



O conceito de interação Biológica/ecológica: contribuição aos estudos em epistemologia da biologia e ao ensino de Biologia

Fúlvia Eloá Maricato^{1*} e Ana Maria de Andrade Caldeira²

¹Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: femaricato@uem.br

RESUMO. A epistemologia da biologia tem sido objeto de várias discussões no campo da pesquisa em ensino de ciências e biologia. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi contribuir para trazer novas elaborações que enriqueçam essas discussões, evidenciando a importância e como essa epistemologia pode ser inserida no ensino de ciências e biologia. Assim, a presente investigação está ancorada em três pilares: (i) algumas reflexões acerca da epistemologia da biologia; (ii) importância e indefinições do conceito de interação biológica/ecológica na literatura; (iii) investigação empírica junto a um grupo de pesquisas acerca do referido conceito. As análises semióticas obtidas possibilitaram inferir que os sujeitos dessa pesquisa expressaram compreender a importância, a amplitude e a centralidade desse conceito para o conhecimento biológico; evoluíram de uma visão inicial em que compreendiam as interações biológicas restritas ao ambiente externo do organismo, para uma visão em que passaram a compreender as interações biológicas em vários níveis de organização dos seres vivos, avançando do pensamento sincrético/abduutivo para o dedutivo, passando pelo indutivo; preocuparam-se em como ensinar o conceito estudado aos seus futuros estudantes. Tais análises possibilitaram algumas reflexões que podem contribuir para a constituição de uma epistemologia da biologia sólida em seus diversos contextos, tendo como foco a formação inicial.

Palavras-chave: formação inicial de professores e pesquisadores, grupo de pesquisa, semiótica peirceana.

The Concept of Biological/Ecological interaction: contributions to studies in Epistemology of Biology and Biology Education

ABSTRACT. Epistemology of biology has been the subject of many discussions in the field of Science and Biology education. This study aimed to bring new elaborations to enrich these discussions, highlighting its importance and how this epistemology can be inserted in Science and Biology education. The presented investigation is anchored on three main pillars: (i) some reflections on epistemology of biology; (ii) the importance and vagueness of the concept of biological/ecological interaction in literature; (iii) the empirical investigation on epistemology of biology by this research group. The semiotic analysis allowed us to infer that the research subjects: expressed to understand the importance, amplitude and centrality of this concept to the Biology Knowledge; evolved from a starting vision in which it was only understood the biological interactions with the external environment to one in which we start to understand the biological interactions in several levels of organization thus, advancing from a syncretic/abductive thinking to a deductive reasoning, going through the inductive one; and are concerned on how to teach the studied concept to their future students. This analysis allowed some reflections that can contribute to a creation of a solid epistemology of biology in its many contexts, with the main focus on initial teacher training.

Keywords: initial researcher and teacher training, research group, Peirce's semiotics.

El concepto de interacción biológica/ecológica: contribución a los estudios en epistemología de la biología y a la enseñanza de biología

RESUMEN. La epistemología de la biología ha sido objeto de varias discusiones en el campo de la investigación en enseñanza de ciencias y biología. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue contribuir para traer nuevas elaboraciones que enriquezcan estas discusiones, evidenciando la importancia y el cómo esta epistemología puede ser insertada en la enseñanza de ciencias y biología. Así, la presente investigación está basada en tres segmentos: (i) algunas reflexiones acerca de la epistemología de la biología; (ii) importancia e indefiniciones del concepto de interacción biológica/ecológica en la literatura; (iii) investigación empírica junto a un grupo de investigaciones acerca del concepto señalado. Los análisis

semióticos obtenidos posibilitaron inferir que los sujetos de esta investigación relataron comprender la importancia, amplitud y centralidad de este concepto para el conocimiento biológico; evolucionaron de una visión inicial en que comprendían las interacciones biológicas restringidas al ambiente externo del organismo, para una visión en que pasaron a comprender las interacciones biológicas en varios niveles de la organización de los seres vivos, avanzando del pensamiento sincrético/abductivo para el deductivo, pasando por el inductivo; se preocuparon en cómo enseñar el concepto estudiado a sus futuros estudiantes. Tales análisis posibilitaron algunas reflexiones que pueden contribuir para la constitución de una epistemología de la biología sólida en sus diversos contextos, teniendo como enfoque la formación inicial. .

Palabras clave: formación inicial de profesores e investigadores, grupo de investigación, semiótica peirceana.

Introdução

O termo 'epistemologia' possui mais de um significado. Assim, optou-se aqui por uma das acepções de Lebrun (2006) que a concebe como uma área de conhecimento que estuda os fundamentos de uma ciência, isto é, sua natureza, seu objeto, seu método, seu instrumento, suas teorias, seus problemas, o trabalho do cientista e, cujo objetivo é compreender o significado de uma ciência em particular.

Segundo esse autor, um dos pilares em que se assenta a epistemologia diz respeito à teoria do conhecimento. Nesse sentido, a epistemologia é uma parte da filosofia que aborda as relações entre sujeito e objeto do conhecimento. Nessa perspectiva, a epistemologia da biologia é uma parte da filosofia da biologia e procura compreender como o sujeito conhece os objetos dessa ciência em particular.

Com base nos estudos do epistemólogo e psicólogo suíço Jean William Fritz Piaget (1896-1980), segundo Bellini (2007, 2012), até a década de 1970 o pensamento biológico foi tratado com menor atenção (em comparação ao conhecimento físico e o matemático), pois era baseado essencialmente na experimentação, recorrendo pouco à atividade mental do sujeito. Isso devido ao caráter realista do pensamento biológico, que necessita da anterioridade de seus objetos de conhecimento (seres vivos), bem como das informações advindas dos fenômenos naturais. Assim, o pensamento biológico tem como alicerce a experiência física, que utiliza minimamente a experiência mental, ou seja, a dedução e a criação teórica do sujeito cognoscente (como requerem os conhecimentos da física e da matemática).

Em seus estudos Piaget (1981) aponta dois aspectos distintos da epistemologia biológica. O primeiro diz respeito ao fato de a biologia conduzir a questão da atividade do sujeito atrelada aos objetos exteriores. Dessa forma, o conhecimento biológico comporta, quanto à relação sujeito-objeto de conhecimento, um tipo de atividade operatória que reduz o papel do sujeito a um mínimo: ela não pode prescindir dos objetos e dos 'dados' fornecidos pela natureza (Bellini, 2012).

