



Por uma abordagem relacional ao conceito de vida no ensino de biologia

Towards a relational concept of life in Biology teaching

Francisco Ângelo Coutinho

Faculdade de Educação (FAE)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
fac01@terra.com.br

Rogério Parentoni Martins

Professor Visitante no Centro de Ciências
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais
Universidade Federal do Ceará (UFC)
wasp@icb.ufmg.br

Natália Almeida Ribeiro

Faculdade de Educação (FAE)
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
nataliaalmeidaribeiro@gmail.com

Resumo

Segundo a teoria de perfil conceitual, o conceito “vida” possui três zonas diferenciadas correspondentes a três modos de compreensão. A *internalista* concebe “vida” como processo, propriedade ou objeto inerente ao vivente. A *externalista* propõe “vida” desvinculada do vivente, ou seja, vida apenas teria sentido a partir de uma referência externa como, por exemplo, admitem certas concepções religiosas e filosóficas. A *relacional* admite que vida deva expressar uma relação entre entidades e/ou sistemas de entidades e, dessa forma, esta não residiria diretamente nos organismos, mas seria consequência das relações que estes estabeleceriam entre si e com o meio com o qual interagem. Essa zona é fundamental para a compreensão de fenômenos no âmbito

ecológico-evolutivo. Reconhecendo limitações nos três modos de compreensão e a importância do conceito para a educação em biologia, propomos um referencial teórico que mescla a biossemiótica, construção de nicho e coevolução. Nossa hipótese é a de que tal referencial servirá como base para ações pedagógicas que garantirão um entendimento de vida mais duradouro e produtivo para a aprendizagem de biologia ao longo do percurso acadêmico dos estudantes, deste o ensino fundamental.

Palavras-chave: Conceito de vida; perfil conceitual; biossemiótica; construção de nicho; coevolução; ensino de biologia.

Abstract

According to the conceptual profile theory, the life concept has three distinct zones corresponding to three different ways of understanding. There is the internalist way that accounts for life as intrinsic process, property or object from organisms. The externalist conception is that life has been detached from the organisms. The relational one regards for life itself as a consequence of interactions between the organisms and the environment they live. Despite its strong link to ecology, this conception has low appeal among students. Nevertheless, it is very important to an adequate scientific education on the realm of evolutionary ecology. We aim to propose a theoretical referential in order to offer a more consistent support to pedagogical actions which could be advantageous in spreading the relational conception among biology students. Our hypothesis addresses the idea that such theoretical referential is more valuable to high school and college students learning processes.

Keywords: Life concept; conceptual profile; biosemiotics; niche construction; coevolution; biology teaching.

Introdução

Biologia é a ciência dedicada ao estudo da vida. Porém, o que é vida? Corre um dito jocoso, segundo o qual enquanto a filosofia procura o sentido da vida, a biologia o descobriu há muito: 5' → 3'. Este é o sentido em que a leitura da fita de DNA é feita, por ocasião da transcrição para RNA. Valendo-se da polissemia de "sentido", essa piada deixa escapar a concepção de que compreender fenômenos orgânicos é redutível a entender o que se chama "programa genético": um algoritmo que supostamente conteria toda a informação necessária para a construção de um ser vivo. No século XX, esta noção ficou conhecida como "visão molecular da vida" (KAY, 1996). Nessa concepção, a prioridade cognitiva sobre os fenômenos vivos é a de se referir a processos moleculares subjacentes. No entanto, nem sempre esta é adequada ao ensino/aprendizagem em biologia.

Embora os biólogos não duvidem sobre a importância da estrutura e dos processos moleculares para a compreensão dos fenômenos orgânicos, muitas vezes o foco de investigação e explicação em biologia situa-se em níveis hierárquicos superiores. Em evolução, por exemplo, procuramos entender a função adaptativa de determinado ato comportamental, não os processos neurológicos e moleculares subjacentes ao

comportamento. Do mesmo modo, nos perguntamos sobre fatores históricos e condicionantes ambientais que estiveram envolvidos na seleção de certa característica, ao longo do processo evolutivo. Por isso, faz-se necessário que os fenômenos associados aos seres vivos sejam compreendidos, para além de sua organização molecular. Isto porque grande parte das questões em biologia situam-se no âmbito da evolução e da ecologia. Saliente-se que Darwin, além de ser um precursor importante do sistema de teorias evolutivas (MARTINS et al., 2009), foi notável estudioso da ecologia. No decorrer de seu principal livro, *Origem das Espécies*, as abordagens ecológica e evolutiva caminham inseparáveis (FUTUYMA, 2010).

Assim, a tarefa intelectual de se lidar com termos científicos tão gerais quanto 'vida' não se torna apenas uma extravagância. Se o objetivo mais geral da ciência é o de gerar compreensão (CROMBIE, 1953; NEWTON, 1997), este também é o da educação científica. A chave mestra para o ensino/aprendizagem nesse campo se encontra no reconhecimento de temas unificadores de conhecimentos gerados a partir de diferentes unidades de organização e não na priorização de um saber enciclopédico (EMMECHE; EL-HANI, 2000). Por exemplo, um dos modos pelo qual a aprendizagem significativa ocorre é quando se opera de modo sintético, utilizando-se alguns conceitos facilitadores. Nesse caso, um importante passo em direção à aprendizagem significativa é o da diferenciação progressiva, ou seja, o processo em que os conceitos mais abrangentes são, sucessivamente, decompostos em mais específicos (AUSUBEL et al., 1980). Porém, a par desse processo, deve também ocorrer a reconciliação integradora, ou seja, partindo dos conceitos mais específicos que integram-se sucessivamente até aos conceitos mais gerais. Nessa perspectiva, o processo de ensino/aprendizagem partiria de conceitos potencialmente significativos, que seriam mais abstratos, gerais e inclusivos, os quais se subordinariam as ideias ou conceitos particulares (AUSUBEL et al., 1980).

O conceito de vida é o mais importante da biologia e compreendê-lo torna-se fundamental para se definir estratégias de ensino efetivas. Devemos alertar que não procuramos aqui estabelecer uma concepção unívoca do conceito de vida. Por meio do uso da teoria de perfil conceitual, e fortemente ancorado nas matrizes teóricas da biossemiótica, construção de nicho e coevolução, nosso objetivo é o de propor um conjunto de referenciais teóricos como fundamento sobre o qual se possa designar/pensar estratégias de ensino para o conceito de vida, com vistas à compreensão dos processos ecológicos-evolutivos.

Nossas escolhas teóricas podem assim ser justificadas. O perfil conceitual propõe que são possíveis diversos modos de compreensão para um único conceito científico. No caso do presente artigo, lidamos com o conceito de vida. A biossemiótica é uma matriz teórica que ajuda a compreender os fenômenos vivos em termos de comunicação e construção de seus próprios ambientes. Neste caso, importa a busca de uma compreensão das relações dos seres vivos entre eles e com seus ambientes. Ainda, tradicionalmente, dentro da teoria sintética da evolução, o ambiente pode ser interpretado como um agente todo poderoso que determinaria quem sobreviveria ou pereceria (LEWONTIN, 2002). Mayr também já havia detectado a existência deste problema conceitual na teoria da evolução, quando diz que "o termo seleção é infeliz porque sugere que existe um agente na natureza que deliberadamente seleciona" (MAYR, 1997, p.189). Deste modo, identificamos na teoria de construção de nicho

fundamentos para uma visão relacional de vida, pois esta foca o papel ativo dos organismos na construção de seus ambientes. Sobretudo, essa teoria propõe que a atividade dos organismos tem um papel positivo no processo evolutivo ao introduzir um *feedback* na dinâmica evolutiva, em que os organismos, por meio de suas atividades, modificam a pressão de seleção que agem neles próprios, em seus descendentes e mesmo em populações relacionadas. Finalmente, para garantir uma visão relacional entre os seres vivos, utilizamos exemplos de coevolução, pois esta permite entender que o ambiente de um organismo não é somente o abiótico, mas também os componentes bióticos – e que a interação entre ambos resultaria na seleção de atributos adaptativos (THANUKOS, 2010).

