

O conceito de interação na organização dos seres vivos

Fernanda Aparecida Meglhioratti
Ana Maria de Andrade Caldeira
Jehud Bortolozzi

Resumo: A compreensão do objeto de estudo da biologia, isto é a vida, implica um entendimento complexo de um organismo vivo, o qual não pode ser explicado apenas por seu genótipo. Propomos, neste trabalho, o estudo do conceito de interação nos níveis célula-organismo-ambiente, tendo como ênfase a organização peculiar de um ser vivo, e a inserção da Filosofia da Biologia no Ensino de Biologia. A pesquisa está amparada na utilização dos debates recentes da Filosofia da Biologia, tendo como representantes Maturana, Varela, Gould, Mayr, Lewontin, El-Hani, entre outros. Os fundamentos teóricos que sustentam nossa análise são: a noção de *autopoiese* (ou organização circular), o emergentismo (pressupondo a emergência de propriedades qualitativamente novas na organização de um ser vivo) e a idéia de níveis de organização (teoria de níveis).

Palavras-chave: filosofia da biologia; ensino de biologia

The concept of interaction in the organization of living beings

Abstract: The comprehension of the object of biology study, life itself, implicates in a complex understanding of a living organism, which cannot be explained only by its genotype. We propose, in this paper, the study of interaction concept in the levels cell-organism-environment, having the peculiar organization of a living being as emphasis object, and the insertion of Biology Philosophy in Biology Teaching, having as representatives Maturana, Varela, Gould, Mayr, Lewontin, El-Hani, among others. The theoretical fundamentals of our analysis are: the notion of *autopoiesis* (or circular organization), emergentism (assuming the emergency of new qualitative properties in the living being's organization) and the idea of levels of organization (theory of levels).

Keywords: biology philosophy; biology teaching

O conceito de interação na organização dos seres vivos

Fernanda Aparecida Meghioratti*

Ana Maria de Andrade Caldeira**

Jehud Bortolozzi***

1 INTRODUÇÃO

A Biologia atual tem sido caracterizada por uma crescente ênfase nos aspectos moleculares (El-Hani, 2002; Emmeche, 2004; Feltz, 1995). Mas, apesar do caráter fundamental da Biologia Molecular ao entendimento dos mecanismos biológicos, ela não é suficiente para a compreensão da organização de um ser vivo.

Richard Lewontin (2002) critica a visão do desenvolvimento de um ser vivo como desdobramento de características predeterminadas pelos genes, ressaltando que a ontogenia de um organismo é consequência da interação singular entre: seus genes, a seqüência temporal do ambiente externo e eventos moleculares aleatórios que ocorrem dentro das células individuais (ruídos do desenvolvimento). Para ele, um genótipo não especifica um produto único de desenvolvimento, mas uma norma de reação com resultados diferentes em ambientes variados. Charbel Niño El-Hani (2002) destaca também a compreen-

* Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP. E-mail: fglio@fc.unesp.br. Endereço para correspondência: Avenida Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, s / n, 17.033-360 Bauru, SP.

** Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP. E-mail: caldeira@netsite.com.br

*** Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP. E-mail: jehud@fc.unesp.br

são distorcida na Biologia, em que o organismo é visto como ponto de encontro passivo, entre as variáveis genéticas e a seleção natural, o que desconsidera o papel ativo do organismo na modificação de seu ambiente. No entanto, como afirma Lewontin (2002), o organismo constrói e altera o seu meio, não podendo ser considerado apenas um ente passivo nas interações biológicas.

Segundo Kepa Ruiz-Mirazo *et al.* (2000), as pesquisas biológicas atuais estão focalizadas em níveis mais restritos que o organismo, tais como a biologia molecular e a teoria evolutiva genecêntrica, ou em níveis mais globais, como em algumas partes da biologia evolucionária e da ecologia. Os autores destacam que o organismo tem desempenhado um papel marginal nas pesquisas atuais e defendem a importância de recolocar o conceito de organismo no centro da discussão biológica.

A compreensão do objeto de estudo da Biologia, isto é, a vida, implica o entendimento complexo do ser vivo, tendo o organismo, seu tipo de organização e seu ambiente como focos de discussão. Concordando com a visão de um organismo complexo e com a centralidade desse conceito à construção do conhecimento biológico, propomos o estudo do organismo reconhecendo a existência de dois discursos formadores da compreensão de um ser vivo (Salthe & Matsuno, 1995), um internalista, e outro externalista¹. Nestes discursos, destacamos a compreensão de níveis hierárquicos de organização (referencial de um observador externo) e as tentativas de compreender o sistema a partir de seus mecanismos geradores (referencial interno).

