o contexto ou a forma que foi passado], ele trouxe uma idéia diferente para dentro da escola.

Aluno 11: E até mesmo esta prova que fizeram, é uma forma de eles identificarem em que nível está o professor que está na sala de aula.

Mediante as exposições dos alunos sobre as principais dificuldades na elaboração da proposta, verificamos que estão relacionadas à transposição didática de conceitos de forma integrada. Assim, a necessidade de práticas que possibilitem aos licenciandos de Biologia construir sequências didáticas relacionando conceitos biológicos, nos diferentes níveis de organização do conhecimento biológico proposto, foi mencionada pelo Aluno 13. O aluno apontou que exercícios como esses devem ser postos em prática na formação inicial e que atividades como estas devem ser estimuladas.

Sistematizamos no Quadro 14 as propostas didáticas elaboradas pelos alunos.

Quadro 14: Síntese das propostas didáticas elaboradas pelos alunos do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia

GRUPOS E ALUNOS	TEMA	PROBLEMA	OBJETIVO	METODOLOGIA DIDÁTICA	AVALIAÇÃO	CONCEITOS
Grupo 1 (Aluno 12, Aluno 7, Aluno 13, Aluno 14)	Agrotóxicos e relações entre fauna e flora	As implicações do uso de agrotóxicos nos diferentes níveis de organização biológica	Identificar e discutir a ação de agrotóxicos nos alimentos [vegetais e animais] e no ambiente, passando pelos níveis celular, orgânico e ecológico	- levantamento de conhecimentos prévios; - uso de recursos de imagem para contextualizar os conceitos abordados; - leitura e discussões de textos; - proposição de situações problemas.	- elaboração de soluções para as situações problema; - discussão das concepções iniciais para verificação de distorções conceituais.	Interações entre os níveis de organização biológico; mutações genéticas; alimentação; digestão; resíduos tóxicos; controle biológico; seleção de espécies resistentes, cadeia alimentar
Grupo 2 (Aluno 4, Aluno 5, Aluno 6)	Interações ecológicas	A abordagem do conceito interações ecológicas (livros didáticos e professores da Educação Básica), de forma antropomorfizada, categorizada e sem promover a interdisciplinaridade	Apresentar exemplos de interações ecológicas de forma contextualizada e interdisciplinar	- apresentação tradicional do conceito; - reformulação do conceito sob outra perspectiva, explicitando diferentes visões sobre as interações e promovendo a interação com outras disciplinas	Não apresentou	Interações ecológicas; bioquímica da água e fermentação (superficialmente); (expressão gênica na apresentação oral)
Grupo 3 (Aluno 8, Aluno 3, Aluno 9)	Efeito estufa e digestão de ruminantes; (interações entre organelas na apresentação oral)	Não apresentou	Não apresentou	- leitura e discussão de textos; - aula expositiva; - utilização de mapa conceitual.	Não apresentou	Digestão animal (de maneira superficial)
Grupo 4 (Aluno 10, Aluno 11)	Cadeia alimentar e respiração celular aeróbica	Falta de articulação entre respiração celular aeróbica e cadeia alimentar	Introduzir o conceito de respiração por meio do conceito ecológico de cadeia alimentar	- levantamento de conhecimentos prévios; - leitura e discussões de textos; - uso de recursos de imagem para contextualizar os conceitos abordados.	- avaliação conceitual; - elaboração de pesquisa explorando o tema e sua interação com os diferentes níveis de organização biológica	Cadeia e teia alimentar; fotossíntese; respiração pulmonar e celular; digestão; fluxo de energia

Sobre a exposição oral dos trabalhos, destacamos e comentamos os fragmentos e os pontos de discussão pertinentes a esta pesquisa.

Durante a apresentação oral do Grupo 1 (Aluno 12, Aluno 7, Aluno 13, Aluno 14), foi possível perceber, no diálogo entre os alunos, a importância que o Aluno 13 deu à construção do conceito, por parte do aluno aprendiz, em vez de dar respostas prontas às perguntas elaboradas na proposta de sequência didática. Este fato ficou evidente no fragmento exposto, a seguir:

Aluno 12: Eu comentei com os participantes do grupo que eu achei essas questões difíceis de serem respondidas, inclusive até para o nível superior. Eu acho difícil responder qual agravante vai ocorrer, quanto vai acumular.

Aluno 13: Na verdade a intenção é que eles pensem sobre isso, não só para responder. A idéia era essa, ele pensar que se aquilo age em nível celular, desde o nível organismo até o celular em cada um desses que ele está comendo, tanto na maçã, quanto no peixe, quanto na galinha, aquilo vai se refletir a nível celular nele também. Então em que medida isto está acontecendo?

Consideramos que o Grupo 1 conseguiu contemplar o objetivo proposto na elaboração da sequência didática, apontando o efeito acumulativo dos agrotóxicos nos diferentes níveis de organização biológicas, principalmente, no nível molecular, o que não é normalmente tratado quando o assunto é exposto no ensino. Além disso, exploraram a relação homem e natureza, por meio de uma perspectiva na qual o ser humano age e sofre pela sua intervenção no meio.

Na apresentação oral do Grupo 2 (Aluno 4, Aluno 5, Aluno 6), identificamos a preocupação de os alunos apontar os problemas de exposições didáticas, nas quais prevalecem a categorização das interações ecológicas, por meio de uma perspectiva humana. Essa perspectiva revela uma visão antropomorfizada das interações ecológicas, recorrente no discurso de professores e manuais didáticos utilizados na Educação Básica. Uma observação feita pelo Aluno 5 exemplifica o exposto:

Aluno 5: Para mim, tanto no Ensino Médio quanto no Fundamental, a denotação de bactéria sempre foi uma visão muito negativa. Eu nunca imaginei que dentro do meu intestino existissem bactérias que muitas vezes me impedem de ser parasitada negativamente por outro tipo de bactéria, porque ela vai competir com aquela bactéria que vai me agredir negativamente. Nunca eu ia pensar que existem bactérias que iriam fazer bem para mim. Nesse sentido que a gente queria colocar, buscar esses exemplos para que você possa olhar as interações vistas de todos os lados.

O Grupo 2 contemplou, na elaboração da sequência didática, as interações entre o homem e o meio quando exemplificaram a relação de parasitismo, citando doenças como sarampo e tuberculose, e quando explicaram a relação mutualística, citando as bactérias presentes nos intestinos dos vertebrados no processo de fermentação.

Ressaltamos que, embora o Grupo 2 não tenha explorado, na proposta escrita, a interação entre os diferentes níveis de organização biológica, durante a apresentação oral, o Aluno 5 estipulou relações entre a competição e a expressão gênica, como exposto a seguir:

Aluno 5: Eu acho o mais grave que eles [livros didático] atribuem muitos sentimentos, principalmente as relações que eles colocam como desarmônicas. Só coisa ruim. E ninguém pensa também que aquela espécie vai ter que sair daquele ambiente, porque de fato ela perdeu a competição, e aí entra um lance que nunca é colocado: nossa, acho que nunca tive ouvido falar disso, dessa plasticidade fenotípica! De repente ela vai explorar um ambiente que nunca, de fato, ela seria capaz de explorar se ela não tivesse sofrido aquele tipo de competição, se não tivesse que procurar um outro tipo de ambiente, e aí ela vai testar o limite de tolerância dela, talvez. Ela pode alcançar o máximo e expressar genes que talvez ela nunca expressasse se ela não tivesse saído daquele ambiente. Todo mundo fala, “ah, coitada daquela espécie, ela foi tirada do ambiente dela” [se ocorrer competição], você não vê nada de positivo naquilo, no entanto pode ter isso, e pode afetar aquele pool gênico dela, que na verdade nunca tinha sido expresso, vai se expressar e ela vai ter muito mais sucesso naquele ambiente novo do que ela tinha naquele outro.

Os alunos pertencentes ao Grupo 3 (Aluno 8, Aluno 3, Aluno 9) relataram suas dificuldades em entender a proposta. Durante a apresentação oral, apresentaram o conceito de organela e o processo de meiose e mitose como tema a ser desenvolvido na proposta da sequência didática. Contudo, além de não conseguirem discorrer sobre a interação entre outros níveis de organização biológica – a não ser no próprio nível celular – não propuseram a sequência didática por meio de um conceito ecológico.

Alguns participantes do Grupo sugeriram propostas que pudessem envolver a problemática apresentada sobre a divisão celular. Assim, poderiam concentrar a proposta nas formas de reprodução, como a assexuada ou de invertebrados, e envolver as discussões sobre meiose e mitose. A sugestão foi feita pelo Aluno 6:

Aluno 6: Poderia falar a questão de, quando a gente fala dos celenterados tem aquela parte de metagênese, alternância de gerações, tanto reprodução sexuada como assexuada, iria ser legal pegar essa parte. Eles vivem em colônias, então um necessita do outro, fisiologicamente falando, se tirar um de lá, tchau. Porque cada pólipô, que a gente fala, um está especializado para a

reprodução, outro para captar alimento. Se tirar um de lá, acabou. É que nem o professor falou para a gente, que na colônia está tudo fisiologicamente ligado, se tirar acabou. Então eles [o Grupo 3] poderiam abordar o tema metagênese, alternância de gerações, tanto sexuada como assexuada.

Também foi citado o exemplo da organização social das abelhas, resultando em diferentes organismos dentro da própria colmeia.

Diante do exposto, a pesquisadora solicitou que o Grupo 3 se reunisse novamente e elaborasse outra proposta por meio dos critérios estabelecidos, ou seja, que por meio de um tema ou conceito ecológico, os alunos deveriam explorar a interação entre outros níveis de organização biológica. Contudo, como pode ser visto no Quadro 13, o Grupo 3 não conseguiu apresentar uma proposta de sequência didática a contento.

Esclarecemos que a dificuldade apresentada pelo Grupo 3 também pode ser uma dificuldade enfrentada pelos professores em exercício. Porém, inferimos que durante o ensino de Biologia, podemos trabalhar os conceitos científicos, por meio de enfoques ou temas integradores, pois esta forma facilita a articulação de uma ampla gama de conceitos científicos. No caso desta atividade, foi feita esta proposta, pois contemplava a perspectiva estudada por esta pesquisadora.

Ao expor as ideias presentes na proposta de sequência didática elaborada pelo Grupo 4 (Aluno10, Aluno 11), durante a apresentação oral, o Aluno 10 enfatizou a falta de articulação entre os conceitos de respiração celular aeróbica e a cadeia alimentar. Para o aluno, durante a explicação desses conceitos, não fica claro aos alunos que a glicose pode ser obtida direta ou indiretamente dos vegetais, o que acarretaria distorções conceituais. O conteúdo está descrito no fragmento a seguir:

Aluno 10: Nós pensamos em trabalhar o tema de respiração celular aeróbica. Porque quando a gente olha nos materiais didáticos, tem um capítulo reservado para a respiração celular, falando assim: “a respiração celular aeróbica é dividida em três etapas: a primeira etapa chamada de glicólise se inicia...” só que da onde veio essa glicose? Onde o indivíduo obteve essa glicose? Já está nele, precisa de algum alimento? Como é que é? Então a gente pensou em partir de cadeias alimentares. O que são cadeias alimentares? Um indivíduo que está se alimentando do outro. Dessa forma ele vai obter a glicose. Não que ele precise chupar uma cana-de-açúcar para obter a glicose. É difícil essa relação. Pior ainda pensar que um leão que está comendo uma zebra está obtendo glicose. Então nós partimos da ideia de começar com cadeia alimentar, dar a ideia que essa glicose vem direta ou indiretamente dos vegetais, porque mesmo sendo carnívoro, ele vai se

alimentar de um herbívoro, que se alimentou da planta que produziu a glicose a partir da fotossíntese. Essa glicose vai entrar no indivíduo e vai entrar no processo de respiração. Aí vai ter a quebra da molécula de glicose para produzir ATP. E esse ATP que é produzida é aquela energia que fala na cadeia alimentar, que é passada de um nível para o outro, que é acumulativa, e tem as pirâmides energéticas, que ela não é cíclica, ela é unidirecional. Tentar relacionar esses produtos e reagentes da respiração com os da cadeia alimentar.

Durante a exposição do Grupo 4, o Aluno 12 sugeriu inserir na proposta discussões sobre a diabetes. Isto reforçou a relação homem e natureza com a proposta elaborada pelo Grupo 4, pois já haviam exposto a necessidade de inserir o homem nas relações estabelecidas entre os níveis tróficos da cadeia alimentar.

O Aluno 6 exemplificou, por meio de sua experiência didática, a dificuldade de os alunos do Ensino Médio entenderem o processo de respiração celular:

Aluno 6: Eu dou aula no cursinho, e a semana retrasada eu dei a glicólise para eles, e aí, “professora, mas da onde que vem? Qual a diferença entre a respiração que a gente faz e a respiração celular”. O que acontece, a gente percebe que o embasamento lá [das séries anteriores] não foi suficiente. Inclusive este aluno faz o cursinho à noite e o Ensino Médio de manhã.