Nosso intento gira em torno da hipótese de que tais referenciais poderão servir como base de ações pedagógicas por meio das quais a concepção relacional se difunda entre os alunos de ciências e biologia, nos ensinos médio e superior.

Perfil conceitual

Segundo a teoria do perfil conceitual, as pessoas podem apresentar diferentes maneiras de ver e representar o mundo, as quais são usadas em contextos diferenciados (MORTIMER 1995; 2000). Esta teoria estabelece que haja uma distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil de um determinado conceito. Lidando com o mesmo conceito, cada zona do perfil pode ser tanto epistemológica quanto ontologicamente diferente de outras, já que essas duas características do conceito podem mudar à medida que se move através do perfil. O conceito de gene, por exemplo, enquanto objeto da genética mendeliana – uma partícula que passa de uma geração à outra e que se expressa ou não (FOGLE, 1990; KAUFFMAN, 1993) – não apresenta as mesmas categorias ontológicas e epistemológicas do conceito sistêmico de gene (PARDINI; GUIMARÃES, 1992). Nesta concepção, o gene é processo dinâmico cuja expressão requer a coparticipação de intrincadas redes de relações. Essa distinção entre os aspectos ontológicos e epistemológicos é importante dado que muitos problemas na aprendizagem de conceitos científicos relacionam-se à dificuldade em se mudar as categorias ontológicas e epistemológicas às quais os conceitos se referem (MORTIMER, 1995; 2000). Segue-se como consequência da teoria do perfil conceitual a ideia de que é possível usar diferentes modos de pensar em diferentes domínios. Ele sugere que, mesmo no domínio científico, há diferenças epistemológicas e ontológicas entre sucessivas teorias. Cada conceito, portanto, pode comportar aspectos e perfis diferenciados.

Outra consequência é a de que não há uma regra geral ou sequência de passos precisos a serem aplicados para o ensino/aprendizagem de qualquer conceito, como sugerem certas abordagens construtivistas (cf. MORTIMER, 2000). A teoria do perfil conceitual estabelece o oposto: o processo de ensino e seus passos dependem dos componentes epistemológicos e ontológicos de cada zona do perfil do conceito a ser ensinado (MORTIMER, 1995; 2000).

Outra importância da teoria é a de que a tomada de consciência pelo aluno de seu próprio perfil desempenha um papel determinante no processo de

ensino/aprendizagem em ciências. Ao perceber que utiliza uma concepção diferente daquela do professor para solucionar determinado problema, o estudante tomaria consciência de seu próprio perfil. Para que se efetive o processo de aprendizagem, cabe agora que essa tomada de consciência se converta na compreensão dos contextos de uso das concepções atual e a anterior (MORTIMER, 1995; 2000).

Portanto, o perfil conceitual é um referencial teórico importante para o ensino/aprendizagem de conceitos científicos. Deste modo, ele pode ser uma poderosa ferramenta para a criação de estratégias de ensino e aprendizagem, considerando-se que poderá auxiliar na compreensão da heterogeneidade de ideias do aluno e orientar a ação do professor quando este desejar estabelecer uma relação mais dialógica com seus alunos em sala de aula. Este, por sua vez, é um cenário de manifestações de ideias que nem sempre se conformam aos objetivos do tema ensinado. Assim, o trabalho de construir conceitos científicos esbarra nas mais variadas vivências dos alunos dentro e fora da instituição e faz emergir aspectos de sua vida social e cultural (MORTIMER, 2000). Tais aspectos, uma vez identificados, permitirão obter uma visão mais nítida dos obstáculos encontrados pelos alunos na aprendizagem dos conceitos.

A teoria do perfil conceitual tem constituído um programa de pesquisa em expansão (no sentido LAKATÓS, 1980) na área de educação em ciências. Diversos estudos o utilizaram com o intuito de esclarecer e estabelecer as formas de uso, os modos de compreensão e os diversos significados que podem ser atribuídos a um determinado conceito (por exemplo, MORTIMER, 1994; AMARAL, 2004; COUTINHO, 2005; SILVA, 2006; SILVA; AMARAL, 2006; SEPULVEDA et al., 2007; NICOLLI, 2009).

O perfil conceitual de vida

Do ponto de vista de seus aspectos epistemológicos e ontológicos, o perfil conceitual de vida, construído por Coutinho (2005) e Coutinho e colaboradores (2007), comporta três zonas que representam três níveis de compreensão, a seguir. O “internalismo” é a zona que se refere às concepções nas quais vida é entendida como processos, propriedades ou objetos inerentes ao vivente. Neste caso, noções tal como a de que a vida se resumiria a seus aspectos moleculares se situariam nesta zona. Esta é importante na construção de significados em disciplinas tais como genética, bioquímica e biologia molecular. O “externalismo” é a zona que representa a compreensão da vida como algo que se manifesta externamente ao vivente. Seria algo que viria de fora ou que tenderia a uma finalidade além do ser vivo. Concepções religiosas e filosóficas, tais como o neoplatonismo, cairiam nesta zona (COUTINHO, 2005). No entanto, apesar de amplamente difundida no contexto sociocultural, esta zona não integra o discurso científico atual. Finalmente, a “relacional” significa entender vida como uma relação entre entidades e/ou sistemas. Esta zona estabelece a compreensão de que vida não se localizaria nos organismos em si, mas resultaria das relações que os organismos estabelecem entre si e seu meio. Além disso, essa interação é capaz de produzir um próprio meio favorável à sua manutenção (COUTINHO, 2005; COUTINHO et al., 2007).

O internalismo é importante para a compreensão dos sistemas vivos em termos de suas propriedades (nascer, morrer, reproduzir, metabolizar, possuir determinada estrutura e organização molecular etc.). Disciplinas como fisiologia, genética e bioquímica necessitam que o aluno a acesse e tenha consciência de que ela existe. Simultaneamente, o contato com estas disciplinas estará reforçando e expandindo essa zona. De modo oposto, ecologia e evolução necessitam da compreensão do conceito de vida em termos de relações. Conceitos como adaptação, seleção, comunidade, biodiversidade, nicho e ciclos geoquímicos, por exemplo, só podem ser adequadamente definidos em termos relacionais. Deve-se ter em mente, no entanto, que essa relação é dinâmica, pois, como dito, a consciência da existência da zona é importante para a compreensão do tema, mas, ao mesmo tempo, o contato com a área disciplinar e seus temas reforçam as respectivas zonas do perfil.

Outra dinâmica que se estabelece é a de que a relação entre a zona do perfil conceitual e determinada disciplina não é estanque. A genética de populações, por exemplo, relaciona-se tanto com a zona internalista quanto com a zona relacional, pois além de tratar o conceito de gene como um componente da constituição interna do organismo, também lida com os processos evolutivos e ecológicos relacionados a ele (Figura 1). Assim, as relações com a zona do perfil dependerá dos aspectos epistemológicos e ontológicos do conceito ao qual se quer referir. Note-se, ainda, que a zona externalista não faz parte do discurso científico contemporâneo.