O segundo aspecto diz respeito ao objeto de estudo da biologia, ou seja, o organismo vivo. Em

síntese, ao mesmo tempo em que o objeto da biologia é o organismo vivo, esse mesmo organismo é o sujeito do conhecimento biológico. Logo, a relação entre os mecanismos cognitivos e vitais torna-se evidente por si mesma, isto é, pelo fato de existir uma estreita ligação entre a vida mental (em geral) e a vida orgânica. Em consequência disso, torna-se evidente a relação implícita entre a vida orgânica e a mental (em geral), bem como a vida orgânica e os mecanismos de conhecimento. Assim, epistemologicamente, a biologia é importante como estudo dos conhecimentos no sujeito em geral (homens, animais e plantas), e não exclusivamente como modo de conhecimento do sujeito-biologista (Piaget, 1981).

Segundo Piaget (1996), o conhecimento biológico também apresenta duas dimensões distintas, porém inseparáveis: uma diacrônica e outra sincrônica. A diacrônica satisfaz as noções de evolução ou de desenvolvimento individual, sendo, portanto, caracterizada pela noção de desenvolvimento, típica dos fenômenos vitais e cujos domínios, os quais se levantam os problemas diacrônicos, são o da variação/evolução e o da ontogênese, como exemplo tem-se o estudo da evolução de plantas e animais. Já, a sincrônica corresponde aos problemas fisiológicos. Essa dimensão obedece às dificuldades centralizadas ao redor da noção de organização, comum à biologia e aos mecanismos cognitivos como, por exemplo, a autonomia do sujeito diante dos sistemas biológicos, os quais possibilitam trocas com o meio.

Piaget (1996) ainda apresenta como resultado do exercício das funções cognitivas humanas, três categorias de conhecimento, ou seja, os inatos, os adquiridos em função da experiência e os lógico-matemáticos. Os inatos, estruturados por meio de uma programação hereditária ou instintiva, possuem extensão real questionável e caráter restritivo, implicando em um grande problema biológico ao se opor à riqueza dos instintos animais (Piaget atribui essas características ao comportamento e não propriamente ao conhecimento).

Os conhecimentos adquiridos iniciam-se pela aprendizagem e têm como forma superior aquilo

que se conhece por conhecimento experimental. Esse conhecimento ocorre por meio da experiência física em todas as suas formas, isto é, dos objetos e suas relações (com abstração dos objetos como tais), advindos da experiência prática, ou seja, desde a aprendizagem até o conhecimento físico. A experiência física está em oposição à experiência lógico-matemática, no sentido da informação ser tirada do objeto e não da ação.

Por último, os conhecimentos lógico-matemáticos são progressivamente construídos e ligados à inteligência. Inicialmente resultam da experiência, porém tornam-se rapidamente independentes, sugerindo que sejam extraídos das coordenações gerais das ações exercidas pelo sujeito sobre os objetos e não dos objetos como tais. Exemplos do emprego desse conhecimento no pensamento biológico podem ser observados nas classificações biológicas, no estabelecimento de relações, medidas e funções, ou seja, o papel do pensamento matemático pode ser percebido na maneira como o sujeito conhece o universo biológico.

Bellini (2012) também faz referência à abordagem quantitativa no pensamento biológico, ou seja, ao caráter da matematização mais complexa, importante nos modelos explicativos como os da fisiologia. Segundo a autora, por meio dos estudos do biólogo e filósofo inglês Conrad Hal Waddington (1905-1975), como, por exemplo, o modelo do gene/ambiente/desenvolvimento; o modelo de paisagem epigenética; entre outros, foi possível observar como uma nova matematização foi apresentada à biologia e aos seus modelos explicativos.

Assim, a matemática também está presente na natureza. Stewart (1996) discorre sobre a presença de padrões (de forma, número, simetria, movimento) na natureza como, por exemplo: as listras que cobrem os tigres e as zebras e as manchas presentes nas hienas e nos leopardos; o número de pétalas das flores; a simetria bilateral de muitos animais; as várias conchas que formam espirais; a forma geométrica de muitos vírus; os grupos complexos de ondas e dunas que fornecem pistas para as regras que conduzem o fluxo das águas, da areia e do ar; os arcos de luzes coloridas que formam o arco-íris; o halo circular brilhante que, no inverno, envolve a lua; a movimentação regular das estrelas no firmamento noturno; a regularidade das estações do ano; a simetria hexagonal dos flocos de neve; as gotas circulares de água da chuva, entre muitos outros exemplos.

Dessa forma, os estudos em epistemologia da biologia fornecem, além da compreensão dos

conceitos fundamentais que sustentam essa ciência, um instrumento para a compreensão dos fundamentos da biologia, bem como para o seu ensino.

A importância do conceito de interação biológica/ecológica

Para nortear esse estudo foi escolhido o conceito de interação biológica. Essa escolha relaciona-se à ideia de que as interações biológicas desde sempre estiveram presentes na elucidação das teorias, processos, mecanismos e fenômenos biológicos, internos e externos aos organismos, conferindo a esse conceito importância, centralidade e abrangência no âmbito do conhecimento biológico, pois 'tudo' na biologia é interação, ou seja, o conceito de interação biológica permeia todo o corpo do conhecimento biológico.

Nesse contexto, pode-se afirmar que são distintas as interações que envolvem os seres vivos, estas com expressões nos diferentes níveis biológicos de complexidade, como o ontogenético, o filogenético, o ecológico, o molecular, entre outros.

No entanto, nos livros didáticos de ciências e biologia, nos manuais acadêmicos de biologia, livros-texto de ecologia, bem como nas abordagens de professores e de estudantes, as interações biológicas ficam restritas somente às interações ecológicas, tanto no nível intracomunidade quanto no interespecífico, como pode ser observado no livro didático (Amabis & Martho, 2004), no capítulo 16, intitulado 'Relações ecológicas entre seres vivos' (páginas: 342 a 353); no livro-texto de ecologia (Begon, Townsend & Harper, 2007), na parte 2: 'Interações' (capítulos 8 a 15, páginas: 223 a 466), enfocando exclusivamente as interações ecológicas interespecíficas, e ainda, no capítulo 5: 'Competição intra-específica' (páginas: 131-161), em que os autores abordaram os vários aspectos da competição intraespecífica.