A pesquisadora perguntou aos participantes que vivenciaram a realidade da sala de aula sobre os motivos que pudessem levar essa deficiência ou distorção conceitual em alunos do Ensino Médio. Alguns responderam que faltavam esclarecimentos que unissem ou integrassem os conceitos. Outros relataram que os alunos não conseguiam abstrair os conceitos ao ponto de relacionar, por exemplo, os processos de respiração celular, respiração pulmonar e digestão. O Aluno 10 relatou que até ele, que está no nível de graduação, às vezes, não consegue fazer algumas abstrações que determinados conceitos requerem para serem entendidos. Outros alunos acrescentaram a necessidade de vivências, durante a formação inicial, como aquelas propiciadas pelo Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia. As falas que representam o exposto são:

Aluno 13: Eu acho que o que falta, além da base conceitual, primeiro de tudo é fazer o que gente fez aqui.

Aluno 10: Querer que um aluno abstraia a respiração celular do nada não vai dar. Agora se começasse por outra abordagem.

Aluno 13: Mas é a mesma coisa nós. Quantos de nós iríamos estabelecer as relações que a gente estabeleceu aqui hoje se a gente não tivesse participado das discussões do grupo.

Aluno 7: Porque tem uma divisão [no processo de ensino] e eu só fui entender isso agora.

De acordo com as propostas de sequências didáticas elaboradas pelos alunos (Quadro 14), e as discussões que delas decorreram na apresentação, elaboramos, para cada grupo, uma síntese em relação aos níveis de organização do conhecimento biológico proposto no modelo hierárquico – [ecológico (ambiente externo) [orgânico (organismo) [molecular e/ou celular (ambiente interno)]]] – para verificar se foi contemplada tal organização, conforme o Quadro 15:

Quadro 15: Síntese das relações estabelecidas nas sequências didáticas entre os níveis de organização para estudo do conhecimento biológico

		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Articulação entre os níveis de organização biológica proposta	Ecológico	Ambiente natural	Não apresentam sequências didáticas explorando os todos os níveis propostos. Superficialmente indicam a exploração dos temas: bioquímica da água e fermentação.	Não apresentam sequências didáticas explorando os níveis propostos	População
	Orgânico	Corpo humano e seres vivos utilizados como alimento			Organismo
	Genético-molecular	Célula humana e célula do alimento			Célula
Conceitos estudados no nível ecológico		Resíduos tóxicos no ambiente, seleção de espécies resistentes, controle biológico			População animal, população vegetal, decompositores, níveis tróficos
Conceitos estudados no nível orgânico		Alimentação, digestão			Alimentação, digestão, respiração pulmonar
Conceitos estudados no nível genético-molecular		Absorção de nutrientes, mutações genéticas	Expressão gênica (apresentação oral)		Fotossíntese, respiração celular aeróbica
Conceito integrador entre os níveis		Efeitos dos agrotóxicos	Interações ecológicas	Não apresentam claramente	Fluxo de energia

Por meio desta exposição, consideramos que na aplicação das concepções construídas houve distinção nas construções das sequências didáticas elaboradas pelos grupos. O Grupo 1 e o Grupo 4 conseguiram articular os conhecimentos nos três níveis propostos, utilizando conceitos que permitiram a integração entre eles. Porém, o Grupo 2 e o Grupo 3 apresentaram obstáculos na construção das sequências didáticas e não conseguiram explorar conceitos nos três níveis, apesar de apresentarem conceitos integradores.

A síntese de significação das concepções dos alunos, neste encontro, está organizada no Quadro 16:

Quadro 16: Síntese de significação VIII

PRINCIPAIS CONCEPÇÕES
Discutem as dificuldades encontradas na elaboração de sequências didáticas que permitam ao aluno de escolaridade básica entender a integração entre os conceitos biológicos.
Dois grupos de alunos conseguiram contemplar a elaboração de sequências didáticas de acordo com os objetivos propostos. Um grupo de alunos não conseguiu contemplar, a contento, a elaboração de sequências didáticas de acordo com os objetivos propostos. Um grupo de alunos não conseguiu contemplar a elaboração de sequências didáticas de acordo com os objetivos propostos
Discutem o ensino de Ecologia e Biologia, apontando a distribuição dos conceitos na organização curricular de forma fragmentada ao longo dos anos escolares
Apontam as contribuições das discussões do grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia e as necessidades destas vivências para o estabelecimento de relações entre os conceitos científicos

5.3. O manual didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado

Para a produção de material didático sobre a diversidade biológica do cerrado, tendo o conceito de comunidade vegetal como elemento central e sua interdependência com os demais níveis de organização biológica, elaboramos, em conjunto com outros autores (Prof. Dr. Osmar Cavassam, Profª. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira e Dra. Veridiana de Lara Weiser), um manual didático complementar, intitulado “Conhecendo Botânica e Ecologia no Cerrado”. O material oferece imagens de espécies do Cerrado que podem ser utilizadas pelos professores de Educação Básica para complementar as atividades de campo, com informações botânicas e ecológicas, tendo como referência os ecossistemas brasileiros. No material estão presentes imagens fotográficas de algumas espécies vegetais do cerrado pertencentes à Reserva Legal do *Campus* da UNESP de Bauru, e imagens fotográficas evidenciando algumas interações ecológicas que aí ocorrem.

Estruturamos o manual didático da seguinte maneira: textos sobre a importância de estudos em ambientes naturais e de atividades didáticas contextualizadas no tratamento de conceitos ecológicos; texto sobre o cerrado e a Reserva Legal do *Campus* de Bauru da UNESP; fichas apresentando fotografias de espécies vegetais, em fase de floração e frutificação, que possam facilitar o estabelecimento de relações com os conceitos ecológicos de polinização, síndrome de dispersão de frutos e sementes, entre outras interações ecológicas; e propostas de sequências didáticas que podem ser utilizadas pelo professor, explorando algumas possibilidades de utilização do manual didático.

Para implementar as sequências didáticas propostas neste material, recorremos ao conjunto de subsídios pedagógicos descritos por Caldeira (2005), e adaptados para esta realidade.

Assim, no domínio das linguagens (sinestésicas) e seus valores, as sequências didáticas propostas contemplam as atividades de campo, nas quais os alunos podem participar com o objetivo de, mediante seus próprios sentidos, perceber e conhecer as espécies presentes no local, suas formas de vida, as interações ecológicas, os diversos aromas propiciados pelas flores das diferentes espécies aí presentes, as variações de tonalidades, de formas e texturas das folhas das espécies vegetais, entre outras. Para estimular essa percepção inicial, é necessário que os alunos tenham contato com o ambiente natural.

Para contemplar o domínio das habilidades cognitivas, buscamos atividades didáticas que permitam aos alunos: observar, descrever, identificar, comparar, coletar dados, experimentar, somar ideias, elaborar tabelas, gráficos, esquemas, sistematizar (por meio de textos, maquetes, relatórios), interpretar dados.

No domínio dos conceitos científicos, objetivamos que os principais conceitos ecológicos fossem ensinados, bem como outros que estiverem relacionados e que forem necessários para a sua compreensão. Conhecimentos referentes à Zoologia, Botânica e Ecologia aplicada também são explorados.

Objetivamos que, por meio dessa tríade, os alunos possam aprender a: (1) relacionar – adquirindo essa habilidade, os alunos podem estabelecer mais facilmente analogias, confrontos, associação entre diferentes fenômenos. Essa habilidade pode ser ampliada se o aluno for instigado a compreender e avaliar problemas presentes no seu cotidiano, compreender relações entre causa e efeito em situações complexas, procurar novas evidências, relacioná-las a novos exemplos, identificar situações contrárias, encontrar novas possibilidades para a resolução dos confrontos que forem surgindo no processo; (2) organizar ideias – as sequências didáticas apresentadas foram elaboradas para que os alunos pudessem adquirir a habilidade de “organizar” e selecionar as informações pertinentes que foram

trabalhadas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem, a fim de que os conceitos principais sejam apreendidos

O referido material elaborado encontra-se na forma de apêndice (“Conhecendo Botânica e Ecologia no cerrado”).

CAPITULO 6 – ANÁLISE DOS DADOS

As orientações de pesquisas de iniciação científica realizadas e as atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, ocorridas no primeiro semestre de 2009, objetivaram contribuir para a formação inicial de professores/pesquisadores e, para isso, procuramos identificar quais foram os aspectos em que os graduandos e outros integrantes do Grupo, apresentavam mais dificuldades, tais como: (a) o entendimento dos conceitos propostos pela comunidade científica, que chamamos aspectos conceituais; (b) relacionar conceitos ecológicos pesquisados na literatura e em manuais com novas propostas didáticas para suprir os problemas elencados, que chamamos de aspectos didáticos; (c) entender e compor um conjunto de elementos teóricos e práticos que lhes permitam construir uma noção sobre a ciência ecológica e operar com essas noções, o que chamamos de aspectos epistemológicos.

Sabemos que esses aspectos se inter-relacionam e as separações realizadas ocorreram somente para facilitar as análises e não para promover uma categorização rígida do processo ocorrido.

6.1. Análise das orientações de pesquisas de iniciação científica

Os dados obtidos durante as reuniões de orientação, das entrevistas individuais e das produções de pesquisa do Aluno 1, do Aluno 2 e do Aluno 3 foram analisados em relação: **(6.1.1.)** aos aspectos didáticos; **(6.1.2.)** aos aspectos conceituais; **(6.1.3.)** aos aspectos epistemológicos, e são discorridos a seguir.

6.1.1. Aspectos didáticos

De acordo com as discussões postas durante as reuniões de orientação e as produções de pesquisas apresentadas pelos alunos, consideramos que:

- O Aluno 1: (a) realizou análise de dois manuais didáticos de Ensino Médio, sendo um livro didático e uma apostila de cursinho; (b) de acordo com sua análise, os manuais apresentavam os conceitos ecológicos de forma fragmentada, não permitindo que fossem entendidos de forma integrada; (c) observou que os exemplos que ilustravam tais conceitos não pertenciam à flora e à fauna brasileira, muitas vezes se reportando aos animais presentes nas savanas africanas, como girafas; (d) produziu um esquema ilustrativo e um texto de apoio para o seu entendimento.
- O Aluno 2: (a) desenvolveu análise, em manuais didáticos (uma apostila e quatro livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio), com o objetivo de verificar a presença de fotos ilustrativas no tratamento de conceitos ecológicos e interações ecológicas, principalmente aquelas relacionadas ao cerrado; (b) constatou que existem poucas figuras e fotos ilustrativas de biomas brasileiros, como o cerrado, em todos os materiais estudados; (c) caracterizou essa constatação como fator negativo, por considerar esses elementos fundamentais para uma boa contextualização; (d) elaborou sequências didáticas, com fotos ilustrativas de interações ecológicas em ambiente de cerrado, complementadas por material de apoio para o professor.
- O Aluno 3: (a) apresentou análise de um livro didático de Biologia para o Ensino Médio, utilizado por alunos de uma escola pública do município de Bauru-SP, que participaram de um questionário que visava a exploração de suas concepções sobre o conceito de sucessão; (b) fez apontamentos referentes aos esquemas e textos apresentados no livro didático analisado, ressaltando que esta apresentação permite aos alunos entender o processo de sucessão ecológica como um processo linear e

estático, muitas vezes determinado pelo clima; (c) apontou que a falta de ilustrações e referências a animais pode permitir um entendimento distorcido do fenômeno, no qual os animais seriam simples coadjuvantes do processo, e não indivíduos ativos na dispersão de frutos e sementes e, nesse sentido, facilitadores do processo de sucessão; (d) analisou as concepções de alunos de Ensino Médio sobre o conceito de sucessão ecológica, e inferiu que a forma com que o livro didático trata o tema influencia diretamente as concepções desses alunos sobre o conceito; (e) evidenciou, ao estabelecer categorias para análise dos dados, que o entendimento do conceito como “transformação que vai do simples para o complexo” ou “de um lugar inóspito para um lugar com vida”, apresenta correspondência nas figuras e nas abordagens contidas no livro didático.

Ao acompanharmos o processo de elaboração das pesquisas de iniciação científica, constatamos as dificuldades encontradas pelos alunos no desenvolvimento de suas pesquisas.

As dificuldades encontradas pelo Aluno 1 e pelo Aluno 3 concentraram-se na proposição de sequências didáticas que suprissem as distorções conceituais por eles apontadas, e assim foi necessária a intervenção da pesquisadora, que sugeriu a elaboração de um esquema interpretativo sobre o fenômeno. A mesma dificuldade foi enfrentada pelo Aluno 2. Ao estabelecer contato com as pesquisas acadêmicas específicas da Ecologia, não conseguiu, em um primeiro momento, articulá-las de maneira que pudessem ser utilizadas no ensino.

Assim, verificamos que as dificuldades metodológicas estão relacionadas à transposição didática dos conceitos versados. Se, por um lado, os alunos analisaram e criticaram manuais didáticos pela forma de apresentação dos conceitos ecológicos, por outro, sentiram dificuldades em propor outra forma de ensinar. Além disso, apresentavam distorções conceituais acerca dos conceitos escolhidos como objeto de estudo. Foi necessário recorrer a

bibliografias para estudá-los e poder tratá-los de maneira correta. Contudo, verificamos nas suas produções de pesquisas, resquícios dessas distorções conceituais.