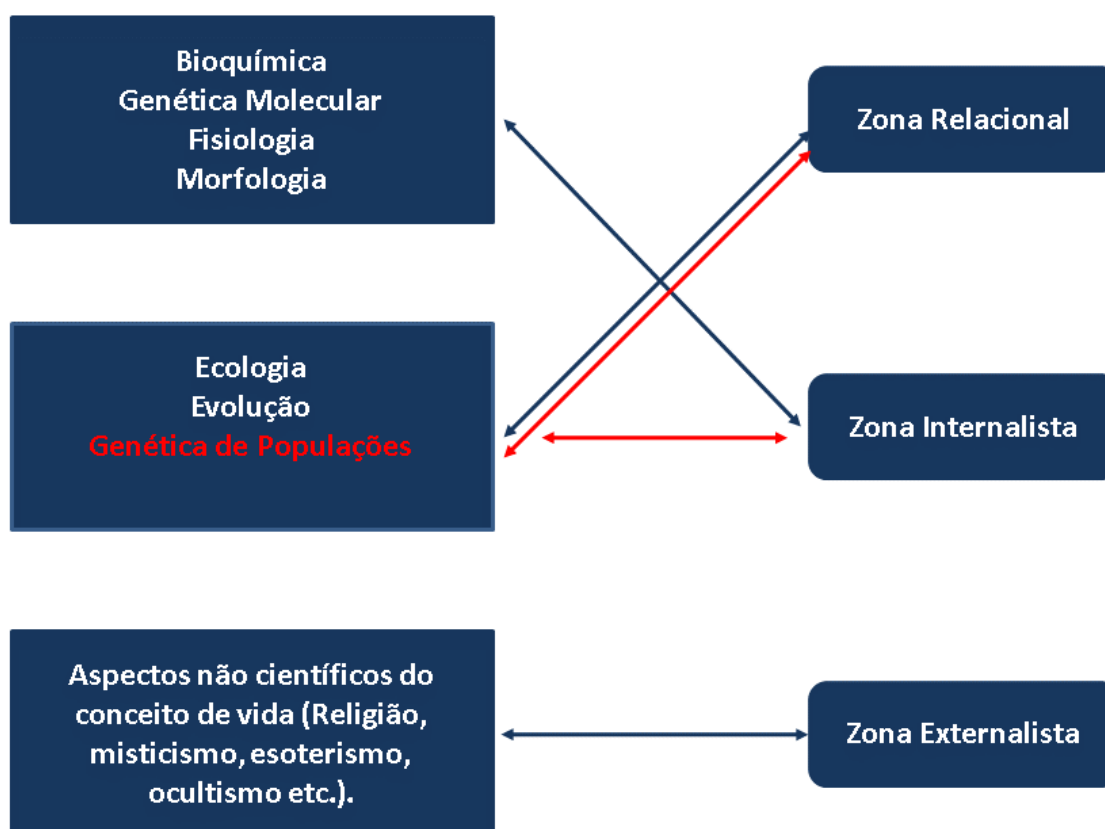


Figura 1. Relação das zonas do perfil conceitual de vida e áreas da biologia. Fonte: Autores.

Vejamos, agora, um exemplo hipotético de perfil conceitual de vida – e, para uma metodologia de construção de perfis conceituais, remetemos o leitor a Coutinho (2005), Silva (2006) e Mortimer e cols. (2014). Devemos esclarecer que o perfil

conceitual modela uma construção individual a partir de uma heterogeneidade coletiva. Ou seja, ao apropriar-se dos diversos significados atribuídos a um conceito dentro de um ambiente sociocultural e com base em seu próprio percurso ontogenético, o sujeito constrói um modo particular de pensar e expressar esse conceito. Assim, um suposto estudante poderia exibir um perfil conceitual para o conceito biológico de vida, conforme a figura 2. As alturas das barras no histograma representam os compromissos desse aluno às diversas zonas do conceito. Neste caso ele teria uma forte zona externalista em seu perfil conceitual, mas as zonas internalista e relacional seriam pouco desenvolvidas. Este aluno teria uma tendência a interpretar os fenômenos vivos além dos limites do discurso científico. Por outro lado, o processo educacional poderia contribuir para a ampliação das concepções científicas (Figura 3). Neste caso hipotético, o processo educacional resultou na ampliação das zonas internalista e relacional, mas também ocorreu uma diminuição da zona externalista. No entanto, esta não é uma condição necessária para que um processo educacional tenha resultados efetivos. O aluno poderia ter mantido a zona externalista intacta e ampliado as que cabem ao discurso científico.

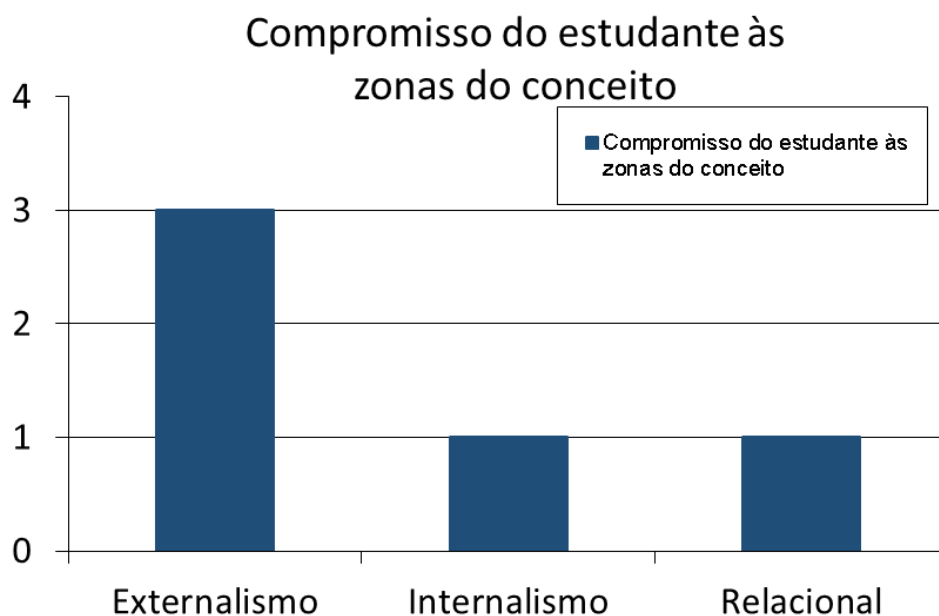


Figura 2. Um hipotético perfil para o conceito biológico de vida. Fonte: Autores.

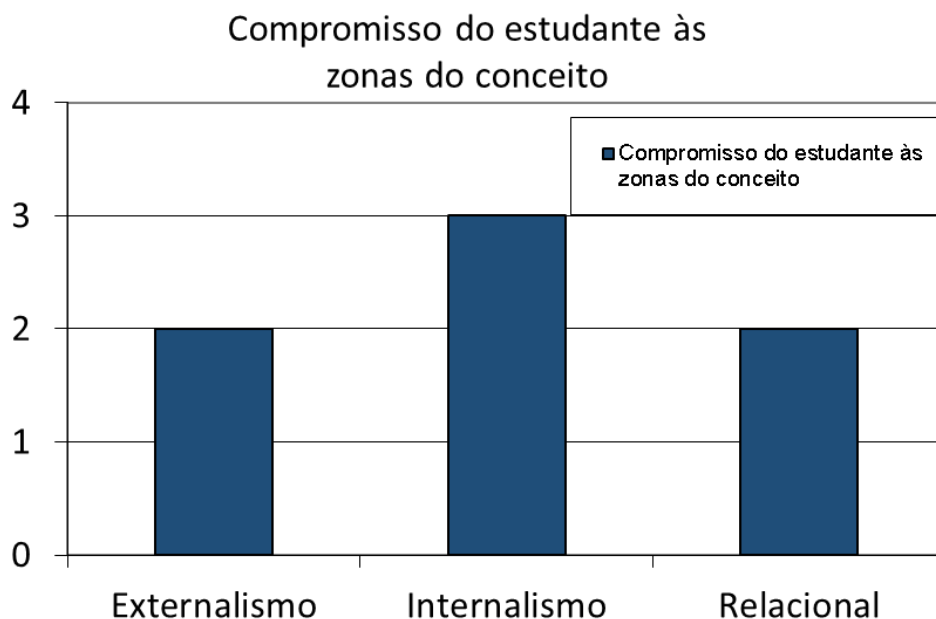


Figura 3. Evolução hipotética das zonas do perfil para o conceito biológico de vida, após um processo educacional. Fonte: Autores.