Consequentemente, os diversos tipos de interações biológicas existentes deixam de ser explorados e compreendidos, permanecendo esse conceito circunscrito ao âmbito da ecologia. Além disso, o conceito de interação biológica ainda não possui uma definição precisa na literatura biológica, sendo que essa imprecisão pode ser confirmada também por meio de levantamento bibliográfico realizado por Mitiká, Maricato e Caldeira (2010).

Com o intuito de ilustrar e elucidar a importância do conceito de interação biológica para o conhecimento biológico, optou-se por apresentar alguns exemplos de interações biológicas que ocorrem nos vários níveis de organização biológica, tais como: (i) a quantidade de interações que ocorre quando um óvulo é fecundado até se transformar

em um organismo complexo; (ii) após o nascimento, os animais possuem mecanismos (com nível variável de complexidade) para o reconhecimento e interação com o ambiente onde estão inseridos; (iii) as inúmeras interações presentes no estabelecimento de associações simbióticas, tanto aquelas que ocorreram no passado, quanto aquelas que continuam e continuarão ocorrendo; (iv) as interações químicas que ocorrem entre átomos, resultando em ligações químicas que formam moléculas como, por exemplo, aquelas constituintes de várias estruturas e processos biológicos dos seres vivos (moléculas orgânicas); (v) a síntese das macromoléculas, ou seja, a síntese de proteínas que envolve um número considerável de interações biológicas, as quais, apesar de ocorrerem no nível celular, envolvem a dinâmica do organismo com um todo; (vi) as interações entre antígeno e anticorpo, presentes no sistema imunológico dos seres vivos; (vii) os diferentes aspectos da expressão gênica, isto é, o mecanismo pelo qual a informação biológica presente no gene torna-se disponível às células; (viii) a similaridade adaptativa entre as angiospermas e seus polinizadores, concordando com os longos períodos de estreita interação entre esses organismos, durante os quais ocorreu evolução concomitante.

Inúmeros outros exemplos de interações biológicas são possíveis de serem explorados e, apesar de muitos autores, (Edwards & Wratten, 1981; Futuyama, 1992; Brown, 1999; Marzocco & Torres, 1999; Calich & Vaz, 2001; Lewontin, 2002; Meyer & El-Hani, 2005; Mayr, 2008; Boeger, 2009), apresentarem e discutirem muitos desses exemplos, de maneira a atestar a importância, a centralidade e a abrangência do conceito de interação biológica para o conhecimento biológico, a imprecisão desse conceito é evidente na literatura biológica, ou seja, não existe um conceito de interação biológica/ecológica. Ressalta-se que, devido à abrangência do conceito estudado optou-se, nessa investigação, por fazer um recorte do conceito de interação biológica, cujo foco foi o conceito de interação ecológica. Por isso, ao fazer referência ao conceito de interação biológica, inclui-se também o conceito de interação ecológica e vice-versa. Assim, justifica-se, nesse artigo, a notação 'conceito de interação biológica/ecológica'.

Dessa forma, indica-se a necessidade de estudos epistemológicos, os quais possam elucidar melhor compreensão do conceito de interação biológica/ecológica, bem como sua abrangência e complexidade, o que implicaria em contribuir para melhor estruturação dos conteúdos biológicos de maneira que se tornem mais integrados, resultando na ampliação do conhecimento biológico e de suas

narrativas, de forma que essas possam ser desenvolvidas de maneira mais sistêmica pelos acadêmicos do curso de ciências biológicas. Ressalta-se que, sendo um conceito uma representação mental do sujeito, ou seja, uma abstração, o conceito pode ser compreendido e expresso de uma forma muito particular por cada sujeito. Segundo Pozo (1998), a aprendizagem de um conceito implica no estabelecimento de relações significativas com outros conceitos, isto é, "[...] quanto mais entrelaçada estiver a rede de conceitos que uma pessoa possui sobre uma área determinada, maior será a sua capacidade para estabelecer relações significativas e, portanto, para compreender os fatos próprios dessa área" (Pozo, 1998, p. 22). Já, uma definição é cognitivamente delimitada, sendo elaborada pelos cientistas por meio de seus estudos.

Assim, o objeto de investigação desse trabalho foi desenvolver estudos no campo de pesquisa da epistemologia da biologia sobre o conceito de interação biológica/ecológica. O problema a ser investigado diz respeito ao modo como os participantes de um grupo de pesquisas¹ (re)construem o conceito de interação biológica no sentido de desenvolverem maior amplitude conceitual do conhecimento biológico, bem como estruturarem narrativas biológicas (pensamento) mais sistêmicas e integradas desse conhecimento. Para tanto, algumas perguntas de pesquisa foram levantadas: (i) o conceito de interação biológica pode ser estruturante para o conhecimento biológico? (ii) devido à sua amplitude, o estudo desse conceito pode fazer com que os participantes do grupo estabeleçam relações mais sistêmicas acerca do conhecimento biológico? (iii) o estabelecimento dessas relações pode contribuir para o desenvolvimento de narrativas mais consistentes desse conhecimento?

Mediante esses questionamentos definiu-se o objetivo geral dessa pesquisa, ou seja, propor estudos para que os participantes do grupo de pesquisas (re)construam o conceito de interação biológica, tendo o conceito de 'interação ecológica' como foco das discussões promovidas no grupo. Os objetivos específicos foram: (i) avaliar os significados elaborados pelos acadêmicos com relação ao conceito estudado na perspectiva da semiótica peirceana; (ii) propor interpretações epistemológicas as quais possam refletir positivamente na pesquisa e no ensino de biologia.

¹Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia (GPEB), criado em 2007 junto ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Unesp – Bauru/SP.

Metodologia

A abordagem metodológica desenvolvida nessa pesquisa foi de natureza qualitativa. Segundo Flick (2004), a pesquisa qualitativa caracteriza-se pela escolha adequada de métodos e teorias; pelo conhecimento dos participantes da pesquisa, bem como de sua diversidade; pela subjetividade do pesquisador e de sua pesquisa e, por último, pela diversidade de abordagens teóricas e seus métodos.

Como técnica de pesquisa qualitativa, optou-se pelo estudo de caso, pelo fato de esta ser uma investigação bem delimitada (em um grupo de pesquisas) e por compreendê-la com base em um interesse singular.