Percebemos as dificuldades quanto à organização dos dados da pesquisa e a maneira de analisá-los qualitativamente, buscando cumprir os objetivos propostos. Assim como evidenciado pelos alunos, a maioria dos graduandos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do *Campus* da UNESP de Bauru, acabam se engajando em pesquisas laboratoriais quantitativas logo no início do curso, e as poucas oportunidades de desenvolverem pesquisas em ensino nem sempre são aproveitadas. Entretanto, ressaltamos que um aluno que frequenta um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas deve, além de dominar os conceitos específicos dessa ciência, saber explorar as diversas formas de transposição didática, pois será um futuro professor.

6.1.2. Aspectos conceituais

Durante as reuniões de orientação com o Aluno 1 e com o Aluno 3, estes referiram-se à abordagem estereotipada do conceito de sucessão ecológica presentes em manuais didáticos. Os exemplos apresentados exploravam, principalmente, o processo de sucessão que ocorre em lugares inóspitos como uma rocha nua, uma ilha depois de uma erupção vulcânica, a areia de uma duna. Pité e Avelar (1996) explicam que, muitas vezes, a sucessão ecológica é inferida e não observada diretamente, pois, em alguns casos, o processo pode demorar alguns anos para ocorrer, e em outros, como em sucessões primárias, até 1000 anos. Dessa forma, a autora explica:

Nesses casos, assume-se que se pode observar os vários estados em locais distintos, que começaram o processo em épocas diferentes. Assim, o mosaico espacial atual reproduz (teoricamente) a sequência temporal de fases. Noutras situações (sucessões em pequenos charcos, cadáveres, rochas na zona interdita, frutos caídos etc.) a sucessão decorre num período mais curto e pode ser observada diretamente e até manipulada experimentalmente (PITÉ; AVELAR, 1996, p. 192).

O fato de não podermos observar diretamente o processo de sucessão ecológica em função da variável tempo, como salientado pelas autoras Pité e Avelar (1996), foi conflitante para o Aluno 1 e para o Aluno 3. Eles relataram que, durante a Educação Básica que freqüentaram, a impressão que tinham era de que se tratava de um processo rápido, mas, na graduação, os livros didáticos explicavam sobre a variável tempo influenciando a observação e o entendimento desse processo.

No texto explicativo do esquema proposto pelo Aluno 1 e pelo Aluno 3, ambos reforçaram a ideia de “evolução do fenômeno” como a modificação de espécies simples para espécies complexas, como *“uma certa gradatividade para indicar que o processo está evoluindo para conseguir uma certa estabilidade na comunidade madura”*. Apesar de as críticas feitas pelo Aluno 3, quando referiu-se ao fato de que o termo complexo é entendido erroneamente pelos alunos como *“sendo os organismos maiores em tamanho, e não indivíduos que realizam o maior número de interações”*, representou da mesma forma ao expor o esquema elaborado. As distorções conceituais verificadas estão entre as razões, postas por Pité e Avelar (1996, p. 195), pelas quais o conceito de sucessão ecológica é hoje encarado com mais reserva. Para as autoras, muitas vezes, prefere-se a utilização do termo “dinâmica da vegetação” (ou da comunidade, ou do ecossistema) pelo fato desta expressão não carregar tantos pressupostos teóricos, não procurando teorias globalizantes, mas expondo os mecanismos dos vários tipos de sucessão. Prescrevem que o processo da sucessão ecológica depende de três fatores principais, que vão condicionar o resto, tais como:

(1) um local onde possa ocorrer; (2) espécies que aí possam surgir, ou porque já estavam presentes sob forma de sementes, ovos, etc., ou porque lá conseguiram chegar; (3) características das espécies presentes, em termos de suas tolerâncias físicas, dos seus padrões de sobrevivência e reprodução, das suas capacidades competitivas, etc. estes fatores determinarão quem substituirá quem, quando e como (PITÉ; AVELAR, 1996, p. 195-196).

Visto que esses pressupostos não fazem parte do repertório conceitual de alunos em formação inicial de Licenciatura em Biologia, dificilmente serão explorados durante o ensino, quando os mesmos forem professores. Foi necessário aos alunos explorar o conceito de sucessão ecológica como objeto de pesquisa para que pudessem entendê-lo melhor.

O Aluno 1 e o Aluno 3 trataram o problema do entendimento do conceito de sucessão ecológica como processo linear e estanque. A dificuldade em entender os conceitos ecológicos que podem ser explorados, por meio deste conceito, está relacionada principalmente à forma como são tratados no ensino, tanto pelos livros didáticos quanto pelos professores. Essas abordagens enfatizam o processo de sucessão ecológica de maneira independente das interações ecológicas, do fluxo de energia que se distribui ao longo das cadeias alimentares e da influência dos ciclos biogeoquímicos. Estes conceitos, muitas vezes, são versados em momentos distintos e poucas vezes encontramos referências que ressaltam a interdependência entre eles.

A proposição de um esquema interpretativo do processo de sucessão ecológica, explorado principalmente pelo Aluno 1, demonstrou sua dificuldade em lidar com os conceitos ecológicos. Os Alunos (1 e 3) utilizaram os termos “ecossistema jovem” e “ecossistema maduro” ou “cerrado maduro” como vegetação campestre e vegetação florestal, respectivamente. Podemos encontrar, no cerrado, uma vegetação de fisionomia campestre, conhecida como campo limpo, sem que, necessariamente, seja formada por espécies consideradas jovens ou com aparência herbácea, podendo estar presentes espécies de comunidades tardias ou espécies mais lenhosas. Quando os alunos expuseram, na primeira parte do esquema proposto, uma vegetação semelhante à fisionomia de cerrado, cometeram a mesma distorção conceitual vista em manuais didáticos ou nos discursos de professores: se, por um lado, os autores de livros didáticos tomam como exemplo geral de fisionomia do

cerrado aquela conhecida por campos limpos ou fisionomia campestre, os alunos, por outro lado, enfatizaram a fisionomia florestal em detrimento de outras.

Em relação às dificuldades conceituais do Aluno 2, foi possível perceber, no início do desenvolvimento de sua pesquisa, que não tinha compreensão do conceito de interações ecológicas. Quando expôs que estudos fenológicos não poderiam auxiliá-lo na busca de exemplos de interações ecológicas, uma vez que estariam voltados para estudos de interações com fatores do meio, deixou de considerar que o meio interage com os organismos, assim como os organismos interagem com o meio. O tratamento do conceito de interações ecológicas no ensino, enfatizando aquelas interespecíficas, pode ter influenciado o entendimento de que o processo se dá somente entre organismos vivos, não considerando que as interações ocorrem por conta das condições ambientais e pela disponibilidade de recursos.

Quando observamos os processos de desenvolvimento de uma planta, por exemplo, baseando-se no estudo das suas fenofases – nas quais podem ser observadas espécies perdendo suas folhas, florescendo, dando frutos – os fenômenos podem ser influenciados não apenas por fatores abióticos, mas também pela interação entre os organismos vivos, tais como agentes polinizadores e dispersores de semente. O conceito de interação é explicado por Begon et al (2007, p. 223) da seguinte maneira:

A atividade de todo o indivíduo muda o ambiente em que ele vive. Ele pode alterar as condições, como quando a transpiração de uma árvore refresca a atmosfera, ou pode adicionar ou subtrair recursos do ambiente, que poderiam ficar disponíveis a outros organismos, como quando uma árvore projeta sombra sobre outras plantas abaixo dela. Além disso, contudo, os organismos interagem quando os indivíduos influem na vida de outros (BEGON et al, 2007, p. 223).

A fenologia das plantas, segundo Pedroni et al (2002) pode ser influenciada por fatores próximos e fatores finais. Os fatores próximos incluem precipitação, estresse hídrico, irradiação e fotoperíodo. Os fatores finais, que poderiam ser utilizados como exemplos de

interações na proposta didática do Aluno 2, incluem a reprodução cruzada entre indivíduos e a abundância de polinizadores, dispersores e predadores de sementes (PEDRONI et al, 2002).

Nesse sentido, o Aluno 2 não relacionou que, ao estudar, por exemplo, a fenofase frutificação – que para Pedroni et al (2002) pode ser subdividida na observação de frutos imaturos e frutos maduros, esta última iniciando-se com a observação dos primeiros frutos abertos, durando até o final da dispersão das sementes – os agentes dispersores de sementes poderiam ser observados. A fenofase floração também traria elementos discutíveis de interações entre espécies.

6.1.3. Aspectos epistemológicos

Ao analisarmos o processo de elaboração de pesquisas de iniciação científica e as produções de pesquisas dos alunos, percebemos os avanços conseguidos, relacionados aos aspectos conceituais e didáticos. O Aluno 1 apresentou, durante todo o processo, dificuldades em relação à compressão do conceito de sucessão ecológica. Pareceu-lhe muito difícil desenvolver sua pesquisa, que consistia na exploração do conceito teoricamente, no levantamento de dados da vegetação específica (cerrado) e, principalmente, na organização destes elementos em um esquema e texto explicativo com outra abordagem. O esquema e texto didático apresentados em cumprimento dos objetivos propostos pelo Aluno 1, teve efetiva participação do Aluno 3. Apesar dos problemas conceituais apontados, este trabalho foi relevante para ambos, pois, durante sua elaboração, os alunos discutiram questões pertinentes para a proposição do esquema que pudesse minimizar as críticas feitas aos exemplos analisados nos manuais didáticos.

Ao realizar a pesquisa com os alunos do Ensino Médio, para levantamento de concepções sobre o conceito de sucessão ecológica, o Aluno 3 se confrontou com suas

próprias limitações em relação ao entendimento do conceito de sucessão ecológica e teve que recorrer à teoria para embasar as hipóteses levantadas acerca das concepções dos alunos.

O Aluno 2, mesmo apresentando, inicialmente, não ter segurança sobre a forma de elaboração das sequências didáticas que propôs como objetivo de sua pesquisa, avançou na proposição das questões que deveriam ser feitas para os alunos aprendizes e na elaboração de textos de apoio para o professor.

Durante as entrevistas individuais finais, quando a pesquisadora solicitou aos alunos que comentassem sobre suas concepções prévias e suas concepções posteriormente à pesquisa, foi possível perceber: (1) o Aluno 1, ao fazer a afirmação “*Agora, entender tudo... eu acho que não, mas deu para clarear bem mais*”, reconheceu que suas concepções sobre o conceito de sucessão ecológica ainda não eram satisfatórias, a ponto de entender a complexidade do fenômeno estudado; (2) o Aluno 3 relatou que antes de realizar a pesquisa e participar das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, não se havia atentado sobre a forma reducionista e descontextualizada como é apresentado o conceito de sucessão ecológica em manuais didáticos de Ensino Médio (“*fenômeno simples, com fases estanques, sem fazer relações com outros processos que ocorrem em uma comunidade [...] Os exemplos passados são em sua maioria internacionais, por exemplo, sucessão ecológica em florestas de coníferas*”). Contudo, o aluno evidenciou que após o desenvolvimento da pesquisa, pôde compreender o conceito de forma mais significativa, pois demonstrou ter entendimento sobre a interdependência entre os fenômenos estudados por meio do conceito de sucessão ecológica, o que requer o tratamento de outros conceitos ecológicos e biológicos durante o ensino (“*fluxos de energia, a relação das fases sucessionais com fatores abióticos, como a composição do solo, o regime climático do local, a posição geográfica, a fragmentação do local [...] a participação dos animais no processo*”). O aluno também fez uma reflexão epistemológica quando se referiu aos manuais didáticos, que acabam utilizando

determinados conceitos sem discorrer sobre sua construção histórica (“*Jogam o conteúdo no livro sem explicar o porquê das teorias mais aceitas pelos pesquisadores, serem a X e a Z e não a Y, fazendo com que os alunos realmente não pensem sobre o assunto*”); (3) o Aluno 2 referiu-se às suas concepções prévias sobre o conceito de interações ecológicas como concepções descontextualizadas da realidade brasileira. Esta distorção conceitual foi reconstruída, por meio de disciplinas específicas do currículo do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas frequentado. Apontou que a pesquisa por ele desenvolvida poderia servir como material de apoio para professores de Educação Básica para este fim, ou seja, apresentar aos alunos de Educação Básica exemplos de interações ecológicas condizentes com a realidade da flora e da fauna brasileira, tais como as espécies do cerrado. Evidenciou que, quando saiu a campo para obter dados da sua pesquisa, ao confrontar-se com o fenômeno (interações ecológicas), em ambiente natural, percebeu que o conceito que abarcava as interações ecológicas poderia ser inferido, mas nem sempre observado.