A abordagem biossemiótica

Biossemiótica (*bios* = vida & *semion* = signo) é um campo de investigação interdisciplinar que estuda a comunicação e a significação em sistemas vivos (SHAROV, 1998a). Uma característica marcante da biossemiótica é a da compreensão de que as entidades vivas interagem como corpos físicos, mas não somente com eles: interagem também como mensagens. Embora a biossemiótica remonte ao médico grego Galeno (SEBEOK, 1996), ela foi declarada como um novo aspecto da biologia teórica somente no século XX (KULL, 1999).

Signos utilizados por animais (visuais, acústicos e químicos) são processados por seus sistemas nervosos da mesma forma como em humanos, por isso noções da semiótica humana deveriam ser estendidas à zoosemiótica (SEBEOK, 1972). Todavia, a interpretação de signos não requer necessariamente um sistema nervoso, pois, segundo argumentou Krampsen (1981), até mesmo plantas são capazes de interpretar signos. Finalmente, organismos podem ser mensagens que comunicam a arte de sobreviver e reproduzir para as gerações futuras (HOFFMEYER, 1996).

Os organismos são mensagens, no sentido de que todos têm uma autodescrição em forma de DNA. Esta provém de gerações passadas e sumariza as experiências ancestrais na arte de sobreviver. Os organismos teriam uma natureza dual: representariam a si mesmos e seriam mensagens expedidas às gerações futuras.

Podemos dizer que o que é vivo, o organismo, é diferente do que sobrevive, o material genético. É a versão codificada, o material genético, que é passado para as próximas gerações por meio da procriação, enquanto o organismo deve morrer. Assim, o que sobrevive de fato é o código para alguma coisa, uma imagem do objeto – não o objeto. Vida é a sobrevivência em forma de código (HOFFMEYER, 1996, p.16).

Hoffmeyer ainda oferece uma interpretação do processo evolutivo. Segundo ele, devemos enfatizar a atividade do organismo na construção de seu ambiente, o nicho ecológico tal como o animal o apreende (HOFFMEYER, 1996, p.54). Receitas para a construção de ambientes são incluídas no genótipo e transferidas seletivamente às gerações futuras. O processo evolutivo não seria simplesmente mudança na forma dos organismos, mas notadamente uma mudança em suas relações com o mundo. Podemos citar como exemplo a relação comunicativa que se estabeleceu, nos últimos 20.000 anos, entre os pássaros indicadores de mel (*Indicator indicator*), que ocorrem em muitas regiões da África, e seres humanos. Estes pássaros guiam silvícolas coletores de mel até as colmeias de abelhas (*Apis mellifera*), por meio de voos pausados por empoleiramentos em galhos de arbustos.. Os coletores de mel afugentam as abelhas por meio de fumaça, retiram a maior parte do mel e o pássaro alimenta-se do restante, além de larvas e cera (ISAK; REYER, 1989).

A maior tendência evolutiva seria a seleção de ambientes cada vez mais complexos, que aumentariam a liberdade semiótica dos organismos. Essa liberdade semiótica seria entendida como

[...] o aumento na riqueza e 'profundidade' de significados que podem ser comunicados: dos feromônios ao canto dos pássaros e dos anticorpos às cerimônias japonesas de hospitalidade. (HOFFMEYER, 1996, p.61).

Um dos problemas básicos da biossemiótica é o de se entender como surgiram sistemas capazes de interpretar o mundo (SHAROV, 1998b). Em organismos menos complexos a interpretação é sempre reduzida a alguma ação simples. Para uma mariposa o som de um morcego significa “fuja”; para uma alga unicelular uma fonte de luz significa “mova-se para cá”. Muitos acreditam que a atividade de um organismo esteja predeterminada em sua estrutura. Mas isso é somente metade da resposta, dado que a ação e a estrutura fazem parte do que se chama “organização” (SHAROV, 1998b). Desse modo, a ação e a estrutura estão integradas em um organismo. Para se entender como ação e estrutura estão integradas, faz-se necessário entender o conceito de “valor” (SHAROV, 1998b).

Valores podem ser aplicados a vários tipos de atividades: comer, dormir, mover, crescer, reproduzir. Avaliando-se objetos e processos, o organismo interpreta subjetivamente o mundo e a ele mesmo e, ao fazê-lo, constrói seu ambiente (SHAROV, 1998a). Deve-se compreender, porém, que valor não é uma qualidade, nem do organismo nem do objeto. Por exemplo, preferimos uma barra de ouro e diamantes a um copo d’água. Contudo, em determinadas circunstâncias o copo d’água pode ser muito mais valioso por significar a diferença entre a vida e a morte.

A noção de valor é fundamental para a compreensão da natureza relacional dos sistemas vivos. Componentes do ambiente podem ter valores positivo ou negativo para um organismo. Por exemplo, fontes de alimento têm valores positivos, e objetos perigosos (como, inimigos) têm valores negativos. Também podem ser aplicados valores a vários tipos de atividade: comer, dormir, locomover, crescer, reproduzir. A ação do organismo em relação a objetos externos se torna incorporada à organização (ação-estrutura). Como resultado, o organismo desenvolve seu ambiente ao associar objetos externos a ações específicas, ou seja, ao interpretar o mundo.

Em biossemiótica, o foco não está na organização de moléculas, nem na seleção natural de moléculas replicadoras (no sentido de DAWKINS, 2007), mas na comunicação de signos na natureza (EMMECHE, 1998). É a relação de signos, em várias escalas biológicas, que deve ser encarada como objeto próprio da biologia, pois dessa perspectiva a vida é fundamentalmente comunicação (PATTEE, 1982).

No caso de processos ecológicos, estes podem ser apresentados usando-se diferentes linguagens de descrição (KULL, 2010). Por exemplo, podemos focalizar as condições (fatores abióticos) que influenciariam o funcionamento de determinados organismos, pois tais informações são importantes para responder certas questões ecológicas sobre eles. No entanto, no caso de descrições semióticas, o foco cairia sobre as relações que os organismos (individualmente ou em grupo) mantêm com esses fatores abióticos. Como veremos adiante, a teoria de construção de nicho detém-se sobre os processos pelos quais organismos e ambientes reciprocamente se transformam. Ainda, o conceito de paisagem física pode ser encarado como uma configuração e extensão espacial (ALLEN; HOEKSTRA, 1992, p.47). Essa noção é apenas descritiva, pois resta, ainda, saber quais seriam os mecanismos integradores dos padrões e processos que se sucedem ao longo da paisagem (FARINA, 2008). Uma definição de paisagem como uma interface semiótica entre recursos e organismos abre uma perspectiva para a compreensão desses mecanismos. Se a paisagem for considerada como uma fonte de sinais convertidos em significado pela cognição animal, segue-se que o padrão da paisagem não é a contiguidade espacial, mas uma categoria de sinais identificáveis (FARINA, 2008). Nesse sentido, a paisagem não seria somente um espaço geológico, mas uma entidade funcional cognitiva composta por componentes bióticos e abióticos (FARINA, 2008). O exemplo dos pássaros indicadores de mel comentado acima ilustra adequadamente essa noção de fonte de sinais que chamaríamos “paisagem de signos”. Nesse caso, é necessário compreender o comportamento do pássaro não como um conjunto de representações que ocorre dentro de sua “cabeça”, mas como uma função dos signos da paisagem convertidos em valor e significado. A paisagem de signos e as relações semióticas tornam-se a unidade de análise, e não os disparos eletroquímicos no sistema nervoso do pássaro.