A coleta de dados

Na coleta dos dados empíricos dessa pesquisa empregou-se como método a discussão em grupo. Para Flick (2004), a dinâmica que se desenvolve quando uma discussão é estimulada, pode ser empregada como fonte de conhecimento, sendo que esse tipo de discussão favorece o modo pelo qual as opiniões dos participantes do grupo são geradas, expressas e modificadas na vida cotidiana. Além disso, permite que os membros do grupo estudado revejam suas posições, como meio de validar enunciados e pontos de vista.

Assim, os sujeitos dessa investigação foram dez participantes do GPEB, composto por acadêmicos do curso de ciências biológicas da Unesp de Bauru/SP, com perfil variado, caracterizado por diferentes níveis de formação, interesses de pesquisa e tempo de participação no grupo.

Os dados foram obtidos durante o segundo semestre de 2011 (período de 29/08 a 02/12), com encontros semanais de, no mínimo, 01h30min de duração, totalizando 15 encontros. A dinâmica de trabalho desenvolvida nas reuniões foi: (i) leitura prévia dos sete textos científicos, a saber: texto 1: *Indivíduo e ambiente* - Lewontin (2002); texto 2: *Interações mutualísticas entre formigas e fungos* - Dáttilo, Marques e Falcão (2009); texto 3: *Que perguntas faz a Ecologia?* - Mayr (2008); texto 4: *Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos* - Brando e Caldeira (2007); texto 5: *O caramujo exótico invasor Achatina fulica (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual* - Zanol, Fernandez, Oliveira, Russo e Thiengo (2010); texto 6: *Especificidade de hospedeiro: padrões ecológicos de insetos fitófagos em ecossistemas tropicais* - Nascimento e Monteiro (2008), e texto 7: *Coevolução* - Pitó e Avelar (1996), selecionados pela pesquisadora, os quais abordavam o conceito estudado; (ii) discussões em grupo dos textos.

As reuniões foram gravadas em um gravador digital de voz e, posteriormente, transcritas na

íntegra pela pesquisadora, para posterior descrição e análise dos dados. Também serviram de instrumento de coleta de dados uma questão aberta feita aos sujeitos dessa pesquisa, ou seja: 'Como você construiria uma definição de interação biológica?', e ainda, as respostas a outro instrumento denominado 'Questionário Final', o qual foi aplicado ao término das discussões do grupo de pesquisas e teve como objetivo verificar se os seus participantes conseguiram avançar na (re)construção do conceito estudado.

O referencial teórico que sustentou a metodologia adotada nessa pesquisa

Os dados obtidos nessa investigação foram analisados sob o olhar da semiótica peirceana, de Charles Sanders Peirce (1839-1914) e, para isso, foram elaboradas categorias de análises e um diagrama semiótico.

No diagrama apresentado abaixo (Diagrama 1), as letras R, O, I constituem os três correlatos que definem o signo, designadas por relações de: *Representamen*, objeto e interpretante, respectivamente. Nas relações de *representamen*, no domínio da primeiridade, localiza-se a percepção, representando toda a potencialidade de tudo que é possível perceber sobre o fenômeno de interação biológica estudado, um *continuum* de possibilidades percebidas. O objeto corresponde às relações de secundidade em nível de significação, que indicam as relações que os sujeitos dessa pesquisa estabelecem com o conceito estudado (o confronto desses sujeitos com o conceito de interação biológica). As relações de interpretante apresentam-se por meio da representação dos sujeitos dessa pesquisa, ou seja, de que maneira esses sujeitos compreenderam o fenômeno que estudaram. Esse correlato de terceiridade possibilita que esses sujeitos ressignifiquem o conceito aqui estudado (Peirce, 1975, 1977, 1983).

Dessa forma, optou-se aqui por analisar semioticamente os dados obtidos com base na relação do *Representamen* com os interpretantes. Segundo Peirce (1975, 1977, 1983), a classe dos interpretantes foi dividida na série: rema, discente e argumento. Essa tricotomia (resultante da relação do *representamen/signo* com o interpretante) está relacionada à capacidade de interpretação dos sujeitos dessa pesquisa. Do argumento (raciocínio; último correlato do interpretante), resultam os raciocínios científicos: abdução (primeiridade: formulação de hipóteses); indutivo (secundidade: processo de verificação das hipóteses) e dedutivo (terceiridade: desdobramento das implicações lógicas das hipóteses; abstração; raciocínio diagramático), os

quais foram elucidados por meio do diagrama representado abaixo (Figura 1):

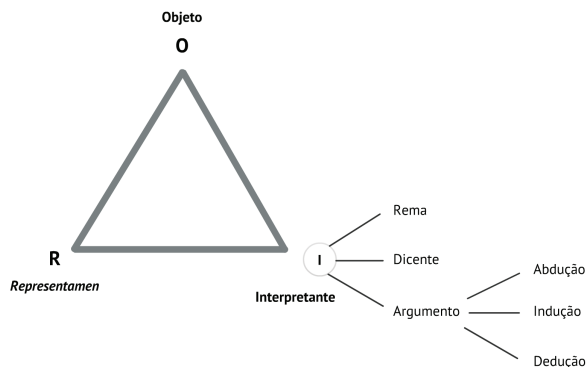


Figura 1. Categorias de interpretantes analisadas, Fonte: Maricato (2012) baseado em Peirce (ou Peirce? Ano?).

Assim, os termos abdução, indução e dedução serão empregados como categorias de análise no processo de (re)construção do conceito de interação biológica pelos sujeitos dessa pesquisa, considerando que, para Peirce, o pensamento amplia-se no interior da experiência e volta a ela.

De acordo com Caldeira (2005, p. 57),

A experiência é o próprio processo de aprendizagem, na medida em que alimenta os pensamentos com a possibilidade de enfrentamento do real, estabelecendo relações de geração de interpretantes: selecionando-os e tornando as ideias claras. O pensar lógico é, assim, uma habilidade que estabelecida vai se complexificando no decorrer de contínuas experiências de aprendizagens frutíferas. Essa habilidade não pode ser negligenciada na formação de nossos alunos. Enfim, o elemento da lógica deve ser um dos componentes que embasa as escolhas que a sociedade nos impõem constantemente.