6.2. Análise das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia em relação ao nível ecológico

Agrupamos as sínteses de significações elaboradas por meio das concepções construídas pelos alunos ao longo das atividades desenvolvidas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, no primeiro semestre de 2009, com o objetivo de promover uma “visão geral” das mesmas, apresentadas no quadro a seguir:

Quadro 17: Sínteses de significações construídas, ao longo das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, em relação ao nível ecológico desenvolvido no primeiro semestre de 2009

Levantamento de concepções iniciais	Síntese de significação I
	Entendem Ecologia como estudo das relações e interações entre os seres vivos e o ambiente discutindo a influência dos organismos no meio e do meio nos organismos
	Discutem o objeto de estudo da Ecologia, seu status de ciência e fundamentos e, seu papel integrador
	Apontam a visão estereotipada da Ecologia, como estudo de espécies vegetais ou estudo da natureza (no sentido apenas dos elementos naturais)
Evolução das concepções	Discutem questões de ensino de Ecologia, como a falta de contextualização na abordagem dos conceitos ecológicos, relacionando com a falta de pesquisas com esta finalidade ou a incipiente divulgação científica
	Síntese de significação II
	Discutem o objeto de estudo da Ecologia, manifestando suas idéias sobre as relações e interações entre os seres vivos, incluindo o homem, e o ambiente
	Relacionam a visão utilitarista da natureza com as correntes de pensamento presentes na história da ciência, tais como as concepções da Teologia natural e da economia da natureza
	Relacionam as ciências naturais e os fundamentos da Ecologia, apontando a necessidade de integração didática entre os conceitos científicos
	Síntese de significação III
	Expõem suas idéias sobre as relações e interações entre os seres vivos e o ambiente, discutindo essas interações no contexto da sucessão ecológica, utilizando conceitos que, normalmente, não são vistos na abordagem do conceito de sucessão ecológica (níveis tróficos, seleção natural, evolução, coexistência, plasticidade fenotípica, nicho ecológico)
	Relacionam o objeto de estudo da Ecologia, como os ecossistemas com os campos teóricos desenvolvidos ao longo da sua história, como a geografia botânica
	Discutem questões de ensino de Ecologia como a distorção conceitual, presente nos livros didáticos e no discurso de professores, em relação à exclusão de animais durante a exemplificação e em esquemas sobre sucessão ecológica
	Síntese de significação IV
	Relacionam a Ecologia de ecossistemas com os as ideias e estudos desenvolvidos por Humboldt
	Relacionam a visão estereotipada da Ecologia com o uso e o entendimento indevido da palavra (concepção ideológica) e pouca inserção humana no estudo das relações ecológicas
	Discutem questões de ensino de Ecologia como a distorção conceitual em relação à ênfase nos aspectos climáticos, como determinantes na distribuição e caracterização da vegetação, e apontam a dificuldade na transposição didática em relação à história da ciência
	Síntese de significação V
	Relacionam os fundamentos da Ecologia, quando estudada, principalmente, por botânicos, e a influência na visão estereotipada da Ecologia, com ênfase em estudos vegetais
	Relacionam o objeto de estudo da Ecologia, seus respectivos campos teóricos e as disciplinas do currículo do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas
	Relacionam a visão antropocêntrica e utilitarista da natureza com a história da Ecologia
	Discutem as implicações do conhecimento científico na formação de cidadãos conscientes com a problemática ambiental
	Discutem a identidade entre homem e natureza
	Discutem a necessidade de abordagem integradora entre os sistemas biológicos no ensino de Ecologia, relacionando com as atividades desenvolvidas no Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia
	Síntese de significação VI
	Relacionam as atividades desenvolvidas no grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia como complementares às disciplinas da graduação em Biologia
	Relacionam as atividades desenvolvidas no grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia como uma nova forma de pensar o conhecimento biológico
Síntese de significação VII	
Discutem, de forma aplicada e contextualizada, as relações e interações entre os seres vivos e o ambiente no processo de sucessão ecológica	
Discutem a relação homem e natureza, referenciando o homem como parte da natureza, influenciando e sendo influenciado pelo ambiente	

	Discutem o <i>status</i> de ciência e os fundamentos da Ecologia, apontando a necessidade de estudos em Ecologia teórica por meio de ecossistemas brasileiros
Aplicação das concepções construídas	Síntese de significação VIII
	Discutem as dificuldades encontradas na elaboração de sequências didáticas que permitam ao aluno de escolaridade básica entender a integração entre os conceitos biológicos
	Dois grupos de alunos conseguiram contemplar a elaboração de sequências didáticas de acordo com os objetivos propostos. Um grupo de alunos não conseguiu contemplar, a contento, a elaboração de sequências didáticas de acordo com os objetivos propostos. Um grupo de alunos não conseguiu contemplar a elaboração de sequências didáticas de acordo com os objetivos propostos
	Discutem o ensino de Ecologia e Biologia apontando a distribuição dos conceitos na organização curricular de forma fragmentada ao longo dos anos escolares
	Apontam as contribuições das discussões do grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia e as necessidades destas vivências para o estabelecimento de relações entre os conceitos científicos

Da mesma forma como fizemos na apresentação dos resultados sobre o percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica, organizamos as concepções construídas pelos alunos de acordo com os aspectos conceituais (6.2.1.), os aspectos didáticos (6.2.2.), e os aspectos epistemológicos (6.2.3.). Estes estão relatados a seguir.

6.2.1. Aspectos conceituais

Os alunos entendiam Ecologia como o estudo das interações entre fatores bióticos e abióticos. Contudo, inicialmente, quando foram levantadas suas concepções prévias por meio do Questionário 1, não relacionaram esses elementos de maneira descritiva. As explicações descritivas sobre o objeto de estudo da Ecologia foram explicitadas pelos alunos ao longo dos encontros, durante as discussões entre os integrantes do Grupo, na medida em que expunham suas concepções, ao explicarem e exemplificarem as complexas relações e interações de organismos vivos entre si e com os fatores físicos do meio. Quando os alunos discutiram suas concepções sobre a complexa relação homem e natureza, explicitaram suas visões sobre a interferência humana no meio, colocando o homem como elemento que age e sofre a ação do ambiente, como qualquer ser vivo.

Lewontin (2002), ao explicar a relação entre organismo e ambiente, aponta alguns aspectos que nos remetem às concepções expostas pelos alunos na abordagem da relação homem e natureza, tais como:

1. os organismos determinam quais elementos do mundo exterior devem estar presentes para a constituição dos seus ambientes e quais relações entre esses elementos são relevantes para eles; 2. os organismos não só determinam os aspectos do mundo exterior que são relevantes para eles, em função de peculiaridades da sua forma e de seu metabolismo, como também constroem ativamente [...] um mundo à sua volta; 3. os organismos não se limitam a determinar o que é relevante e a criar um conjunto de relações físicas entre os aspectos relevantes do mundo exterior [...] também promovem um processo constante de alteração do seu ambiente; 4. os organismos modulam as propriedades estatísticas das condições externas à medida que essas condições se tornam parte do seu ambiente; 5. os organismos determinam, pela sua biologia, a natureza física real dos sinais advindos do exterior [...] transduzem um sinal físico em outro bem diferente, e é o resultado dessa transdução que as funções do organismo percebem como variável ambiental (LEWONTIN, 2002, p. 57-68).

Os alunos apresentaram diferentes visões sobre essa relação: apontando que não há intencionalidade, por parte do homem, de ação prejudicial ao meio, embora a intervenção ocorra; ou apontando uma visão dominadora e utilitarista dos recursos naturais pelo homem. Entenderam, ao partilhar com os colegas essas diferentes concepções, que a forma como ocorre a interferência humana no meio se caracteriza de maneira extensiva, em nível global, quando comparada a outros seres vivos.

Drouin (1991), ao fazer referência sobre a “Morada em perigo”, explica que as transformações devidas ao homem e às suas atividades sobrepõem-se às alterações, passadas ou presentes, de ordem geológica (a deriva dos continentes), climática (as variações de temperatura) ou biológica (a evolução dos seres vivos), e acrescenta que:

A escala planetária dos problemas hoje discutidos revela, por efeito de amplificação, uma realidade presente desde há muito tempo: o estudo científico do meio ambiente tem necessariamente em conta o impacto da atividade humana sobre a biosfera (DROUIN, 1991, p. 146).

Ao relacionarem a visão utilitarista da natureza com a história da Ecologia, remeteram-se à idéia da Teologia natural e de economia da natureza. Nesse sentido, Drouin (1991), ao discorrer sobre o antropocentrismo, acrescenta, mediante a perspectiva de Lynn White (1967), que a espécie humana, assim como toda forma de vida, nunca deixou de modelar o meio natural. Porém, evidencia que da aliança (especificamente ocidental) bastante recente entre ciência e tecnologia, recebemos, nos dias atuais, repercussões sob a forma de crise ecológica sem precedentes. No entanto, remete a raiz do problema ao período pós-revolução industrial, do século XIX, até aos antecedentes medievais da Europa moderna, explicando que:

De fato, é no pensamento teológico da Idade Média européia que reside a origem longínqua da crise atual. Ao destruir o culto pagão dos bosques e das fontes, ao afirmar que o mundo criado é feito de fenômenos físicos, ao fazer do homem a imagem de Deus e dono das criaturas, o cristianismo favoreceu o avanço das ciências da natureza e o desenvolvimento das técnicas, mas levou ao mesmo tempo o homem a tomar-se pelo centro do mundo e a não ver no resto do mundo mais do que materiais e instrumentos para seu uso (DROUIN, 1991, p.152).

Diante do exposto, e de acordo com a análise da evolução das concepções dos alunos, consideramos que estes entenderam o objeto de estudo da Ecologia e manifestaram o entendimento sobre a dimensão humana como um dos elementos presentes nas interações ecológicas, embora apontassem a necessidade de abordagens mais enfáticas a esse respeito durante o ensino de Ecologia.

6.2.2. Aspectos didáticos

Ao fazerem observações sobre a visão estereotipada da Ecologia como estudo do “verde” ou da natureza, os alunos referiram-se às abordagens distorcidas no ensino, assim como às informações divulgadas pelos meios de comunicação. Lacreu (1998) adverte que o uso indiscriminado e inadequado de termos “ecológicos” gera uma utilização mecânica e

irrefletida dos mesmos. Esse uso pode levar à permanência no nível superficial, fazendo com que se perca de vista a essência do problema. A autora ressalta ainda a falta de distinção entre ciência da Ecologia e o ecologismo como postura ideológica, o que faz com que a população receba os “ecos” dessa ideologia de forma maciça, assumindo-a dogmática e irreflexivamente, uma aceitação acrítica de tudo que se veicula em nome do “verde”. (LACREU, 1998).

Os alunos apontaram a forma descontextualizada dos exemplos utilizados na explicação de conceitos ecológicos durante o ensino de Ecologia, alegando que seria necessário usar exemplos mais próximos dos alunos para que a aprendizagem desses conceitos pudesse ser mais significativa.

Martins e Coutinho (2004) explicam que os conceitos não adquirem significados por fazer parte dos fatos ou da observação direta do fenômeno, mas por integrarem uma rede conceitual, na qual seus significados são estabelecidos uns em relação aos outros. “A mudança de significado de um conceito é algo complexo, que requer a introdução de novos conceitos, metáforas e instrumentos e, conseqüentemente, a mudança da rede conceitual (MARTINS; COUTINHO, 2004, p. 19).

Assim, a discussão dos conceitos de sucessão ecológica e interações ecológicas, de forma aplicada e contextualizada no ambiente de cerrado, permitiu aos alunos construir uma rede conceitual integrada. Na medida em que as explicações sobre a influência determinante dos fatores climáticos, no processo de sucessão ecológica, não foram suficientes para explicar a complexidade do fenômeno, outros conceitos foram requeridos. Dessa forma, conceitos como níveis tróficos, seleção natural, evolução, coexistência, plasticidade fenotípica, nicho ecológico e história de vida dos diferentes organismos de uma comunidade foram relacionados ao conceito de sucessão ecológica e só foram suscitados pelos alunos quando discutiam seus diferentes pontos de vista sobre o conceito.

6.2.3. Aspectos epistemológicos

As concepções construídas pelos alunos, ao longo das atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, desenvolvidas no primeiro semestre de 2009, foram aplicadas nas propostas de sequências didáticas para o Ensino Médio de Biologia. Verificamos que os alunos, organizados em pequenos grupos, traduziram a construção epistemológica proposta: [ambiente externo (ecológico-evolutivo) [organismo [ambiente interno (genético- molecular)]]] em diferentes metodologias didáticas. Diante da análise das sequências didáticas elaboradas, consideramos que as discussões ocorridas no Grupo, ao longo do semestre, foram percebidas pelos alunos, em diferentes níveis de aprofundamento, se concretizando em diferentes propostas didáticas, sendo mais coerentes aquelas que não perderam de vista o ensino de conceitos biológicos de forma integradora.

Em relação aos campos teóricos da Ecologia, é necessário explicar que estes não são consensuais nem entre os ecólogos. Scarano e Dias (2004) descrevem esses campos como paradigmas ecológicos: o populacional e o ecossistêmico. Para os autores, a própria definição do conceito “ecologia” proposto por Likens (1992) - “o estudo científico de processos que influenciam a distribuição e abundância de organismos, a interação entre os organismos e a interação entre organismos e a transformação e fluxo de energia e matéria” – depreenderia que: ecossistema é composto por organismos com determinada distribuição e abundância (estudo de populações) que interagem, em maior ou menor grau, entre si (estudo de comunidades) e com o meio abiótico (estudo de ecofisiologia) e afetam e são afetados, em maior ou menor grau, pela transformação e fluxo de energia e matéria (estudo de ecossistemas) (SCARANO; DIAS, 2004, p. 43). Todavia, ressaltam que, para entender o funcionamento de ecossistemas, é preciso transitar pelas “sub-disciplinas” da Ecologia (populações, comunidades, ecofisiologia e ecossistemas) e pelos distintos componentes do ecossistema (produtores, consumidores, decompositores) de forma integrada, mas “tal esforço

não é tônica entre os ecólogos no Brasil e no mundo, mas será essencial para avanços teóricos e práticos” (SCARANO; DIAS, 2004, p. 43).