Se vida pode ser compreendida como comunicação, a unidade de estudo da biologia é o conjunto das relações semióticas entre os vivos entre si e com seu meio, mais do que a estrutura molecular subjacente. Charles Peirce definiu esta relação semiótica como uma relação triádica entre o veículo do signo, o objeto do signo e o interpretante do signo (Figura 4). O veículo do signo “é aquilo que sob certo aspecto ou modo representar algo para alguém” (PIERCE apud SANTAELLA, 2000, p.12) independentemente de seu significado; o objeto do signo é aquilo ao qual o signo se refere; e o interpretante do signo é aquilo que, na relação, é produzido pelo veículo e pelo objeto do signo. Uma relação signífica só se estabeleceria quando os três componentes da tríade estivessem presentes.

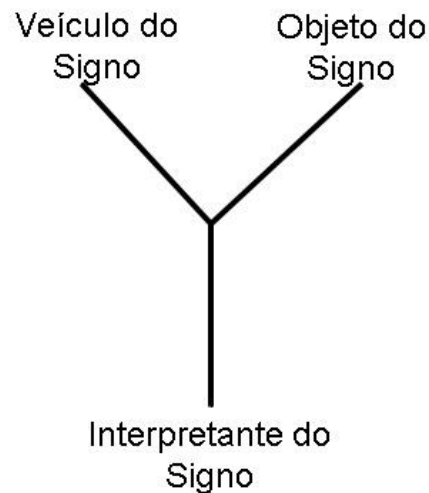


Figura 4. O signo como relação triádica. Fonte: Autores.

A partir da noção de que a unidade de estudo da biologia seja a relação sígnica, podemos imaginar que vida não é algo possuído ou doado a uma determinada instância material e, portanto, uma substância do mundo. Ainda, o foco não é a organização de moléculas, mas a comunicação de signos na natureza (EMMECHE, 1998). Um organismo vivo e seu ambiente (biótico e abiótico) constituem uma unidade essencial, um microcosmo, no qual a relação semiótica ocorre (FERREIRA, 2010).

A construção de nicho

Construção de nicho é o processo pelo qual os organismos modificam o ambiente por meio de seus metabolismos e comportamentos (LALAND e STERELNY, 2006). Os organismos constroem buracos, ninhos, teias e tocas; modificam os níveis de gases na atmosfera; decompõem outros organismos; fixam nutrientes. Esta teoria procura sanar uma falha teórica na biologia evolutiva: o papel ativo desempenhado pelos organismos na evolução orgânica. Conceitos realmente importantes tais como aptidão darwiniana, adaptação e seleção natural receberam enorme atenção na biologia e filosofia da biologia, mas de certa forma o papel que os organismos desempenham na mudança da dinâmica do processo evolutivo foi praticamente ignorado.

A ideia fundamental da teoria de construção de nicho diz respeito à base causal das relações dos organismos e seus ambientes, bem como ao papel ativo que os organismos desempenham nos eventos evolutivos e coevolutivos (LALAND; STERELNY, 2006). Na visão clássica, moldada pela teoria sintética, a evolução é um processo no qual a seleção natural conforma os organismos para adaptá-los a um “padrão” ou “gabarito” ambiental preexistente.

Em livros didáticos de biologia publicados no Brasil, esta visão pode ser notada. Amabis e Martho (2009), afirmam que o “ajustamento que todo ser vivo apresenta em relação ao ambiente em que vive é chamado de adaptação” (p. 224) e “[o] evolucionismo explica a adaptação por meio da seleção natural” (idem). “A seleção natural decorre de restrições que o meio impõe à sobrevivência dos organismos” (AMABIS; MARTHO, 2009, p. 246). Neste caso temos: adaptação é ajustamento do organismo ao ambiente; adaptações são explicadas pelo processo de seleção natural

e seleção é uma restrição do ambiente imposta sobre os organismos. Em Lopes (2006), adaptação é entendida como o “modo harmônico de relação do organismo com o meio ambiente onde vive” (p.216). Em seguida “[o] meio ambiente atua, então, como um ‘agente’ que seleciona as formas com características mais vantajosas” (LOPES, 2006, p.228). Ao se entender o ambiente como um agente, de forma bastante explícita, temos que o ambiente é uma força ativa que atua sobre os organismos. Finalmente, em Paulino (2008, p.167), “adaptação refere-se ao ajustamento dos seres vivos às condições do meio ambiente em que vivem”. Em seguida “[...] o meio ambiente atua como um fator seletivo sobre as variações já existentes entre os indivíduos de uma mesma espécie [...]” (PAULINO, 2008, p.171).

Embora os autores desses livros não possam ser acusados de cometerem erros conceituais, eles estariam contando somente parte da história, pois, nesta concepção, a seta causal aponta somente em uma direção: o ambiente é a fonte de seleção e ele determinaria os aspectos dos seres vivos (LALAND; STERELNY, 2006). O que pode ser resumido assim: “adaptação é sempre assimétrica: os organismos se adaptam aos seus ambientes, nunca o contrário” (WILLIAMS, 1992, p.484). Esta visão clássica pode ser formalizada por meio de um par de equações diferenciais no tempo (LEWONTIN, 2002, p.105):

$$\frac{dE}{dt} = d(E)$$

Equação 1: mudança temporal no ambiente como função de variáveis ambientais.

$$\frac{dO}{dt} = g(O, E)$$

Equação 2: mudança no organismo como função do estado vigente do organismo e do ambiente.

Ou seja, a mudança temporal no ambiente é função de variáveis ambientais (equação 1). Mas a mudança no organismo é função do estado vigente do organismo e do ambiente (equação 2). Estas duas equações indicam que a história evolutiva completa do organismo é impulsionada pelo processo ambiental autônomo. No entanto, a situação real no processo evolutivo é mais bem descrita pelo par constituído pela Equação 3 e pela Equação 2, já apresentada por Lewontin (2002):

$$\frac{dE}{dt} = f(O, E)$$

Equação 3: mudança do ambiente como depende também da atividade modificadora dos organismos.

$$\frac{dO}{dt} = g(O, E)$$

Equação 4: mudança do organismo como depende também da atividade modificadora do ambiente.

A equação (3) mostra que a mudança do ambiente depende também da atividade modificadora dos organismos. As equações (3) e (4) descrevem coevolução entre o organismo e o ambiente: ambos atuam como causa e como efeito (LEWONTIN, 2002, p.105-106). A equação (3) introduz uma seta causal adicional nas relações entre o

organismo e seu ambiente e indica os impactos que os organismos têm sobre seus ambientes. Tais impactos, Odling-Smee (1988) denomina construção de nicho. A questão principal aqui é a de que os organismos são entidades ativas e reativas (LALAND; STERELNY, 2006). Para estarem vivos, os organismos devem perturbar componentes específicos de seus ambientes e modificar as pressões de seleção às quais eles e outros organismos coexistentes estão sujeitos (BOOGERT et al., 2006). Quanto à construção de nicho (ODLING-SMEE et al., 2003, p.44) podemos dizer que há perturbação quando os organismos modificam um ou mais fatores em seus ambientes (por exemplo, por meio de secreções de substâncias químicas ou construção de artefatos) e que há realocação quando os organismos se movimentam no espaço.