Ressalta-se ainda que a relação com o objeto é a concretização da semiótica. Dessa forma, o signo representa o objeto e será genuíno se ele for capaz de representar ou concretizar o objeto em todas as suas dimensões/possibilidades. O signo será degenerado, caso não possa satisfazer essa representação.

Com base no contexto acima, foram apresentadas e analisadas assínteses de significação (Caldeira, 2005), manifestadas pelos sujeitos dessa pesquisa, com base nos textos estudados nas discussões em grupo. Essas análises semióticas permitirão demonstrar de maneira mais evidente as fases do raciocínio científico (abdução, indução e dedução) desses acadêmicos.

Análise semiótica do processo de (re)construção do conceito de interação biológica

Abaixo foram apresentados e analisados semioticamente os quadros que apresentam a síntese

de significação (Caldeira, 2005), das principais concepções expressas pelos participantes do grupo de pesquisas, acerca das interações biológicas, quando estudaram os textos (1 a 7) nas discussões em grupo; ao responderem a uma questão aberta acerca das interações biológicas e, ainda, ao responderem ao 'Questionário Final'.

Análise semiótica da discussão do texto 1

A análise semiótica do Quadro 1 permite inferir que esses estudantes expressaram ideias acerca de como compreendem as interações biológicas, caracterizando-se a primeiridade, ou seja, a fase do levantamento de hipóteses explicativas acerca de como compreendem as interações biológicas, tendo como base o estudo do texto 1. Essa fase, segundo Peirce, é a de abdução, quando se encontram numa visão sincrética do conceito estudado.

Quadro 1. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Expressaram interação como troca (boa ou ruim) entre organismo e ambiente, impacto, dependência (entre organismo e ambiente), influência mútua, além de ação e reação entre organismo e ambiente	Abdução
Manifestaram associar interação à adaptação do organismo ao seu meio ambiente, além de dependência de processos internos e externos dele	Abdução
Associaram suas concepções de interação à ideia de rede e de ligação	Abdução

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica da discussão do texto 2

Ao analisar semioticamente o Quadro 2 foi possível perceber que esses acadêmicos apesar de expressarem hipóteses explicativas na tentativa de compreenderem as interações biológicas estudadas, já manifestaram processos indutivos, ou seja, eles buscaram na observação fatorial exemplos os quais pudessem explicar como entendiam (naquele momento) o conceito de interação biológica. Assim, pode-se dizer que esses estudantes estão em processo de investigação, de perseguição de fatos, com o objetivo de avançarem na compreensão

Quadro 2. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Expressaram concepção de interação no âmbito do ambiente externo do organismo ao associarem a relação de mutualismo a benefício	Indutivo
Manifestaram compreender interação para além do ambiente externo do ser vivo, ou seja: estabelecendo relações entre medicamentos antidepressivos e as substâncias químicas cerebrais (interação química entre moléculas)	Indutivo
Manifestaram compreender interação entre célula e organismo ao associarem um estado emocional fragilizado com o desenvolvimento de tumores malignos	Indutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica da discussão do texto 3

A análise semiótica do Quadro 3 permite entender que os participantes do grupo de pesquisas expressaram pensamento indutivo, ao compreenderem que as interações entre os seres vivos envolvem adaptação dos seres vivos no ambiente e ainda, interação desses com outros fatores bióticos e abióticos presentes no ambiente. O pensamento dedutivo desses estudantes foi elucidado quando foram capazes de estabelecer a importância das interações ecológicas para a sobrevivência dos seres vivos no ambiente, isto é, aplicaram o conceito de interação ecológica para a explicação de fenômeno biológico.

Quadro 3. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Expressaram compreender que as interações dos seres vivos em seu ambiente envolvem: adaptação; sucessão ecológica; fatores bióticos e abióticos; nicho ecológico	Indutivo
Perceberam a importância das interações ecológicas para a sobrevivência dos seres vivos no ambiente	Dedutivo
Associaram as interações ecológicas à alimentação dos organismos no ambiente em que estão inseridos	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica da discussão do texto 4

Ao analisar semioticamente o Quadro 4 é possível detectar o pensamento científico indutivo dos sujeitos de pesquisa em questão quando esses diferenciam o conceito de habitat do conceito de nicho ecológico. Para tanto, esses sujeitos tiveram que recorrer a processos de investigação muito particulares. Ao expressarem compreender que as interações ecológicas são constitutivas do nicho ecológico de uma determinada espécie, esses estudantes manifestaram pensamento dedutivo (no nível de terceiridade) durante o processo de construção deste conceito.

Quadro 4. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Diferenciaram o conceito de habitat do conceito de nicho ecológico	Indutivo
Expressaram associar o conceito de nicho ecológico ao conceito de interação ecológica	Indutivo
Manifestaram compreensão de que as interações ecológicas são constitutivas do nicho ecológico de uma espécie	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica da discussão do texto 5

A análise do Quadro 5 elucidou o pensamento científico dos participantes do grupo, ao manifestarem *insight* de problema de pesquisa relacionado ao conceito de interação biológica. Esse pensamento no nível dedutivo (terceiridade) ilustra

o grau de abstração necessário para que esse pensamento fosse exteriorizado.

Quadro 5. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Relacionaram as taxas de interação com as taxas de adaptação do organismo ao ambiente em que ele se encontra	Indutivo
Expressaram compreender a importância das interações como facilitadora das medidas preventivas contra uma espécie invasora (em termos de saúde pública)	Dedutivo
Manifestaram <i>insight</i> de problema de pesquisa relacionado ao conceito de interação biológica	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica das respostas expressas pelos participantes do grupo ao responderem a Questão aberta sobre as interações biológicas

A análise semiótica do Quadro 6 permite inferir que o pensamento indutivo dos participantes do grupo de pesquisa foi expresso quando eles manifestaram compreender as interações biológicas em todos os níveis biológicos. Quando os estudantes compreenderam as interações biológicas, associando-as à ideia de rede interligada entre organismo e ambiente, expressaram o pensamento dedutivo (no nível de terceiridade).