O estudo sobre os aspectos epistemológicos da Ecologia auxiliou os alunos a entenderem seus diferentes campos teóricos. Assim, inicialmente, não entendiam a constituição das disciplinas de Ecologia (ecologia de populações, ecologia de comunidades, ecologia de ecossistemas) na grade curricular do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas que frequentavam. Depois que estudaram e discutiram no Grupo esses diferentes campos teóricos, passaram a entender essas tradições de pesquisas, relacionando-as com a construção da ciência ecológica e seu objeto de estudo. De qualquer forma, mesmo fazendo essas relações, ainda discutiram os possíveis conflitos que poderiam existir ao adotar, durante o ensino de conceitos ecológicos, uma abordagem baseada apenas em uma determinada perspectiva teórica.

CAPÍTULO 7 – ANÁLISE SEMIÓTICA DO PROCESSO

O exercício teórico-metodológico, de elaborar esquemas representativos e explicativos do conhecimento biológico, tem sido realizado por pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia. Meghioratti (2009) considerou o conceito de organismo como um elemento estruturante do conhecimento biológico e propôs, para o desenvolvimento de sua pesquisa, categorias de análise apoiadas no estruturalismo hierárquico de Salthe (1985; 2001), tais como: [Ambiente Externo (nível ecológico [Organismo (nível orgânico) [Ambiente Interno (nível genético/molecular)]]].

Os dados coletados e analisados na presente pesquisa subsidiaram a proposição de um diagrama sobre os estudos ecológicos. Para melhor entender sua construção, faz-se necessário explicitar a evolução da pesquisadora ao concluir esta pesquisa. Para a essa descrição, utilizamos o referencial teórico da semiótica peirceana.

Mediante a exposição de Silveira (2007, p. 38), esclarecemos que:

A semiótica é uma ciência formal que tem por objetivo estabelecer como deve ser todos os signos para uma inteligência capaz de aprender através da experiência. Deve, pois, conjugar dois aspectos para constituir-se: construir diagramas que lhe permitam explicitar as relações essenciais na constituição dos signos como pensamento e conferir como base para esta construção os elementos fundamentais com os quais se compõe o universo de todo e qualquer experiência. Deverão daí resultar as formas permitidas para a representação da realidade fenomênica. O diagrama básico do signo, submetido às exigências e às restrições da experiência possível, dará lugar a classe de signos que deverão contemplar em seus componentes essenciais todas as classes de pensamento que uma inteligência capaz de aprender, e, conseqüentemente, com experiência, recorre na determinação da conduta.

O diagrama básico da representação do pensamento mediado por signos está representado pelas categorias de Primeiridade, Secundidade e Terceiridade. Para Peirce:

Primeiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, positivamente e sem referência a qualquer outra coisa. Secundidade é o modo de ser daquilo que é tal como é, com respeito a um segundo, mas independente de qualquer terceiro. Terceiridade é o modo de ser daquilo que é tal como é, colocado em relação recíproca um segundo e um terceiro (CP 8.328)

Deste modo, primeiramente, ao estruturarmos a presente pesquisa, recorremos a um diagrama semiótico para ancorar o pensamento do pesquisador e permitir avanços e correções de rumo. Assim, para explicar a dinâmica dos fenômenos ecológicos, foi elaborado um diagrama representativo da organização dos conceitos ecológicos, construído por meio do referencial teórico da semiótica peirceana, e que serviu de proposta investigativa. Este diagrama inicial foi descrito no Capítulo 3.

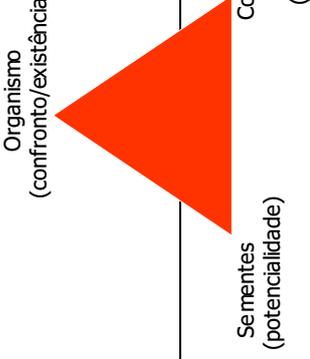
Em um segundo momento, passamos a confrontar essas ideias iniciais, sobre a organização dos conceitos ecológicos, nas atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia. Elaboramos, nesta fase da pesquisa, um diagrama representativo da estrutura da pesquisa (Figura 1: Estrutura da pesquisa), assim como da estrutura de análise dos dados coletados (Figura 2: Estrutura de análise dos dados). Dessa forma, a análise do percurso de elaboração de pesquisas de iniciação científica; a análise das atividades desenvolvidas no Grupo, no primeiro semestre de 2009; e a produção do material didático complementar sobre a biodiversidade do cerrado, nos forneceram elementos sobre:

- **os aspectos didáticos:** (1) fragmentação do conhecimento biológico no ensino; (2) utilização, em manuais didáticos e discursos de professores, de exemplos descontextualizados na explicação de conceitos ecológicos; (3) dificuldades enfrentadas, pelos integrantes do grupo, na transposição didática de conceitos biológicos e ecológicos de maneira integrada;
- **os aspectos conceituais:** (1) sucessão ecológica; (2) interações ecológicas; (3) cadeia alimentar; (4) níveis trópicos; (5) nicho ecológico; e outros;
- **os aspectos epistemológicos:** (1) campos teóricos da Ecologia (ecologia de populações, ecologia de comunidades, ecologia de ecossistemas e ecologia humana); (2) história da Ecologia; (3) *status* de ciência e fundamentos da Ecologia.

Esses elementos subsidiaram, num terceiro momento, a elaboração de um diagrama sobre estudos ecológicos, que está sendo proposto para demonstrar a evolução epistemológica no campo da Ecologia que a presente pesquisa nos proporcionou. Esse diagrama se caracteriza como um ensaio desta pesquisadora, e ainda se encontra em estado germinal e passível de críticas.

De acordo com o quadro categorial lançado por Peirce, por meio do diagrama básico do signo, relacionamos as três principais etapas de desenvolvimento desta pesquisa, descrita objetivamente acima, e apresentamos a seguir, de forma sistematizada, o Quadro 18, que configura a evolução desta pesquisadora e os diagramas produzidos ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

Quadro 18: 1ª Fase: Exercício inicial que proporcionou a elaboração da proposta investigativa no campo das relações ecológicas

Categorias semióticas	Confronto inicial	Diagrama elaborado
<p>Primeiridade: “potencialidade, presente naquilo que é livre, novo, espontâneo e casual”</p>	<p>⇒ exercício de reorganização conceitual em uma área da Ecologia</p>	<p>⇒ proposição de um diagrama semiótico com categorias ecológicas:</p> <div style="text-align: center;">  </div>

Quadro 18 (cont.): 3ª Fase: As conclusões possíveis em nível de generalidade e passíveis de novas significações em constante processo sógnico

Categorias semióticas	As sínteses parciais para a elaboração do diagrama final (ainda que não definido)	Diagrama proposto
<p>Terceiridade: “generalidade, característica do contínuo, do pensamento e da lei”</p>	<p>⇒ utilização de conceitos ecológicos e biológicos</p> <p>⇒ utilização de estudos fenológicos</p> <p>⇒ discussão sobre os campos teóricos da Ecologia</p> <p>⇒ abordagem dos níveis ontogenéticos e filogenéticos na explicação de conceitos ecológicos</p>	<p>Exposto no item (7.1.)</p>

7.1. Diagrama sobre estudos ecológicos

A presente pesquisa explorou, com grande ênfase, os conceitos de sucessão ecológica e interações ecológicas. Assim, discorreremos de maneira breve, os pressupostos teóricos que subsidiaram a elaboração do diagrama sobre os estudos ecológicos. O conceito de sucessão ecológica faz parte do corpo teórico de ecologia de comunidades. Contudo, por articular vários conceitos, procuramos explorar, de forma integrada, conceitos pertinentes à ecologia de populações e ecologia de ecossistemas.

Comunidade biológica é um todo complexo formado pela coexistência de organismos (plantas, animais e microorganismos), e as relações de alimentação e outras interações entre essas entidades biológicas. As inter-relações que ocorrem dentro de uma comunidade dirigem o fluxo de energia e o ciclo dos elementos dentro do ecossistema, além de influenciarem os processos populacionais, determinando as abundâncias relativas dos organismos. Por selecionarem os genótipos, as inter-relações dentro de uma comunidade influenciam a evolução das espécies coexistentes (RICKLEFS, 2003). Cada população dentro de uma comunidade está voltada para a sua sobrevivência, influenciada pela seleção natural que tende a maximizar o resultado reprodutivo de cada indivíduo. Os esforços predatórios entre os indivíduos que formam a comunidade apresentam, como resultado, o fluxo de energia e nutrientes presentes no ecossistema.

Begon et al (2007) explanam que o comportamento de uma população pode ser explicado segundo o comportamento dos indivíduos que a constituem e, por sua vez, as atividades em nível populacional (densidade, razão sexual, estrutura etária, taxas de natalidade e imigração, mortalidade e emigração) tem conseqüências para o outro nível de organização biológica, a comunidade. Portanto, “a natureza da comunidade é obviamente mais do que a soma de suas espécies constituintes” e, dessa forma, “existem propriedades

emergentes que aparecem quando a comunidade é o foco de atenção” (BEGON et al, 2007, p. 469). Para os autores:

A ecologia de comunidades procura entender a maneira como agrupamentos de espécies são distribuídos na natureza e as formas pelas quais tais agrupamentos podem ser influenciados pelo ambiente abiótico e pelas interações entre populações das espécies (BEGON et al, 2007, p. 469).

Para Begon et al (2007), discernir e explicar padrões emergentes dessa ampla gama de influências tem sido um desafio para ecólogos de comunidades.

De maneira geral, Begon et al (2007) esclarecem que as espécies que se reúnem para formar uma comunidade são determinadas por fatores como: restrições em dispersões, restrições ambientais e dinâmicas internas. Além de propriedades coletivas diretas, tais como diversidade em espécies e biomassa, que podem ser identificadas e estudadas a partir de uma comunidade, os indivíduos de mesma espécie ou de espécies diferentes interagem entre si em processos de mutualismo, parasitismo, predação e competição.

Nesta perspectiva, os diferentes campos teóricos da Ecologia (ecologia de populações, ecologia de comunidades, ecologia de ecossistemas) foram organizados de maneira que possam ser estudados e discutidos de forma integrada. No ensino brasileiro, o tratamento dessas áreas e de seus conceitos ocorre de forma fragmentada e linear e, muitas vezes, sem que seja consideradas as variáveis tempo e espaço. Cada um dos sistemas ecológicos estudados parece ter se organizado em uma simples hierarquia escalar de tamanho: um conjunto de indivíduos de mesma espécie compõe uma população; conjuntos de populações compõem comunidades; conjuntos de comunidades e as interações estabelecidas entre os organismos vivos e os fatores físicos, compõem um ecossistema. Essa visão, muitas vezes, não permite o entendimento sobre a complexidade dos processos internos de cada um desses sistemas e que são determinantes para constituir essas formas de organizações biológicas. Nessa proposta não adentramos essas discussões, pois, como já mencionado, faz-se necessário o aprofundamento teórico desses campos de pesquisas.

Mediante estes pressupostos, organizamos o diagrama proposto em dois níveis de estudos que comportam, respectivamente, os processos ontogenéticos e os processos filogenéticos.

Na perspectiva ontogenética, que diz respeito ao nível de cada organismo, retomamos o diagrama semiótico com categorias ecológicas, proposto inicialmente, e adentramos os conceitos ecológicos específicos que podem ser explorados por meio dele. Estes conceitos estão explicitados no próprio diagrama.

Assim, o signo primário seria composto pela relação entre a potencialidade presente nas sementes (genoma) que, em confronto com os componentes ambientais, se expressam nos organismos vivos. Este existente, determinado aqui como um organismo que mantém interações com outros seres vivos e com o ambiente, compondo seu nicho ecológico, comporta-se como objeto da tríade, que interpreta a relação que se mantém na continuidade das espécies. O signo primário e a semiose desencadeada estão inseridos no *continuum* espaço/tempo.

O nicho ecológico é a categoria que representa a relação entre organismo-ambiente e que, ao longo da variação espaço/tempo, sofrerá interações com outros nichos. Essas interações entre os organismos determinarão a continuidade das espécies que restabelecerão a vida em um determinado local.

Pinto-Coelho (2000, p. 125) explica que uma comunidade pode ser vista como uma constelação de nichos, e que a sucessão ecológica estaria operando dentro de cada um deles. Considera que os atributos de uma comunidade, como o número de espécies e suas abundâncias relativas, são medidas superficiais que refletem as características do habitat ou as interações entre as espécies e, assim, os padrões que observamos na estrutura de uma comunidade nada mais seriam do que resultados de interações ecológicas e evolucionárias entre populações que a compõem (PINTO-COELHO, 2000).

A seguir, apresentamos o diagrama sobre estudos ecológicos elaborado nas duas perspectivas expostas.