Uma segunda dicotomia que pode ser estabelecida a respeito da construção de nicho é a de se os organismos iniciam ou respondem às mudanças no ambiente (ODLING-SMEE et al., 2003, p.45). Diz-se que são inceptivos os casos em que os organismos iniciam as mudanças, seja por perturbação ou relocação. Conversamente, se os organismos respondem à mudança se opondo de alguma forma a ela, o processo é descrito como opositivo (Quadro 1).

Quadro 1. Exemplos das quatro categorias de construção de nicho. (A partir de ODLING-SMEE et al., 2003, p.47).

	Perturbação	Realocação
Inceptivo	Organismos iniciam uma mudança em seus ambientes modificando-o fisicamente. Ex.: emissão de detritos.	Organizadores expõem-se a novos ambientes movendo-se ou desenvolvendo-se em novos locais. Ex.: invasão de um novo habitat.
Opositivo	Organismos se opõem a uma mudança anterior no ambiente modificando o entorno. Ex.: termorregulação de ninhos.	Organismos respondem a uma mudança no ambiente movendo-se ou se desenvolvendo em um ambiente mais sustentável. Ex.: migração sazonal.

As duas categorias de construção de nicho são ortogonais, isto é, pode-se admitir construção de nicho como perturbação inceptiva, perturbação opositiva, relocação inceptiva e relocação opositiva (ODLING-SMEE et al., 2003, p.46). Enfim, há uma independência causal entre seres vivos e os componentes abióticos. Na concepção de Lewontin (2002, p.54),

Um ambiente é algo que envolve ou cerca, mas para que haja envolvimento, é preciso que haja algo no centro para ser envolvido. O ambiente de um organismo é a penumbra de condições externas que para ele são relevantes em face das interações efetivas que mantém com aqueles aspectos do mundo exterior.

Na concepção da construção de nicho, o processo evolutivo não deve ser pensado como acomodação dos organismos às exigências de moldes ambientais. Os organismos ativamente mudam os seus ambientes. Portanto, o que temos é uma situação de causação recíproca que os coloca em uma relação de coevolução simétrica. A ideia de construção de nicho está intimamente ligada à insistência da biossemiótica sobre a fundamental interação entre organismos e seus ambientes (NIELSEN, 2007).

Coevolução

Muito do que ocorre no processo evolutivo é coevolução (THOMPSON, 2010). Porém, nem toda influência de uma espécie sobre a outra é coevolução. A influência deve necessariamente invocar mudança recíproca (RIDLEY, 2006, p. 633; FUTUYMA, 2009, p. 430). Tratar sobre coevolução em sala de aula contribui para enfatizar a ideia de que o ambiente de um organismo não é simplesmente o entorno abiótico, mas também os demais organismos e espécies com as quais ele se relaciona. Segundo nossa expectativa, esta seria uma estratégia que resultaria na ampliação da zona relacional.

Relações entre parasitas e hospedeiros, predadores e presas e mutualismos impõem pressões seletivas que moldam as espécies envolvidas. Este processo recíproco direciona e modela o destino das espécies (THOMPSON, 2010). Dada sua importância para a compreensão da evolução, e as relações ecológicas entre os organismos, é estranho que os processos coevolutivos recebam tão pouca atenção nos livros didáticos de biologia. No seguimento, mostraremos alguns exemplos de coevolução e buscaremos evidenciar porque eles são centrais para nossa compreensão relacional do conceito de vida.

Entre os principais exemplos de como as interações coevolutivas influenciariam a evolução, há o da simbiose entre bactérias e as células eucariotas. Fortes evidências indicam que as mitocôndrias são bactérias que coevolíram com os eucariotos ancestrais (THOMPSON, 2010). Esta relação tornou-se tão íntima que não há individualidade entre ambos, de tal forma que mitocôndrias são consideradas organelas da célula eucariota (Figura 5). Do mesmo modo, plantas e algas adquiriram a fotossíntese por meio da assimilação de um ancestral relacionado às cianobactérias atuais (ARCHIBALD, 2009).

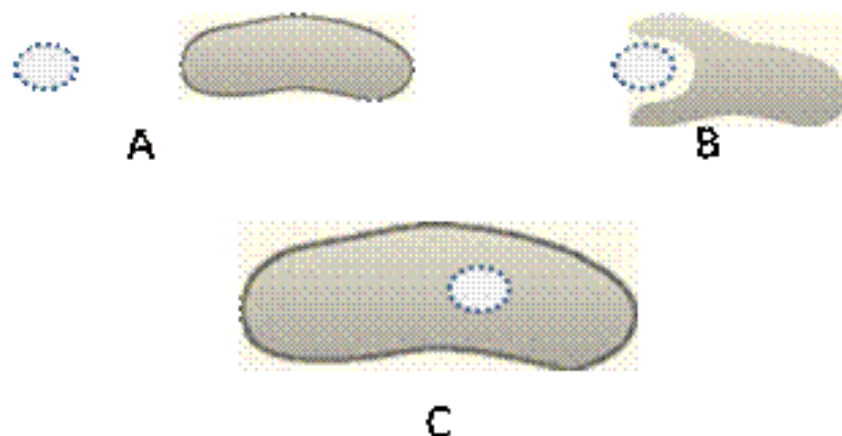


Figura 5. Emergência de uma linhagem por meio de endossimbiose. A) Começo com duas bactérias independentes; B) uma bactéria engolfa a outra. C) uma bactéria passa a viver dentro da outra. Fonte: (a partir de Thanukos, 2010).

Um exemplo também bastante ilustrativo é o da associação entre as larvas da borboleta licenídea *Glaucompsyche lygdanus* e a *Formica fusca*. A larva de *Glaucompsyche lygdanus* secreta substâncias que atraem a formiga. Em compensação as formigas protegem as larvas de *Glaucompsyche lygdanus* contra o parasitismo por vespas braconídeos e moscas taquinídeos. Em um experimento de campo Pierce e Mead

demonstraram que estas espécies estão estreitamente coadaptadas, pois as formigas recebem alimento e as lagartas ganham proteção (cf. RIDLEY, 2006, p.634). Esse tipo de associação é chamado de mutualismo. Diversos outros exemplos podem ser encontrados na literatura (ver o Quadro 2).

Quadro 2. Algumas interações coevolutivas (a partir de Thompson, 2010)

Exemplo	Táxon 1	Táxon 2	Implicação ecológica
Mitocôndria	Eucariotos	Bactérias	Energia celular
Cloroplasto	Eucariotos	Cianobactérias	Fotossíntese
Recifes marinhos	Corais	Dinoflagelados	Fotossíntese
Líquens	Fungos	Algas verdes/ cianobactérias	Nutrição
Competição	Vários	Vários	Diversificação ecológica
Polinização	Plantas	Animais	Reprodução sexual em plantas
Parasitismo	Hospedeiro	Parasitas	Seleção para reprodução sexual

Coevolução é importante, pois enfatiza como espécies podem estabelecer íntima relação umas com as outras. Além disso, é uma ferramenta teórica poderosa que relaciona evolução e ecologia. O professor poderá contribuir para que o aluno adquira uma concepção relacional do conceito de vida incentivando os estudantes a compreenderem como as relações ecológicas resultam do processo evolutivo e de como a evolução e ecologia estão intimamente relacionadas (THANUKOS, 2010).