Quadro 6. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Expressaram concepção de interação biológica ao estabelecerem relações entre organismo e ambiente	Indutivo
Manifestaram compreender as interações biológicas em todos os níveis biológicos	Indutivo
Associaram as interações biológicas com a ideia de rede interligada entre organismo e ambiente	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica da discussão do texto 6

Ao analisar o Quadro 7 na perspectiva da teoria sógnica, pode-se detectar dois tipos de pensamento científico: o indutivo (no nível de secundidade) e o dedutivo (em nível de terceiridade). No nível de secundidade, o pensamento foi elucidado quando esses estudantes expressaram compreender a interação ecológica em relação a outras que ocorrem ao mesmo tempo, mas não são explicitadas. Já, o pensamento dedutivo foi revelado quando esses estudantes, ao refletirem acerca de seu próprio processo formativo, expressaram críticas à forma como o conceito de interação biológica é abordado no decorrer desse processo. Assim, pode-se inferir que, com o aprofundamento das discussões acerca do conceito estudado, os sujeitos de pesquisa, ao refletirem sobre seu próprio processo formativo estabeleceram relações entre a epistemologia aqui estudada e a didática das ciências, ao criticarem a

maneira com que o conceito de interação biológica foi abordado por seus professores, no decorrer do processo formativo que receberam.

Quadro 7. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Expressaram compreender as interações ecológicas para além da interação foco de análise, considerando os vários níveis de organização biológica	Indutivo
Ressaltaram a herbivoria como a interação ecológica básica entre os seres vivos	Indutivo
Refletiram acerca do seu próprio processo formativo e detectam limitações na maneira de como o conceito de interação é abordado durante esse processo	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise semiótica da discussão do texto 7

Ao analisar semioticamente o Quadro 8 pode-se inferir que o pensamento dedutivo está presente nas manifestações expressas pelos sujeitos dessa pesquisa, após discutirem o texto 7. A abstração desse tipo de pensamento levou estes estudantes a fazer referência à teoria sintética da evolução, para explicarem a compreensão que atingiram ao associarem as interações que ocorrem no (interior) do ambiente externo e internamente no nível do organismo.

Quadro 8. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Compreenderam que as interações biológicas ocorrem entre os organismos, no ambiente externo do organismo e no ambiente interno do organismo (ou seja, no próprio organismo)	Dedutivo
Expressaram compreender que as interações biológicas ocorrem também entre o ambiente externo e o ambiente interno do organismo e ainda, articulando o conceito à teoria sintética da evolução	Dedutivo
Manifestaram reforço à ideia de que exclusivamente estudam/conhecem as interações ecológicas. Entretanto, expressaram relevância na compreensão das interações nos diferentes níveis biológicos	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

Análise do 'Questionário final'

A análise semiótica do Quadro 9 apresenta novamente o pensamento dedutivo desses estudantes. Inclusive, na segunda questão respondida por eles (e retirada do 'Questionário final'), esses estudantes também apresentaram um esquema explicativo representativo da definição de interação biológica contemplando a relação entre diferentes elementos (ambiente, organismo, nível molecular, nicho ecológico, coevolução, adaptação etc). Dessa forma, entende-se que a própria capacidade de construir um esquema explicativo para expressar a compreensão de um conceito já expõe o pensamento dedutivo.

As análises semióticas dos textos discutidos pelos participantes do grupo demonstram que o processo

de pensar desses sujeitos, com base no conceito aqui estudado, expressou desde o pensamento abdutivo (raciocínio hipotético), passando pelo pensamento indutivo, até chegar ao pensamento dedutivo, em uma espécie de espiral contínua de raciocínios científicos (semioses).

Quadro 9. Síntese de significação.

Principais concepções expressas acerca do conceito de interação biológica/ecológica	Interpretantes
Expressaram compreender a importância, a amplitude e a centralidade do conceito de interação biológica para o conhecimento biológico	Dedutivo
Manifestaram nítida evolução do conceito de interação biológica ao longo das discussões em grupo	Dedutivo
Compreenderam as interações biológicas para além do ambiente externo do organismo, sinalizando avanços epistemológicos em suas concepções iniciais acerca das interações biológicas	Dedutivo
Demonstraram preocupação em como ensinar o conceito de interação biológica aos seus futuros estudantes	Dedutivo

Fonte: Maricato (2012).

As análises dos resultados, elucidadas por meio da síntese de significação apresentada nos quadros acima (1 a 9), permitiram avaliar que esses estudantes desenvolveram habilidades do pensar ao proporem hipóteses explicativas acerca de suas compreensões das interações ecológicas, buscando na observação fatural, exemplos para explicar essas interações e ainda, quando foram capazes de aplicar o conceito de interação biológica em situações as mais diversas possíveis (expressando alto nível de abstração). Ressalta-se também que, esses estudantes não manifestaram dificuldades em expressar esse caminho (em espiral) do pensar científico, com base no estudo dos textos, nas discussões em grupo.

Segundo Caldeira e Manechine (2007, p. 254),

Os caminhos que os signos-pensamento percorrem dependem das condições de construção do diagrama mental. Esse pode ser apoiado em fatos observáveis nas experiências particulares e aí seguemeandros indutivos. Pode caminhar direto da abdução, em que há uma visão sincrética do quadro e, portanto, geral edesse geral deduzir. Ou seja, caminhar do geral para o particular.

O caminho abdução/indução/dedução esteve presente em todas as discussões realizadas, tendo como referência os textos estudados, os diálogos entre os participantes e as interferências colocadas pela pesquisadora, cuja função foi dirigir o pensamento desses estudantes para favorecer a (re)construção do conceito estudado. Assim, as inferências abduativas que surgiam nas discussões, geravam outras. A indução e a dedução foram complementares, pelo intercâmbio dos elementos constitutivos do grupo, ou seja: enquanto uns estavam expressando pensamento indutivo, outros já estão no nível das abstrações.

Considerando que, para Peirce, o pensamento é constituído por uma miscelânea de signos, foi possível compreender como ocorre a formação de conceitos com base no conjunto signico que transcorre a mente desses sujeitos, ou seja: buscaram na associação de conteúdos já compreendidos, responder às novas questões surgidas no decorrer das discussões em grupo. Além disso, procuraram em seus repertórios próprios (formados no senso comum, nos bancos escolares e na universidade), as habilidades para identificar, relacionar e ressignificar os elementos envolvidos no processo de (re)construção do conceito de interação biológica aqui estudado.