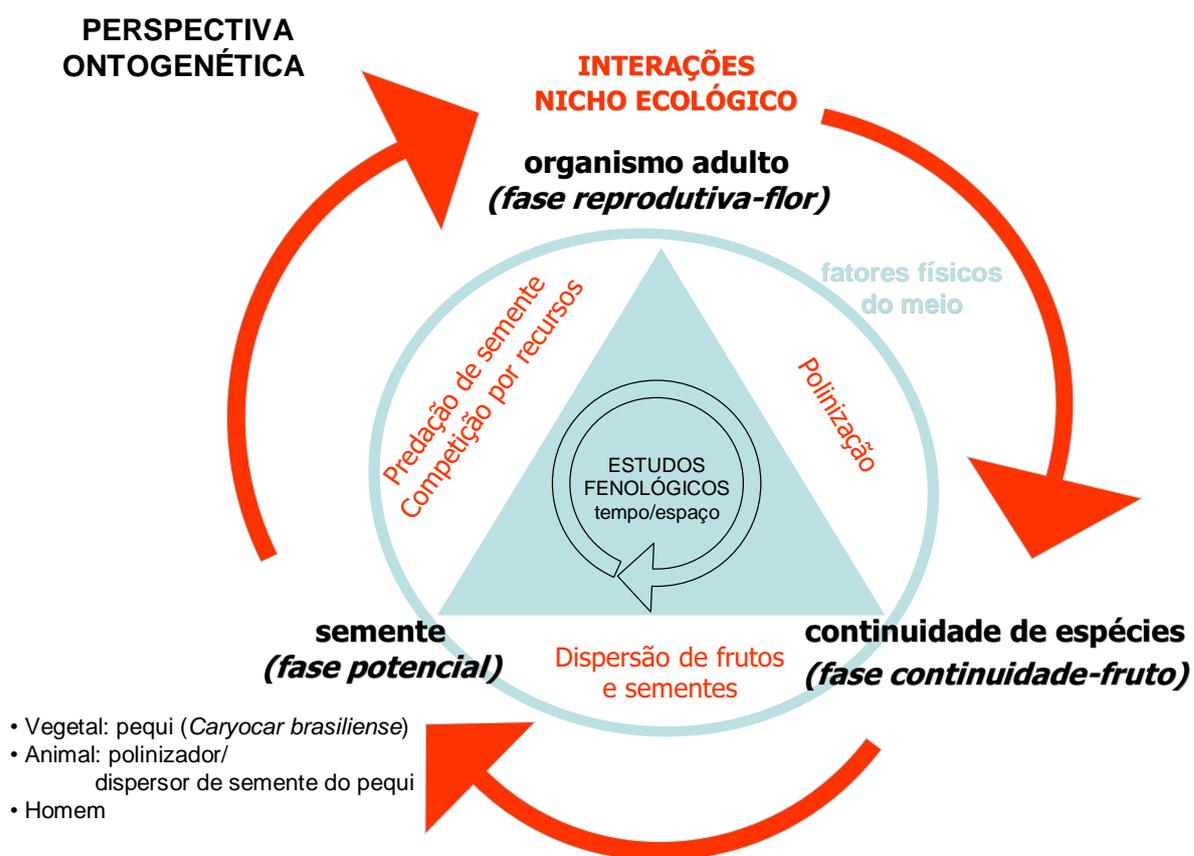


Figura 10: Diagrama sobre estudos ecológicos na perspectiva ontogenética

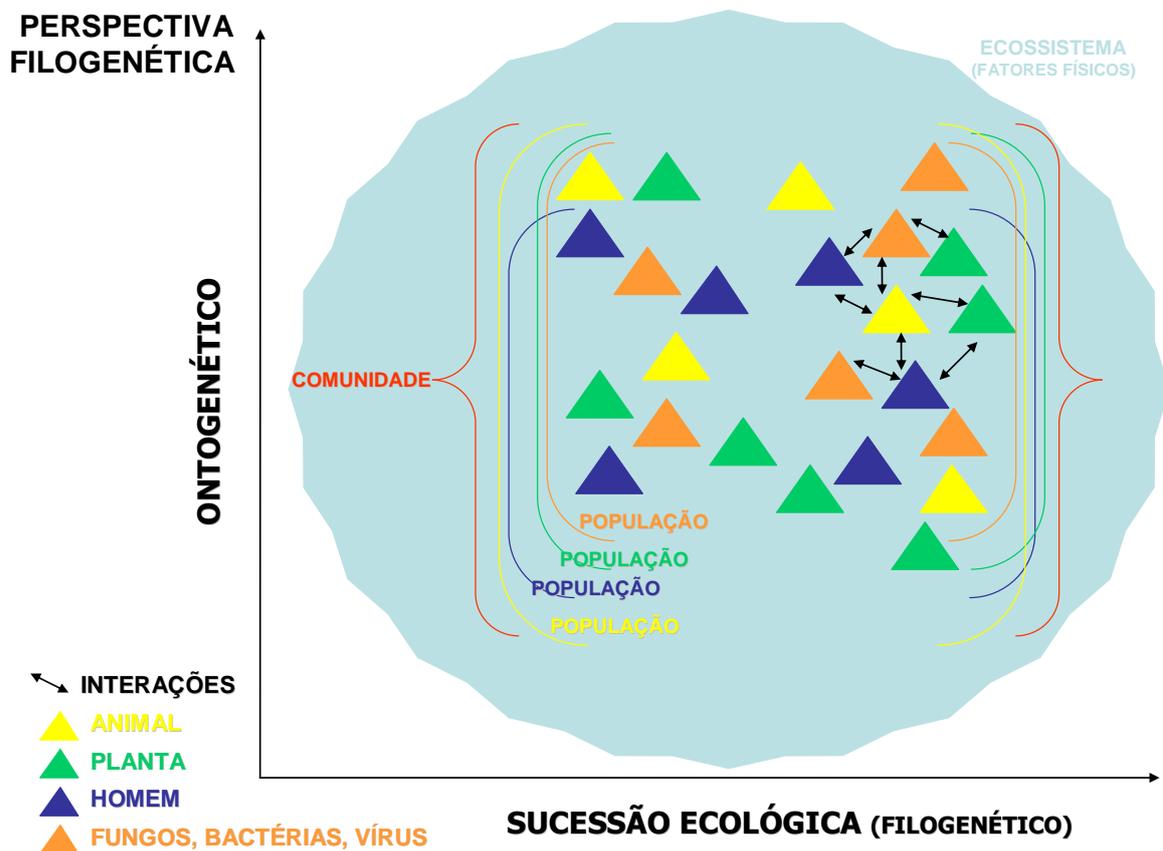


Figura 11: Diagrama sobre estudos ecológicos na perspectiva filogenética

Na perspectiva filogenética, que compreende o desenvolvimento de espécies ou linhagens, poderíamos organizar o diagrama semiótico com categorias ecológicas no nível ontogenético para qualquer espécie, seja ela uma planta ou um animal, inclusive o homem. Esses organismos vivos estariam dispostos em um determinado lugar, em um determinado instante, estabelecendo as mais variadas formas de relações e interações entre eles e com os fatores físicos do meio. Por exemplo: se estabelecermos, no diagrama semiótico em nível ontogenético, as categorias ecológicas para uma espécie de planta e para uma espécie animal, presentes em uma comunidade, poderíamos descrever as relações e interações possíveis de se

estabelecerem: a polinização, a predação de sementes, a competição por recursos, enfim, qualquer interação possível de ocorrer. Inserindo o homem neste contexto, poderíamos verificar tantas outras interações e principalmente, analisar aquelas em que a ação humana no meio se faz de maneira prejudicial. As populações, as comunidades e os ecossistemas podem se manifestar nas mais diferentes configurações, dependendo da dinâmica das interações estabelecidas entre os elementos bióticos e abióticos ao longo do tempo e do espaço.

Esse modelo poderia servir de base para o desenvolvimento de pesquisas em ensino, simulando novas sequências didáticas e verificando o desempenho dos alunos mediante essas propostas.

Entendemos que a proposição de diagramas realizado por esta pesquisadora, ao longo do desenvolvimento de sua pesquisa, proporcionou-lhe a articulação entre os campos conceituais, didáticos e epistemológicos da Ecologia. Além disso, o espaço de estudos e discussões ocorridos com os alunos de Licenciatura em Ciências Biológicas e que subsidiaram a elaboração desses diagramas pela pesquisadora, poderia ser sistematizado, nos cursos de graduação, proporcionando aos alunos a oportunidade de organizarem o seu conhecimento, além da forma disciplinar.

8. CONCLUSÕES

O ensino de Ecologia, em manuais e no tratamento didático por parte de professores de Educação Básica, tem se apresentado, de maneira geral, descontextualizado. É comum o uso de ecossistemas estrangeiros para ilustrar os manuais didáticos, e os conceitos são abordados de forma fragmentada, tratados em diferentes disciplinas ou eixos temáticos (Zoologia, Botânica, Fisiologia, Anatomia vegetal e animal e outras) que desconsideram a interdependência entre mesmos. Somadas a isso, as abordagens didáticas na Ecologia, geralmente reducionistas, não consideram a complexidade dos fenômenos ecológicos locais, a história da ciência ecológica e suas implicações na sociedade atual. Mediante esses pressupostos, desenvolvemos a presente pesquisa.

Inicialmente, foram propostos objetivos que nos permitiram iniciar o processo de investigação. Para ancorar o pensamento do pesquisador e permitir avanços e correções de rumo, foi proposto inicialmente um diagrama semiótico com categorias ecológicas, pelo qual pudesse ser explorada uma ampla gama de conceitos de forma interdependente.

Na medida em que esta pesquisa foi se desenvolvendo, pudemos focar o processo em como os alunos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, em formação inicial, participantes do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, entendiam a ciência ecológica e poderiam desenvolver metodologias para o seu ensino.

Assim, explicitamos nossas conclusões em diferentes eixos.

Em relação ao ensino de Ecologia:

- o ensino de Ecologia, na forma como vem sendo ministrado na Educação Básica e na Educação Superior, não propicia aos alunos uma compreensão conceitual de forma integrada, pois os conceitos são tratados isoladamente nas diferentes disciplinas

referentes à Ecologia (ou dentro de uma mesma disciplina), não oferecendo aos alunos possibilidades de os reagruparem em uma rede conceitual mais complexa, características de processos ecológicos e biológicos;

- os alunos de Educação Básica devem vivenciar situações didáticas que lhes permitam, ao final do estudo de um conceito, que lhes foi apresentado por partes ou fases, o entendimento do processo como um todo. Se os professores e os manuais didáticos, não lhes derem essa orientação, dificilmente conseguirão estipular relações mais complexas entre os fenômenos apresentados;
- a utilização de exemplos descontextualizados, na explicação de conceitos ecológicos, durante o ensino de Ecologia na Educação Básica, não permite a esses alunos uma aprendizagem significativa desses conceitos. Assim, inferimos a necessidade de desenvolvimento de pesquisas científicas na área de ensino de Ecologia, que utilizem os dados empíricos levantados pelas pesquisas específicas (tais como aqueles levantados pelos pesquisadores do projeto Biota - FAPESP) e as recontextualizem para serem utilizadas como instrumento de ensino pelos professores de Educação Básica;
- ao longo do processo de orientações de pesquisas em iniciação científica, constatamos as dificuldades metodológicas por parte dos alunos, como ao proporem um esquema e um texto explicativo para o processo de sucessão ecológica, ou sequências didáticas sobre o conceito de interações ecológicas. À medida que os alunos precisavam discutir teoricamente os conceitos, faltavam-lhes subsídios (conceituais, didáticos e epistemológicos) para a apresentação de propostas que suprissem as distorções conceituais presentes nos manuais didáticos analisados. Assim, se constataram as dificuldades oriundas das próprias falhas de formação na Educação Básica;

- o desenvolvimento de pesquisas de iniciação científica permitiu aos alunos um exercício teórico-metodológico importante na formação inicial. Entendemos que houve avanços, principalmente, porque os alunos objetivaram trabalhar conceitos ecológicos – explorados e investigados por meio de produções científicas na área – juntamente com a avaliação de materiais didáticos e a proposição de outras formas de ensinar. Esse conjunto de fatores deve servir de base para o desenvolvimento de outros trabalhos da mesma natureza, pois demonstraram potencialidade em articular elementos fundamentais para o exercício de transposição didática. Entre eles, destacamos: a identificação de conhecimento científico específico (sucessão ecológica, interações ecológicas, fenologia); a elaboração de estratégias que pudessem instrumentalizar o professor, tanto em relação à aplicação de uma prática com seus alunos, quanto na composição de um quadro teórico que o subsidiasse com conhecimentos e informações necessários à exposição dos temas versados; a elaboração de situações didáticas, nas quais alunos e professores pudessem juntos construir determinado conhecimento.

Em relação à compreensão da Ecologia como ciência durante a formação inicial:

- o estudo sobre os aspectos epistemológicos da Ecologia auxiliaram os alunos a entender seus diferentes campos teóricos, tais como a ecologia de populações, a ecologia de comunidades e a ecologia de ecossistemas. Ao aprofundarem seus estudos nessas perspectivas teóricas, os alunos passaram a entender essas tradições de pesquisas, relacionando-as com a construção da ciência ecológica e seu objeto de estudo;

- as referências sobre a relação homem e natureza foram recorrentes nas atividades do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia. Assim, inferimos a necessidade de inclusão mais efetiva da dimensão humana nas disciplinas de Ecologia e ciências naturais, procurando discutir as complexas relações estabelecidas entre o ser humano e o ambiente, tendo como pressuposto o conhecimento ecológico.