Pensando o ensino de biologia

A zona externalista do perfil conceitual de vida não integra o discurso científico atual. A internalista encontra-se bastante difundida (COUTINHO, 2005). A zona relacional, no entanto, é mais abstrata e complexa e encontra-se pouco desenvolvida, até mesmo entre os estudantes de biologia (COUTINHO, 2005). No entanto, como foi aqui argumentado, o desenvolvimento da zona relacional é importante para o processo de entendimento da ecologia e da evolução. Acreditamos que os referenciais aqui apresentados possam servir-se como fontes de elaboração e aplicação de estratégias didáticas e fonte de inspiração para pesquisas sobre o ensino. Sob esta perspectiva propomos o seguinte esquema (Figura 6).

A biossemiótica pode servir como uma interpretação alternativa sobre a natureza de fenômenos biológicos, pois evidencia os aspectos relacionais dos sistemas vivos entre si e o ambiente. Embora seja um programa de pesquisas ainda em construção, a literatura já é vasta e conta com uma publicação especializada, a revista *Biosemitotics* (Springer, <http://www.springerlink.com/content/1875-1342>). Além disso, existem coletâneas de artigos (BARBIERI, 2006; BARBIERI, 2007; HOFFMEYER; FAVAREAU, 2009). Porém, acreditamos, estratégias de ensino baseadas em exemplos de relações comunicativas entre organismos de espécies diferentes, transferência lateral de genes

durante o processo evolutivo e comunicação entre plantas podem contribuir para uma visão mais relacional dos sistemas vivos.

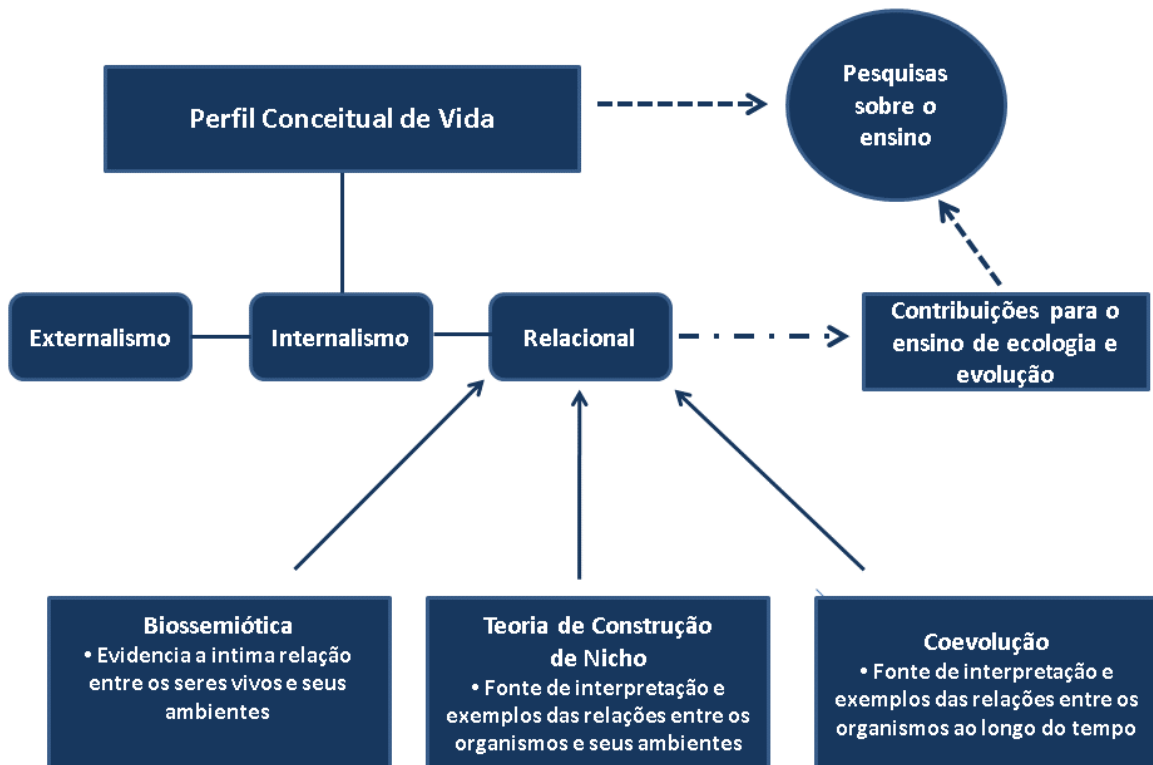


Figura 6. Quadro dos referenciais teóricos e suas relações com o processo de ensino e pesquisa sobre o ensino de ecologia e evolução. Fonte: Autores.

A teoria de construção de nicho e os exemplos de coevolução servem como fontes de interpretação e exemplos das relações, respectivamente, entre os organismos e seus ambientes e entre os próprios organismos. Estas duas teorias encontram-se bem assentadas e uma revisão em bases especializadas pode fornecer vários exemplos.

Importa frisar aqui que a estratégia de simplesmente arrolar exemplos não seria suficiente para que os estudantes adquirissem um compromisso ontológico e epistemológico com a zona relacional do conceito de vida. Se o que se deseja é a ampliação da zona relacional do conceito de vida, as estratégias de ensino devem ser planejadas com vistas a esse fim. Portanto, isso envolve um papel ativo do professor no sentido de identificar os obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão, por parte dos estudantes, desse modo de pensar o conceito de vida. Em seguida, os referenciais teóricos aqui apontados serviriam como fontes de negociação e relativização, dentro de atividades planejadas, de outros compromissos ontológicos e epistemológicos que sustentem outras formas de pensar o conceito.

A par disso, podemos ainda pensar em pesquisas sobre o ensino. Mais especificamente, podemos perguntar: como os professores veriam o que aqui foi apresentado? Eles teriam conhecimento desses referenciais? Eles consideram o conceito de vida importante? Que estratégias poderiam ser construídas para o uso dos referenciais apresentados em nosso artigo? Qual seria o impacto desses referenciais sobre a aprendizagem e zonas do perfil conceitual? Se for desejável um ensino de biologia mais temático e menos conceitual e enciclopédico, como os referenciais aqui apresentados poderiam contribuir?

Considerações finais

Nesse artigo, apresentamos três referenciais teóricos que acreditamos poder contribuir para uma melhor compreensão do conceito de vida e ampliar sua zona relacional. Nossa hipótese é a de que a utilização destes referenciais poderá servir como apoio ao ensino de ecologia e evolução. Para isso, seria necessário designar estratégias de ensino neles fundamentadas e delinear pesquisas para avaliar sua eficácia. Algumas questões norteadoras de pesquisas foram explicitadas. Além disso, acreditamos que as ferramentas metodológicas desenvolvidas no programa de pesquisas em perfis conceituais são importantes para alcançar esse propósito. Muitas delas servem exatamente para acompanhar a evolução das zonas do perfil em situações de sala de aula ou ao longo de cursos de graduação (cf. MORTIMER, 2000; COUTINHO, 2005; SILVA, 2007). Finalmente, embora neste artigo estejam delineadas várias possibilidades, a partir de perspectivas teóricas importantes na ecologia e evolução, sua culminância é a prática de sala de aula e pesquisas que visem avaliar suas consequências.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao CNPq e a FAPEMIG pelo apoio financeiro. O primeiro autor é grato ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa. A terceira autora é grata a FAPEMIG pela bolsa de apoio técnico. Os autores agradecem aos revisores anônimos pelas valiosas sugestões.

Referências

- ALLEN, T.F.H.; HOEKSTRA, T.W. **Toward a unified ecology**. New York: Columbia University Press. 1992.
- AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. **Biologia**. Vol. 3. Biologia das Populações. São Paulo: Moderna. 2009.
- AMARAL, E.R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do ensino médio**. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.
- ARCHIBALD, J.M. The origin and spread of eukaryotic photosynthesis: evolving view in light of genomics. **Botânica Marinha**, n.52, p.95-193, 2009.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARBIERI, M. (Ed.). **Introduction to Biosemiotics**. Dordrecht: Springer. 2006.
- _____. (Ed.). **The Codes of Life: The Rules of Macroevolution**. Dordrecht: Springer. 2008.