Ressalta-se ainda que, as várias linguagens empregadas (científica, senso comum, midiática), as quais permeiam as relações de ensino e aprendizagem das ciências, contribuíram para mediar e subsidiar as novas formas de raciocínio construído por esses estudantes.

Conclusão

Nesse estudo, compreendeu-se o conceito de interação biológica como integrador entre as diversas subáreas das ciências biológicas. Dessa forma, investigou-se a (re)construção desse conceito junto a um grupo de pesquisas. O referencial teórico adotado foi o da semiótica peirceana, implicando a concepção de signo, bem como sua função epistêmica nos processos de compreensão de fenômenos naturais.

Ao destacar o problema de pesquisa levantado por esse estudo, ou seja, compreender o modo como os participantes de um grupo de pesquisas (re)constróem o conceito de interação biológica, as análises semióticas possibilitaram inferir que, os sujeitos dessa pesquisa: expressaram compreender a importância, a amplitude e a centralidade do conceito de interação biológica para o conhecimento biológico.

Inicialmente, como pré-concepção, compreendiam as interações biológicas circunscritas ao ambiente externo dos organismos, sendo que à medida que as discussões no grupo de pesquisas avançavam, foi nítida a manifestação da evolução do conceito de interação biológica, ao compreenderem as interações biológicas para além do ambiente externo do organismo, sinalizando avanços epistemológicos em suas concepções iniciais acerca dessas interações, ou seja: evoluíram de uma visão inicial em que compreendiam as interações biológicas restritas ao ambiente externo do organismo, para uma visão em que passaram a compreender as interações biológicas em vários

níveis de organização dos seres vivos, além de elaborarem a relação de diferentes elementos (por exemplo: adaptação, nível molecular, nicho ecológico, coevolução, entre outros), ao expressarem a compreensão das interações biológicas após as discussões no grupo de pesquisas.

Nas análises semióticas do processo de (re)construção do conceito de interação biológica no referido grupo, os estudantes evoluíram do pensamento sincrético (abduativo) para o pensamento dedutivo, passando pelo pensamento indutivo (raciocínio científico). Por meio das deduções, esses sujeitos puderam construir abstrações acerca das interações ecológicas estudadas, ampliando seu repertório conceitual.

No âmbito da aprendizagem, pode-se inferir que as 'sínteses de significação' que os participantes do grupo de pesquisas geraram no decorrer das discussões em grupo, foram se tornando mais complexas (transitando do pensamento abduativo ao pensamento dedutivo), sendo caracterizadas como exemplos de signos-pensamento. Estes últimos passaram a fazer parte do repertório de conhecimento que esses estudantes passaram a dispor, expandindo-o.

À medida que aprofundaram as discussões acerca do conceito de interação biológica, os participantes do grupo de pesquisa estabeleceram relações entre a epistemologia da biologia, a didática das ciências e a formação de professores, ou seja, demonstraram preocupação em como ensinar o conceito de interação biológica aos seus futuros estudantes, após refletirem acerca do seu próprio processo formativo e detectaram limitações na maneira como o conceito de interação foi abordado durante esse processo.

As discussões no grupo de pesquisas possibilitaram ainda a compreensão, pelos seus participantes, que o conhecimento acerca das interações biológicas, por meio de uma noção sistêmica, deve incluir outros processos biológicos como, por exemplo: adaptação; evolução; coevolução, entre outros, localizando o conceito de interação biológica em diferentes tempos-espço.

Considerando as conclusões expostas acima se destaca, com base nos avanços epistemológicos alcançados, que os participantes do grupo de pesquisas passaram a compreender as interações biológicas em outros níveis biológicos (molecular, celular, genético, fisiológico, bioquímico, evolutivo, entre outros), e também que essas interações estão presentes em diversos processos biológicos como, por exemplo: na adaptação dos seres vivos, nos processos evolutivos e coevolutivos dos organismos, nos processos de sucessão ecológica e, ainda, na constituição do nicho ecológico dos organismos.

Fundamentado nos avanços descrito acima, elaborou-se um conceito de interação biológica, ou seja: 'são relações que ocorrem no ambiente externo e interno dos seres vivos, nos seus diferentes níveis, envolvendo os vários processos biológicos que neles atuam, favorecendo ou não a sobrevivência dos organismos'. Enfatiza-se, ainda, que se pretendeu elaborar um conceito mais integrador das relações e elementos que envolvem as interações biológicas, e não uma definição 'fechada' do que sejam essas interações.

Seguem as principais contribuições elaboradas nesta investigação para: (i) a epistemologia da biologia: apresentação de uma estratégia para ampliar a compreensão das interações biológicas que contemple sua importância, centralidade e complexidade no conhecimento biológico, no sentido de contribuir para melhor estruturação dos conteúdos biológicos no ensino de biologia, de maneira que esses se tornem mais integrados, favorecendo assim que as narrativas dos estudantes de biologia possam ser desenvolvidas sistemicamente; (ii) o grupo de pesquisas: com base nas análises semióticas, foi possível constatar que os participantes do grupo desenvolveram raciocínio científico avançando do pensamento abduutivo ao dedutivo, estabelecendo novos signos-pensamento.

A presente pesquisa sinaliza em direção a novas investigações acerca do potencial da teoria sógnica peirceana em ancorar pesquisas na formação de conceitos biológicos, baseado na experiência, visto que, para Peirce, a inteligência humana diz respeito ao conhecimento originário da experiência.