Em relação ao papel do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia como formador de professores e pesquisadores:

- o desenvolvimento de pesquisas e projetos de pesquisas pelos alunos se revelaram como fator determinante para desconstruir a idéia de pesquisador laboratorial. Apesar das dificuldades na definição de um objeto de estudo, no desenvolvimento da pesquisa, na elaboração de estratégias e metodologias de ensino, essa prática proporcionou aos alunos uma nova visão sobre o perfil de cientista. Esse desenvolvimento ampliou o conhecimento dos alunos sobre as pesquisas qualitativas no ensino de Ecologia. Infelizmente, o contato com pesquisas com esta abordagem não é estimulado no início do curso, e no decorrer da faculdade aparecem outras oportunidades de desenvolvimento em pesquisa, principalmente aquelas relacionadas às áreas específicas, de abordagem quantitativa, laboratorial ou de campo;
- o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia se revelou como um espaço no qual são oferecidas, aos licenciandos de Biologia, oportunidades para o desenvolvimento de pesquisas qualitativas em ensino de Biologia, não só no que diz respeito às questões do processo ensino-aprendizagem, mas de formação de conceitos científicos e práticas epistemológicas;

- o trabalho com conceitos ecológicos, mais especificamente os de sucessão ecológica e interações ecológicas, de forma aplicada e contextualizada – tal como foi discutido no grupo e investigado nas pesquisas de iniciação científica – se manifestou como uma forma significativa de construção de conceitos numa rede conceitual integrada. Assim, inferimos a necessidade de práticas didáticas com esta perspectiva, mediante a proposição de temas geradores, nos quais se enquadrem uma grande gama de conceitos que, ao serem selecionados e relacionados uns com os outros, passam a ser mais significativos para os alunos na explicação de processos e fenômenos ecológicos.
- o Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia tem sido fundamental para a realização de propostas de estudos e pesquisas sobre o ensino de Biologia. Foi por meio das discussões aprofundadas sobre Ecologia que está sendo possível formar, em nível inicial, professores/pesquisadores que elaboram e testam sequências didáticas com enfoque ecológico, e que foram fundamentais para constituir os dados da presente tese.

Finalmente, destaco meu próprio processo de evolução como pesquisadora. A tríade formada pelos aspectos didáticos, os aspectos conceituais e os aspectos epistemológicos, apresentados separadamente nesta pesquisa por uma questão meramente didática, me permitiu entender a complexidade da atividade docente, que se deve efetivar na interação entre esses três aspectos. Em relação ao ensino de Ecologia, percebo que esse entendimento torna-se urgente. Enquanto não entendermos as interações ecológicas de maneira aplicada, não conseguiremos lidar com a problemática ambiental que se evidencia pela ação humana extensiva no meio. Enquanto nós, homens, não entendermos que fazemos parte de processos ecológicos, interferindo no todo que é a biosfera, interagindo com organismos vivos e fatores físicos do meio e recebendo as consequências dessas formas de interações, dificilmente poderemos lidar com as catástrofes ambientais, cada vez mais

recorrentes nos dias atuais. Assim, acredito que o enfoque ecológico, durante o ensino de Biologia, revela-se como perspectiva importante na construção de conhecimentos biológicos de forma integrada, aplicada e atual.

REFERÊNCIAS

- ACOT, P. **História da Ecologia**. Tradução de Carlota Gomes. Rio de Janeiro: Campus, 1990.
- ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO, F. R.; MEGLHIORATTI, F. A.; JUSTINA, L. A. D.; CALDEIRA, A. M. A. Epistemologia da Biologia: uma proposta didática para o ensino de Biologia. In: ARAÚJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J.; CALDEIRA, A. M. A. (org). **Práticas integradas para o ensino de Biologia**. São Paulo: Escrituras, 2008. (Educação para a ciência; 8).
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. 740p.
- BELLINI, M. Epistemologia da Biologia: para se pensar a iniciação ao ensino das Ciências Biológicas. In: **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**. Brasília, v. 88, n. 218, p. 5-6, jan./abr. 2007.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.
- BIZZO, N. Ciências Biológicas. In: BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares nacionais do ensino médio**. Brasília: MEC, 2004. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/07Biologia.pdf>>. Acesso em 04 ago.2009.
- BRANDO, F. R.; CALDEIRA, A. M. A. Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos. In: MARTINS, L. A. P.; PRESTES, M. E. B.; STEFANO, W.; MARTINS, R. A. (eds.). **Filosofia e história da Biologia 2**. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa (MackPesquisa), 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**: Parte III. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em 04 ago. 2009.
- BRESCIANI, E. F.; D'OTTAVIANO, Í. M. L. Conceitos básicos de sistêmica. In: D'OTTAVIANO, Í. M. L.; GONZALES, M. E. Q. (eds.). **Auto-organização**: estudos interdisciplinares. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, p. 283-306, 2000. (Coleção CLE; v. 30).
- BSCS – Versão verde. **Guia do professor de Biologia**. Tradução da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências. São Paulo: Edart. 1972.
- CALDEIRA, A. M. A. **Semiótica e a Relação Pensamento e Linguagem no Ensino de Ciências Naturais**. Tese (Livre-docência). Faculdade de Ciências. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP – *Campus* Bauru, São Paulo. 2005.

- CALDEIRA, A. M. A. **Vida: uma constante experiência**. 1997. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, *Campus* de Marília, Universidade Estadual Paulista, Marília, 1997.
- CASTRO, A. A. J. F. **Florística e fitossociologia de um cerrado marginal brasileiro, parque estadual de Vassununga, Santa Rita do Passa Quatro – SP**. Campinas, 1987. 243p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista.
- CAVASSAN, O. O cerrado do Estado de São Paulo. In: _____; KLEIN, A.L. (org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois**. São Paulo: Unesp, 2000. p. 93-106.
- CAVASSAN, O. **Florística e fitossociologia da vegetação lenhosa em um hectare de cerrado no parque ecológico municipal de Bauru (SP)**. Campinas, 1990. 206p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- COELHO, A. S., LOYOLA, R. D., SOUZA, M. B. G. (eds.). **Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil**. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, R. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist** **111**: 1119-1144, 1977.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**. v. 20, n.1 p.13-23. 2006.
- COUTINHO, L. M. O bioma cerrado. In: _____; KLEIN, A.L. (org.). **Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois**. São Paulo: Unesp, 2000. p. 77-91.
- COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**. v.1, n.1, p.17-23.1978.
- CRAWLEY, M. J. **Planet ecology**. 2 ed. Oxford: Blackwell Science Ltd, 1997. 717 p.
- CURTIS, H. **Biologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara – Koogan, 1977. 964 p.
- DROUIN, J. **Reinventar a natureza**. Tradução de Armando Pereira da Silva. Lisboa: Instituto Piaget, 1991.
- DURIGAN, G.; BAITELLO, J. B.; FRANCO, G. A. D. C; DE SIQUEIRA, MARINEZ FERREIRA. **Plantas do Cerrado Paulista – Imagens de uma paisagem ameaçada**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2004. 474p.
- DURIGAN, G. et al. Fitossociologia e evolução da densidade da vegetação do cerrado de Assis, SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v.41, p. 59-78, 1987.
- EL-HANI, C. N. et al. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, 9 (3), pp. 265-313, 2004.
- EL-HANI, C. N. Uma ciência da organização viva: organicismo, emergentismo e ensino de Biologia. In: SILVA FILHO, W. et al. **Epistemologia e ensino de ciências**. Salvador, BA: Arcádia, 2002, p. 199-242.

EMMECHE, C; EL-HANI, C. N. Definindo vida. In: EL-HANI, C. N. e VIDEIRA, A. A. P. (orgs). **O que é vida?** Para entender a Biologia do século XXI. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000, p. 31-56.

FARACO, A. G. **Composição florística e estrutura fitossociológica de uma área de cerrado pertencente ao Campus de Bauru da Universidade Estadual Paulista – UNESP, SP.** Botucatu, 2007. 112f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

FELFILI, J. M. et al. . Estudo fenológico de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville no cerrado sensu stricto da Fazenda Água Limpa no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo. V.22, n.1, 1999. Disponível em: <[HTTP://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010084041999000100011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010084041999000100011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 30 set 2008.

FELTZ, B. Le réductionnisme em biologie. Approches historique et épistemologique. In: **Revue Philosophique de Louvain**. Belge/France: Institut Supérieur de Philosophie. Tome 93, p. 9-32, 1995.

FERNANDES, G. W. Apresentação. In: COELHO, A. S., LOYOLA, R. D., SOUZA, M. B. G. (eds.). **Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil**. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.

FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2004. 312 p.

FRACALANZA, D. C. **Crise ambiental e ensino de Ecologia: o conflito na relação homem e mundo natural**. 1992. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Educação. Campinas, SP, 1992.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. **Morfologia Vegetal – Organografia e Dicionário Ilustrado de Morfologia das Plantas Vasculares**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2007.

GUTMANN, M.; NEUMANN-HELD, E. The theory of organism and the culturalist foundation of biology. In: **Theory in Biosciences**. V.119, n. 3-4, p. 276-317, 2000.

HOFFMEYER, J.; EMMECHE, C. Code-duality and the semiotics of nature. In: Anderson e Merrel (orgs). **On semiotic modeling**. Berlin: Mouton de Gruyter, p. 117-166, 1991.

JACOMASSI, E. **Morfoanatomia e histoquímica de órgãos vegetativos e reprodutivos de *Brosimum gaudichaudii* Trécul**. 2006. 73f. Tese (Doutorado em Botânica) – Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

KNOECHELMANN, C. MORAIS, H.C. Visita de formigas (Hymenoptera, Formicidae) a nectários extraflorais de *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Cov. (Fabaceae, Mimosoideae) em uma área de cerrado frequentemente queimado. **Revista Brasileira de Zoociências**. Rio de Janeiro, v.10, n.1, p.35-40, abr.2008. Disponível em: < http://www.zoociencias.ufjf.br/artigo/5._knoechelmann_&_moraes.pdf> Acesso em: 30/09/2008.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo Perspec.**, São Paulo, 2000, v. 14, n. 01, p. 85 – 93.

- KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. 3 ed. São Paulo: Harbra, 1996. 267 p.
- LACREU, L. I. Ecologia, Ecologismo e abordagem ecológicas no ensino de ciências naturais: variações de um tema. In: WEISSMANN, H. **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. 244 p.
- LALANDE, A. **Vocabulário técnico e crítico da filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- LEFF, E. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003. 342 p.
- LEWINSOHN, T. M. Em busca do Mons Venneris: é possível unificar as ecologias de comunidades? In: COELHO, A. S.; LOYOLA, R. D.; SOUZA, M. B. G. (orgs.). **Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da Ecologia no Brasil**. Belo Horizonte: O Lutador, p. 105-122, 2004.
- LEWONTIN, Richard. **A tripla hélice: gene, organismo e ambiente**. Tradução de José Viegas Filho. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- LIETH, H. Introduction to phenology and modeling of seasonality. In: **Phenology and seasonality modeling**. Berlin, v.8, 1974, p. 3-19.
- LOYOLA, R. D.; SOUZA, M. B. G.; COELHO, A. S. Desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil. In: COELHO, A. S., LOYOLA, R. D., SOUZA, M. B. G. (eds.). **Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil**. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- LOPES, S.; ROSSO, S. **Biologia-** volume único. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MARTINS, R. P.; COUTINHO, F. A. O fantasma teoria. In: COELHO, A. S., LOYOLA, R. D., SOUZA, M. B. G. (eds.). **Ecologia teórica: desafios para o aperfeiçoamento da ecologia no Brasil**. Belo Horizonte: O Lutador, 2004.
- MAYR, E.. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. Tradução de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. **O conceito de organismo: uma introdução à epistemologia do conhecimento biológico na formação de graduandos de biologia**. 2009. 254f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências, Bauru, 2009.
- MEGLHIORATTI, F. A.; ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO, F. R.; CALDEIRA, A. M. A. A compreensão de sistemas biológicos a partir de uma abordagem hierárquica: contribuições para a formação de pesquisadores. In: **Filosofia e História da Biologia**. 3 ed. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa, v. 3, p. 119-138, 2008.
- MEGLHIORATTI, F. A.; ANDRADE, M. A. B. S.; BRANDO; CALDEIRA, A. M. A. A formação de pesquisadores em epistemologia da biologia. In: MORTIMER, E. F. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007, Florianópolis: ABRAPEC, 2007.
- MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; BORTOLOZZI, Jehud. O conceito de interação na organização dos seres vivos. In:

PRESTES, M. E. B.; MARTINS, L. A. P.; STEFANO, W. (orgs). **Filosofia e história da biologia 1**. São Paulo: Fundo Mackenzie de Pesquisa – MackPesquisa, p. 91-105, 2006.

NÖTH, Winfried. **A semiótica no século XX**. São Paulo: Annablume, 1996.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Tradução de António Manuel de Azevedo Gomes. 7 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. 928 p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983, 434p.