Através do pressuposto da teoria de níveis da Biologia Hierárqui-

¹ Ressaltamos que as conotações dos termos *externalismo* e *internalismo* usadas neste trabalho não dizem respeito às abordagens em História da ciência mas são referentes a formas distintas de discursos sobre o mundo, amparadas no referencial de um observador. No discurso externalista, segundo Stanley Salthe (2001a), uma construção teórica ou modelo é produzido a partir do referencial de um observador externo ao fenômeno. Enquanto, em uma perspectiva internalista, o observador está inserido na representação do sistema, ou seja, a elaboração do discurso é realizada a partir da perspectiva dos participantes do fenômeno. Para Salthe, o discurso internalista emerge no século XX como resposta às dificuldades dos modelos externalistas em explicar a complexidade do mundo.

ca, consideramos o ser vivo como ponto central da discussão, assumindo sua unidade e autonomia por meio das relações engendradas pelos seguintes níveis: ambiente celular-molecular / organismo / ambiente externo.

A idéia de interação célula-organismo-ambiente pressupõe a ação modificadora constante de um nível em relação ao outro. O organismo não é só modificado pelo meio, como também age sobre esse e o transforma. Na visão internalista, ressaltamos: a compreensão da auto-organização a partir de um observador interno que experiencia as interações dinâmicas dos componentes de um dado sistema.

Iremos nos basear nos debates recentes advindos da Filosofia da Biologia referentes às seguintes noções: (1) existência de uma clausura funcional / operacional e uma abertura energética; (2) o reconhecimento de níveis hierárquicos de organização a partir do referencial de um observador externo; (3) a compreensão dos mecanismos gerativos de um sistema a partir de um pressuposto internalista.

Compreendemos que o discurso biológico típico está centrado no reconhecimento de níveis hierárquicos de complexidade, o que não diminui a importância da compreensão internalista de um sistema. O estudo sistemático da organização básica de um ser vivo e sua relação com outros níveis de complexidade oferece unidade aos diferentes domínios da Biologia, proporcionando autonomia relativa a essa ciência. A Biologia estando centrada no organismo não pode ser reduzida apenas à física e à química, tendo uma epistemologia do conhecimento própria.

A tendência em enfatizar os aspectos moleculares encontrada na pesquisa biológica reflete-se também no contexto de ensino-aprendizagem dessa área do conhecimento. Alguns estudos (Kawasaki & El-Hani, 2002; Coutinho, 2005; Silva, 2006) indicam a existência de uma tendência ao reducionismo, enfatizando a unidade da vida em níveis moleculares e celulares, sem esforço similar para a compreensão dos seres vivos em níveis acima do celular. Nessa perspectiva, o ensino de Biologia pode ser beneficiado pela inserção da Filosofia da Biologia, estimulando a compreensão do ser vivo como ponto nodal do conhecimento biológico. A compreensão de diversos níveis de interações, na qual o organismo tem um papel primordial,

pode auxiliar no entendimento da Biologia de forma unificada e subsequentemente promover um ensino de Biologia menos fragmentado.

2 A COMPREENSÃO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS A PARTIR DOS PRESSUPOSTOS OBSERVACIONAIS EXTERNALISTA E INTERNALISTA

A singularidade do conhecimento biológico está no seu próprio objeto de estudo, ou seja, na compreensão dos sistemas vivos. O estudo sobre os seres vivos pode ser realizado, segundo Stanley Salthe e Koichiro Matsuno (1995), a partir de dois tipos de discursos amparados em pressupostos observacionais com referenciais distintos: externalista (o observador é externo ao fenômeno) e internalista (o observador descreve na perspectiva de quem experencia o fenômeno). Numa perspectiva de um observador externo ao fenômeno, é possível construir o conhecimento através de níveis hierárquicos irredutíveis. Enquanto, em uma abordagem internalista, o fenômeno é visto como consequência da dinâmica natural do próprio sistema. Na visão internalista a descrição preocupa-se com os processos e com a ocorrência das interações, em tempo real, de momento a momento. Em Salthe & Matsuno (1995) é realizado um debate entre os autores, sendo que Salthe representa o discurso externalista, através da teoria hierárquica, enquanto, para Matsuno o discurso internalista está relacionado ao conceito de auto-organização. Para os autores, apesar dos discursos internalista e externalista serem alternativos, não existe contradição entre eles. Salthe formula uma hierarquia estruturalista enfatizando a complexidade, enquanto Matsuno tem uma abordagem minimalista dos processos.

Além da proposta de Matsuno, podemos destacar ainda, a partir de um referencial internalista, a teoria da autopoiese formulada por Humberto Maturana e Francisco Varela. A teoria da autopoiese compreende o ser vivo como um “sistema circular de produções moleculares, no qual o que se mantém é a circularidade das produções moleculares. Mantém-se a circularidade, mas não a forma, que pode variar” (Maturana, 2001, p. 32). Na organização autopoietica celular, os componentes moleculares estão organizados numa rede de interações e são, ao mesmo tempo, produtores e produtos. Essa rede de intera-

ções é realizada em um espaço demarcado por uma fronteira, a membrana celular. Entretanto, a membrana celular não apenas delimita a extensão da rede de transformações que produz seus componentes, como também participa na determinação desses. Segundo Maturana e Varela (2001), uma unidade autopoietica funciona em um fechamento operacional, mas não é fechada em termos de matéria ou energia.