Referencias

- Amabis, J. M., & Martho, G. R. (2004). *Biologia das populações* (2a ed.). São Paulo, SP: Moderna.
- Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2007). Interações. In M. Begon, C. R. Townsend & Harper, J. L. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas* (4a ed., Parte 2, p. 223-466). Porto Alegre, RS: Artmed.
- Bellini, L. M. (2007). Epistemologia da biologia: para se pensar a iniciação ao ensino das Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 88(218), 30-47.
- Bellini, L. M. (2012). *Epistemologia da biologia em um enfoque piagetiano: para pensar o ensino de Ciências*. In F. A. Meglioratti, D. F. Ferraz & A. L. Oliveira (Orgs.), *Estratégias de ensino e aprendizagem em ciências: reflexões e práticas* (Coleção Ensino de Ciências Cascavel, 2a ed., p. 15-57). Cascavel: Edunioeste.
- Boeger, W. A. (2009). *O tapete de Penélope: o relacionamento entre as espécies e a evolução orgânica*. São Paulo, SP: Unesp.
- Brando, F. R., & Caldeira, A. M. A. (2007). Análise biossemiótica voltada para sistemas ecológicos. *Filosofia e História da Biologia*, 2, 141-157.
- Brown, T. A. (1999). *Genética: um enfoque molecular* (3a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Caldeira, A. M. A. (2005). *Semiótica e a relação pensamento e linguagem no ensino de Ciências Naturais* (Tese de Livre Docência). Universidade Estadual Paulista, Marília.
- Caldeira, A. M. A., & Manechine, S. R. S. (2007). Apresentação e representação de fenômenos biológicos a partir de um canteiro de plantas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 12(2), 227-261.
- Calich, V., & Vaz, C. (2001). *Imunologia* (4a. ed.). Rio de Janeiro, RJ: Revinter.
- Dáttilo, W., Marques, E. C., Falcão, J. C. F., & Moreira, D. D. O. (2009). Interações mutualísticas entre formigas e plantas. *EntomoBrasilis*, 2(2), 32-36.
- Edwards, P. J., & Wratten, S. D. (1981). Plantas e herbívoros. In P. J. Edwards & S. D. Wratten (Eds.), *Ecologia das interações entre insetos e plantas* (Coleção Temas de Biologia, p. 1-6). São Paulo, SP: EPU.
- Flick, U. (2004). *Uma introdução à pesquisa qualitativa* (2a ed.). Porto Alegre, RS: Bookman.
- Futuyama, D. J. (1992). *Biologia evolutiva* (2a ed.). Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética/CNPQ.
- Lebrun, G. A. (2006). Ideia de epistemologia. In G. Lebrun. *A filosofia e sua história* (p. 129-144). São Paulo, SP: Cosac Naify.
- Lewontin, R. C. (2002). *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo, SP: Companhia das Letras.
- Lewontin, R. C. (2002). Organismo e ambiente. In R. C. Lewontin (Ed.), *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente* (p. 46-74). São Paulo, SP Companhia das Letras.
- Maricato, F. E. (2012). *A reconstrução coletiva do conceito de interação biológica: contribuição para a epistemologia da biologia e a formação de pesquisadores e professores* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Marzzoco, A., & Torres, B. B. (1999). *Bioquímica básica* (2a ed.). Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Mayr, E. (2008). Que perguntas faz a ecologia? In E. Mayr. *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo* (p. 278-302). São Paulo, SP: Companhia das Letras.
- Meyer, D., & El-Hani, C. N. (2005). *Evolução: o sentido da Biologia*. São Paulo, SP: Unesp.
- Mitíká, C. W., Maricato, F. E., & Caldeira, A. M. A. (2010). *O conceito de interação biológica como integrador do conhecimento biológico: uma revisão da literatura* (Relatório de Projeto PIBIC). Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Nascimento, M. S., & Monteiro, R. F. (2008). Especificidade de hospedeiro: padrões ecológicos de insetos fitófagos em ecossistemas tropicais. *Oecologia Brasiliensis*, 12(4), 602-609.
- Peirce, C. S. (1975). *Semiótica e filosofia* (2a ed.). São Paulo, SP: Cultrix.
- Peirce, C. S. (1977). *Semiótica*. São Paulo, SP: Perspectiva.
- Peirce, C. S. (1983). *Escritos coligidos* (3a ed.). São Paulo, SP: Abril Cultural.
- Piaget, J. (1981). *Lógica e conhecimento científico* (2a ed.). Porto, PT: Livraria Civilização.

- Piaget, J. (1996). *Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos* (4a ed.). Petrópolis, RJ: Vozes.
- Pité, M. T., & Avelar, T. (1996). Coevolução. In M. T. Pité & T. Avelar (Eds.), *Ecologia das populações e das comunidades: uma abordagem evolutiva do estudo da biodiversidade* (p. 315). Lisboa, PT: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Pozo, J. I. (1998). Os fatos e os conceitos como conteúdos dos novos currículos. In C. Coll, J. I. Pozo, B. Sarabia & E. Valls (Eds.), *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes* (p. 19-71). Porto Alegre, RS: Artes Médicas.
- Stewart, I. (1996). *Os números da natureza: a realidade irreal da imaginação matemática*. Rio de Janeiro, RJ: Rocco.
- Zanol, J., Fernandez, M. A., Oliveira, A. P. M., Russo, C. A. M., & Thiengo, S. C. (2010). O caramujo exótico invasor *Achatinafulica* (*Sttylommatophora*, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual. *Biota Neotropica*, 10(3), 447-451.

Received on July 2, 2015.

Accepted on April 18, 2016.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Fúlvia Eloá Maricato: Licenciada em Ciências Biológicas pela UNESP de Botucatu - SP (1987). Graduada em Pedagogia pela Faculdade UNISSA de Sarandi - PR (2007). Especialista em Metodologia do Ensino Superior pela UNIFAC de Botucatu - SP (1998). Mestre em Engenharia Civil (Área de concentração: Hidráulica e Saneamento) pela USP - Escola de Engenharia de São Carlos - SP (1994). Doutora em Educação para a Ciência (Área de concentração: Ensino de Ciências) pela UNESP de Bauru - SP (2012). Desde 1999 é docente na Universidade Estadual de Maringá - UEM, em Maringá - PR. Possui experiência na área de Educação, com ênfase no Ensino de Ciências e Biologia.

E-mail: femaricato@uem.br;

<https://orcid.org/0000-0003-4930-2627>

Ana Maria de Andrade Caldeira: Possui graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1977), graduação em Licenciatura Plena Em Pedagogia pela Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Botucatu (1988), mestrado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas pela Universidade de São Paulo (1985) e doutorado em Educação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1997). Atualmente é professora adjunta da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Ensino de Ciências, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino de ciências, interdisciplinaridade, semiótica peirceana, filosofia da biologia. Credenciada nos Programas de Pós Graduação em Educação para Ciência e Docência para Educação Básica.

E-mail: anacaldeira@fc.unesp.br;

<http://orcid.org/0000-0003-1502-2483>

Nota: Fúlvia Eloá Maricato e Ana Maria de Andrade Caldeira foram responsáveis pela concepção, análise e interpretação dos dados; redação e revisão crítica do conteúdo do manuscrito e ainda, aprovação da versão final a ser publicada.