OLIVEIRA, P. S.; PIE, M. R. Interaction Between Ants and Plants Bearing Extrafloral Nectaries in Cerrado Vegetation. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. Campinas, v.27, n.2, p.161-176, 1998. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/aseb/v.27n2/v27n2a01.pdf>>.

OLIVEIRA e SOUZA, M. H. A. **Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da represa do Lobo (Brotas – Itirapina, SP)**. São Paulo, 1977. 369p. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

PAGANO, S. N.; CÉSAR, O.; LEITÃO-FILHO, H. F. Composição florística do estrato arbustivo-arbóreo da vegetação de cerrado da área de proteção ambiental (APA) de Corumbataí – Estado de São Paulo. **Rev. Bras. Biol.**, v. 49, p.37-48, 1989.

PATTON, M. Q. **Qualitative research and evaluation methods**. 3ª ed. Sage Publications, 2002.

PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; SANTOS, F. A. M. Fenologia da copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf. - Leguminosae, Caesalpinioideae) em uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.183-194, jun. 2002.

PEIRCE, C. S. **Collected papers of Charles S. Peirce**. 8 vols. Editado por Hartshorne, Charles, Paul Weiss e Arthur Burks. Cambridge, MA. Harvard University Press. 1931-1958. [As citações aparecerão como CP seguido por volume e número do parágrafo]

PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 1995.

PINHEIRO da SILVA, P. G.; CAVASSAN, O. A influência da imagem estrangeira para o estudo da Botânica, no Ensino Fundamental. In: **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, 2005.

PINTO-COELHO, R. M. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

PITÉ, M. T. R.; AVELAR, T. **Ecologia das populações e das comunidades: uma abordagem evolutiva do estudo da biodiversidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

QUEIROZ, J. **Semiiose segundo C. S. Peirce**. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2004.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara – Koogan, 2003. 503 p.

RICKLEFS, Robert E. **A economia da natureza**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,

1996.

RISSI, M. N. **Espécies de vochysiaceae presentes no cerrado do Câmpus de Bauru da Unesp: uma contribuição ao programa "Passeando e aprendendo no cerrado"**. Bauru, 2008. 94f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura - Ciências Biológicas) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista.

RUIZ-MIRAZO, K.; ETXEBERRIA, A.; MORENO, A.; IBÁÑEZ, J. Organisms and their place in biology. In: **Theory in biosciences**. v. 119 n. 3-4, p. 209-233, 2000.

SALTHER, S. **Summary of the Principles of Hierarchy Theory**, 2001. Disponível em: http://www.nbi.dk/~natphil/salthe/Hierarchy_th.html. Acesso em 22 de junho de 2006.

SALTHER, S. **Evolving hierarchical systems: their structure and representation**. New York: Columbia University Press, 1985.

SAMPAIO, E. S.; ALMEIDA, A. A. Morfologia floral e biologia reprodutiva de *Pyrostegia venusta* (Bignoniaceae) na região urbana de Curitiba, Paraná. **Acta Biológica Paranaense. Paraná**, v.24, n.1,2,3,4, p.25-31, 1995. Disponível em:<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/acta/article/view/701/559>>

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.

SCHRAMM, F. R.; SILVA, E. R. Os autores respondem. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, set. 1997. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1997000300012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 04 ago. 2009. doi: 10.1590/S0102-311X1997000300012.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. EINTEIN, G. Fitossociologia de um hectare de cerrado. **Brasil Florestal**, v.54, p. 55-70, 1983.

SILVEIRA, L. F. B. **Curso de semiótica geral**. São Paulo: Quartier Latin, 2007.

SILVEIRA, L. F. B. Acaso, existência e lei num universo em evolução. **Cognitio Revista de Filosofia** (1): 127-137, 2000.

SILVEIRA, L. F. B. A iconicidade dos signos lingüísticos e algumas de suas consequências. Pp. 35-53, *in*: OLIVEIRA, Sergio Lopes; PARLATO, Erika Maria; RABELLO, Silvana (orgs). **O falar da linguagem**. São Paulo: Lovise, 1996. (Linguagem, 1).

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Clareira naturais e a riqueza de espécies pioneiras em uma floresta atlântica Montana. **Rev. Brasil. Biol.**, v. 59, n. 2, p. 251-261, 1998.

TOLEDO FILHO, D. V. **Composição florística e fitossociológica da vegetação de cerrado no município de Luís Antonio (SP)**. Campinas, 1984, 173p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

VIANNA, D. M.; CARVALHO, A. M. P. (2001). Do fazer ao ensinar ciência: a importância dos episódios de pesquisa na formação de professores. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, 6 (2), pp. 111-132.

WEISER, V. L. **Árvores, arbustos e trepadeiras do cerradão do Jardim Botânico Municipal de Bauru, SP**. Campinas, 2007, 111 p. Tese (Doutorado em Ecologia) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.

WEISSMANN, H. **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões**. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ANEXOS

ANEXO A: Respostas escritas dadas ao Questionário 1

Questões	1. O que você entende por ecologia? Explique.	2. Existe(m) alguma(s) questão(ões) da(s) qual(is) lhe parece controversa(s) dentro deste campo de estudo? Por quê?	3. Qual sua opinião sobre os campos teóricos da Ecologia? Você identifica isso no ensino?	4. Para você, quais são os pressupostos ou fundamentos da ecologia? Discorra brevemente.
Aluno não identificado	<p>Ecologia é o estudo dos organismos e seu ambiente, estuda a interação desses organismos com o meio ambiente e o papel que esse organismo desempenha no meio.</p>	<p>Sim. A questão sobre controle de populações: flutuações e oscilações cíclicas (questão de conceitos).</p>	<p>Eu acho bom a ecologia se evidenciar no contexto de ensino sob diversas abordagens, como por exemplo, o assunto ecossistemas brasileiros na matéria geografia, abordando mais aspectos de vegetação.</p>	<p>Nicho ecológico (função do organismo no ambiente), organismo, fatores abióticos (interações ecológicas), fatores abióticos (luz, temperatura), habitat (“moradia”).</p>
Aluno 10	<p>Ecologia é a ciência que estuda a relação dos seres vivos entre si e destes com o meio. Seria todas as interações entre os seres vivos, como predação, escolha de habitat, reprodução, adaptação entre outros.</p>	<p>Eu não diria controversa, mas existem alguns pontos que, lembrando agora, me parecem um pouco estranhos. A questão da cadeia alimentar, por exemplo: particularmente eu acho que cadeias alimentares não existem, pois não acredito que haja uma espécie que se alimente exclusivamente de outra, e esta somente e exclusivamente de outra, e assim sucessivamente. Teias alimentares existem mas cadeias acho que não. Outro problema eu acho que é a separação entre ecologia animal e vegetal, relacionando pouco estas áreas de estudo. A questão da sucessão ecológica como algo previsível e determinado também não acho que seja adequado.</p>	<p>O ensino de ecologia deve ser bastante trabalhado, no entanto, é preciso ser muito discutido e refletido, para que não haja muitas controvérsias.</p>	<p>Para mim ecologia é a interação dos indivíduos, e os estudo desta ciência fundamenta-se nestas interações.</p>
Aluno 12	<p>Ecologia pode ser definida segundo vários autores, entretanto, a minha compreensão deste assunto refere-se ao estudo das relações e interações dos seres vivos entre eles e o ambiente (biótico + abiótico); não pensando apenas no nível macro, mas o micro também. Pensando os níveis podemos entender a relação entre o organismo e o nível externo (ambiente ao redor).</p>	<p>O aluno não respondeu esta questão.</p>	<p>Estudos ecológicos ou qualquer outro estudo sob diversas abordagens parece-me interessante, porque colabora em mostrar o caráter investigativo da ciência que muitas vezes pode discordar em alguns pontos e concordar em outros. Corroborar em transparecer a ciência não como algo pronto, mas como um processo.</p>	<p>Sendo o estudo das relações e/ou interações entre seres vivos (entre eles) e o ambiente.</p>

Aluno não identificado	Ecologia seria o estudo, a compreensão das interações entre os organismos e destes com o ambiente.	Interligar as outras matérias.	Isso é interessante, pois a ecologia interliga conceitos e conteúdos que estão separados didaticamente em matérias específicas e a Ecologia reúne e dá contexto para todas as matérias. Porém, não vejo isso ocorrendo muito na graduação.	O aluno não respondeu esta questão.
Aluno não identificado	Ecologia é o estudo das interações existentes no meio que englobam os fatores bióticos e abióticos. Pode ser definida como o estudo do ambiente que as espécies estão inseridas, seu habitat. Uma ciência que estuda o ambiente, organismos e suas interações	O estabelecimento de conceitos considero complicado, pois normalmente eles ao englobam todos os organismos. Ex: nicho ecológico. Não que me lembre agora.	A ecologia é um tema muito abrangente, por esse caráter está ligado a diferentes assuntos e dessa forma é muito interessante a abordagem por diversos ângulos.	O aluno não respondeu esta questão.
Aluno não identificado	É o estudo do meio ambiente (habitat) junto com todas as relações que ocorrem entre os seres vivos e entre os seres vivos e o próprio meio. Leva em conta os fatores bióticos e abióticos e suas inter-relações.	Não controversas, mas existem alguns assuntos que causam um pouco de receio na hora de explicar. Por exemplo: como diferenciar os fatores bióticos dos abióticos para as crianças. O que há também de grande dificuldade na Ecologia é diferenciar o cerrado do Brasil do cerrado savânico, levando em consideração o que os próprios alunos pensam sobre isso.	Acho importante a ecologia ser abordada de formas e em contextos diferentes, pois muitas vezes a ecologia é abordada somente no contexto de plantas e alguns animais. Não é inserido o homem, e o ambiente muitas vezes é abordado somente como “casa”, que atua somente com fatores abióticos que se auto-controlam e são independentes de seus organismos. Abordagens diferentes podem elucidar os conceitos.	As interações entre os organismos e o ambiente, como um interfere no outro, as dinâmicas de populações e comunidades, etc.
Aluno não identificado			Acho que a Ecologia acaba se evidenciando pelo fato de ser uma área que nos dá contato direto, relacionado com o nosso dia-a-dia. Por exemplo, se falarmos de um animal que está em seu meio natural, caçando ou comendo, automaticamente estamos fazendo analogia à Ecologia.	A Ecologia tem muita base da zoologia e da botânica.
Aluno 5	A Ecologia é uma parte da ciência que aborda estudos que caracterizam ambientes bem como as interações bióticas e abióticas que ocorrem no mesmo, sempre tendo como pressuposto a co-evolução organismo/ambiente.	Muitas vezes o ambiente é colocado como “superior”, no sentido de que pode haver ambiente sem organismo, e que é ele quem sozinho determina a “direção da evolução”.	Acho que a ecologia deve estar conectada com outros “ramos” da ciência, justamente para que se estude conjuntamente a evolução ambiente/organismo, procurando-se estabelecer relações recíprocas entre ambos.	A Ecologia deve se basear nas relações entre ambiente e organismo, nas interações abióticas e nas interações entre organismos, de que forma eles respondem as interações e a pressão evolutivos, com base em

				seus nichos ecológicos e com uma comparação entre as espécies.
Aluno não identificado	<p>Para mim, a Ecologia é a ciência que estuda o meio ambiente em que vivemos, as interações entre os seres vivos e destes como ambiente onde vivem.</p>	<p>A classificação dos ecossistemas parece uma questão controversa, porque não existe uma classificação única, porque ela depende da combinação de critérios e essa combinação gera diferentes interpretações. Claro que criar um sistema único é impossível, mas a diversidade de sistema gera sempre discussões controversas.</p>	<p>Acho importante a ecologia se evidenciar no ensino com diferentes formas, porque a partir dessa abordagem nos vemos como parte do ambiente e aprendemos a cuidá-lo melhor.</p>	<p>Os pressupostos da ecologia são que os indivíduos não são isolados: eles fazem parte de um meio físico, sobre o qual atuam e sofrem influência, além de atuarem uns com os outros recebendo e doando matéria e energia. Esse meio físico se altera e os organismos buscam se adaptar e sobreviver.</p>
Aluno 3	<p>O estudo do meio ambiente, incluindo os fatores bióticos e abióticos. Todas as interações e relações que acontecem tanto de ser vivo para ser vivo quanto de ser vivo para os fatores abióticos.</p>	<p>A questão de nicho ecológico ao meu ver é meio controversa, pois não se sabe ao certo definir o que é nicho ecológico. Muitos esquemas como o de sucessão ecológica, níveis de organização, são confusos, limitando o entendimento</p>	<p>Alguns pesquisadores acreditam que a ecologia não deveria ser dada como uma disciplina, e sim como um gancho que unisse todas as outras disciplinas. Algumas escolas usam a ecologia como uma bandeira ambiental. ao meu ver, a ecologia tem que ser dada como uma única disciplina, porém deve-se tentar relacionar a ecologia com o cotidiano.</p>	<p>O fundamento principal da ecologia ao meu ver é o de interações. É um fundamento muito importante, pois realmente estuda as relações entre os seres vivos. Outro pressuposto é o de que ecologia é o estudo do meio ambiente.</p>