BOOGERT, N. J.; PATERSON, D. M.; LALAND, K. N. The implications of niche construction and ecosystem engineering for conservation biology. **BioScience**, vol.56, n.7, p.570-578, 2006.

COUTINHO, F. A. **Construção de um perfil conceitual de vida**. Tese (Doutorado em Educação) 183 p. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

COUTINHO, F.A.; MORTIMER E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol.12, n.1, p.115-137, 2007.

CROMBIE, A.C. **Augustine to Galileo: The history of Science**. Cambridge: Harvard University Press. 1953.

DAWKINS, R. **O gene egoísta**. São Paulo: Cia das Letras. 2007.

EMMECHE, C. Defining life explaining emergence. 1997. Disponível em: <<http://www.nbi.dk/~emmeche/cePubl/97e.defLife.v3f.html>>. Acesso em 10/03/2015.

EMMECHE, C. Defining life as a semiotic phenomenon. **Cybernetics & Human Knowing**, vol.5, n.1, p.3-17, 1998.

EMMECHE, C.; EL-HANI, C. N. Definindo Vida. In: EL-HANI, C. N.; 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

FARINA, A. 2009. The Landscape as a Semiotic Interface between Organisms and Resources. **Biosemiotics**, vol.1, n.1, p.75-83, 2008.

FERREIRA, M.I.A. On Meaning: A Biosemiotic Approach. **Biosemiotics**. 1, 2010.

FOGLE, T. Are genes units of inheritance? **Biology and Philosophy**, n.5, p.349-371, 1990.

FUTUYMA, D. **Evolution**. Sunderland: Sinauer Associates. 2009.

FUTUYMA, D. How species affect each other's evolution. **Evolution Education and Outreach**, n.1, 2010.

HOFFMEYER, J. **Signs of meaning in the Universe**. Blomington: Indiana University Press. 1996.

HOFFMEYER, J.; FAVAREAU, D. **Biosemiotics: An Examination into the Signs of Life and the Life of Signs**. Scranton: University of Scranton Press. 2009.

ISACK, H.A; REYER, H.U. Honeyguides and honey gatherers: interspecific communication in a symbiotic relationship. **Science**, vol.243, n.4896, p.1343-46, 1989.

KAY, L. E. **The Molecular vision of life**. Oxford: Oxford University Press. 1996.

KAUFFMAN, S. A. **The Origins of Order: self-organization and selection in evolution**. Oxford: Oxford University Press. 1993.

KRAMPEN, M. Phytosemiotics. **Semiotica**, vol.36, n.3/4, p.187-209, 1981.

KULL, K. Biosemiotics in the twentieth century: a view from biology. **Semiotica**, vol.127, n.1/4, p.385-414, 1999.

- KULL, K. Ecosystems are Made of Semiotic Bonds: Consortia, Umwelten, Biophony and Ecological Codes. **Biosemiotics**, n.3, p.347-357, 2010.
- LAKATOS, I. **The Methodology of Scientific Research Programmes**. Cambridge: Cambridge University Press. 1980.
- LALAND, K.N.; STERELNY, K.P. Seven reason (not) to neglect niche construction. **Evolution**, vol.60, n.9, p.1751-62, 2006.
- LEWONTIN, R. **A tripla hélice: gene, organismo e ambiente**. São Paulo, Companhia das Letras. 2002.
- LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia hoje**. vol. 3. São Paulo: Ática. 2008.
- LOPES, S. **Biologia**. vol. 3. São Paulo: Saraiva. 2006.
- MARTINS, R.P.; SANTOS, F.R.; COUTINHO, F.A. A mal compreendida evolução. **Ciência Hoje**, vol.45, n.266, p.74-75, 2009.
- MAYR, E. **This is Biology: The Science of the Living World**. Cambridge: Harvard University Press, 1997.
- MORTIMER, E. F. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. Tese (Doutorado em Educação). 281p. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? **Science & Education**, n.4, p.267-285, 1995.
- MORTIMER, E.F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG. 2000.
- MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.; SEPULVEDA, C.; AMARAL, E.M.R.; COUTINHO, F.A.; SILVA, F.A.R. Methodological grounds of the conceptual profile research program. In: MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C. **Conceptual profiles**. A theory of teaching and learning scientific concepts. New York: Springer. 2014. p.67-100.
- NEWTON, R.G. **A verdade da ciência**. Lisboa: Dinalivro. 1997.
- NICOLLI, A. A. **Perfil conceitual de morte e abordagem pedagógica do ciclo de vida, no ensino de ciências**. Tese (Doutorado em Educação). 235p. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- NIELSEN, S. N. Towards an ecosystem semiotics. Some basic aspects for a new research program. **Ecological Complexity**, n.4, p.93-101, 2007.
- ODLING-SMEE, F.J.; LALAND, K.N.; FELDMAN, M.W. Niche construction. **American Naturalist**, n.147, p.641-648, 1996.
- ODLING-SMEE, F.J.; LALAND, K.N.; FELDMAN, M.W. **Niche construction**. The neglected process in evolution. Princeton: Princeton University Press, 2003.
- PARDINI, M.I.M.C.; GUIMARÃES, R.C. A Systemic Concept of the Gene. **Revista Brasileira de Genética**, n.15, p.713-721, 1992.
- PATTE, H.H. Cell psychology: an evolutionary approach to the symbol-matter problem. **Cognition and Brain Theory**, 5: 325-341, 1982.
- PAULINO, W.R. **Biologia**. vol. 3. São Paulo: Ática, 2008.

- RIDLEY, M. **Evolução**. Porto Alegre: Artmed. 2006.
- SANTAELLA, L. **A teoria geral dos signos**. São Paulo: Pioneira. 2000.
- SEBEOK, T.A. **Perspectives in zoosemiotics**. Mouton: Hague. 1972.
- SEBEOK, T.A. Galen in medical semiotics. **Interdisciplinary Journal for Germanic Linguistics and Semiotic Analysis**, vol.1, n.1, p.89-111, 1996.
- SEPULVEDA, C.A.S.E.; MORTIMER, E.F.; EL-HANI, C.N. Construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007.
- SHAROV, A. What is biossemiotics? 1998a. Disponível em: <<http://www.gypsymoth.ento.vt.edu/~sharov/biosem/geninfo.html>>. Acesso em 10/03/2015.
- _____. From cybernetics to semiotics in biology. **Semiotica**, n.120, p.403-419, 1998b.
- SILVA, F.A.R. **O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação**. Dissertação (Mestrado em Educação). 160p. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- SILVA, J.R.R.T.; AMARAL, E.M.R. Proposta de abordagem para o ensino de reações químicas a partir da noção de perfil conceitual. In: ALBUQUERQUE, U. P.; VÉRAS, A. S. C.; FREIRE, F.J.; LIRA JÚNIOR, M.A. (Org.). **Caminhos da Ciência**. 1a. ed. Recife: EDUFRPE, vol.1, p.259-273, 2006.
- THANUKOS, A. Coevolution in the classroom. **Evolution Education and Outreach**, 1, 2010.
- THOMPSON, J.N. Four central points about coevolution. **Evolution Education and Outreach**, n.1, 2010.
- WILLIAMS, G.C. Gaia, nature worship, and biocentric fallacies. **Quarterly Review of Biology**, n.67, p.479-486, 1992.

Submetido em março de 2013, aceito para publicação em agosto de 2014.