As perspectivas internalista e externalista são formas distintas de apreensão da realidade, permitindo a compreensão múltipla dos sistemas vivos. Esses dois discursos recebem contribuições da discussão do conceito de clausura (fechamento do sistema). Este conceito é importante, pois ajuda na delimitação do sistema; ou seja, permite reconhecer uma barreira em que se define o que é interno ou externo ao sistema.

2.1 A abordagem sistêmica e o conceito de clausura

Reconhece-se o organismo vivo como um sistema com características peculiares, no qual pode ser reconhecida uma identidade que ocorre na relação do organismo com o meio em que está inserido. A definição de ser vivo pode ser explicitada através da compreensão do próprio conceito de sistema, o qual se relaciona com a percepção de uma barreira ou limite que determina os componentes ou uma região do espaço.

Cliff Joslyn (2000) reconhece a existência de duas visões para a definição do que seja um sistema: a *padrão* ou *estrutural* e a *construtivista*. Na abordagem sistêmica estrutural, um sistema é definido por um grupo de unidades, que se combinam, formando um todo que opera em união. O conjunto interage, através das múltiplas entidades (chamadas de partes), formando uma nova entidade (todo) com novas propriedades em um nível hierárquico distinto daquelas partes. Por outro lado, na visão construtivista, um sistema é definido como a distinção de uma região singular do espaço. Enfatiza-se a percepção e a significância da distinção realizada por uma pessoa (Joslyn, 2000). O enfoque baseia-se em como o conhecimento humano delimita e classifica as coisas. Conseqüentemente, a barreira que delimita o sistema é imposta pela percepção humana. Nessa perspectiva, os sistemas não são compostos de coisas, mas são definidos nas coisas.

Joslyn (2000) destaca a importância de um movimento de síntese entre essas duas visões, ressaltando que em ambas é fundamental a distinção entre o sistema e seu ambiente. O autor destaca duas formas de fluxos entre sistema e ambiente: um fluxo linear que prioriza uma determinada direção e um fluxo cruzado, estabelecendo uma relação circular entre sistema e ambiente. O estabelecimento de uma circularidade determina o aparecimento de uma clausura operacional (fechamento do sistema), introduzindo uma nova forma de nível hierárquico.

Na abordagem sistêmica, a barreira estabelecida por essa circularidade distingue o interior da clausura de seu exterior. Em sistemas reais, o fechamento total não é verificado (pois, nesse caso, nenhuma informação, ou energia, poderia fluir através da barreira), também não são verificados sistemas completamente abertos (pois isso levaria a perda de identidade do sistema). O que se verifica são graus de fechamentos, que estão entre esses dois extremos, possibilitando a ocorrência de fluxos lineares e circulares entre sistema e ambiente.

As visões estruturalista e construtivista aproximam-se da distinção realizada por Salthe & Matsuno (1995) em relação aos discursos internalista e externalista. A diferença entre as posições de Salthe e Matsuno (1995) em relação à de Joslyn (2000), é que para os primeiros, dentro de uma visão internalista, não é possível a existência de níveis hierárquicos (que seria uma propriedade atribuída pela percepção de um observador externo ao fenômeno).

2.2 Auto-organização e autonomia em sistemas vivos

Outro conceito importante ao entendimento da organização básica dos seres vivos - que está relacionado com a formação de sistemas organizacionais operacionalmente fechados (o que estamos denominando aqui por clausura) - é o conceito de auto-organização.

Nesse trabalho, utilizamos a distinção de auto-organização realizada por Alvaro Moreno (2004), segundo a qual o conceito pode ser compreendido de três formas: a) no sentido *geral*, designando conjuntamente os fenômenos de formação espontânea de ordem dinâmica; b) no sentido de *autonomia*, quando o sistema é capaz de ser mantido de forma adaptativa, exercendo suas ações funcionais dentro

de um ambiente variável; e c) no sentido de *autonomia coletivamente organizada*, ou seja, os sistemas biológicos coletivos, tais como populações e comunidades.

Moreno (2004) destaca que o conceito *geral* de auto-organização pode ser entendido como: um fenômeno resultante da relação não linear entre níveis, ou seja, a emergência de uma estrutura global e sistemática, através de interconexões de unidades simples; um padrão macroscópico, representando a estabilização de certas relações, por meio de numerosas relações entre elementos microscópicos. Os sistemas auto-organizáveis têm em comum o fato de sua organização interna não ser consequência das características materiais de seus componentes, mas da manutenção de algum tipo de dinâmica circular que gera e mantém um novo tipo de correlação entre os elementos que, em sua ausência, permaneceriam desconectados (Moreno, 2000).

Os sistemas auto-organizáveis ocorrem longe de um equilíbrio termodinâmico, ou seja, são sistemas dissipativos, tais como furacões, reações químicas autocatalíticas e seres vivos. Os sistemas dissipativos surgem quando, em algumas circunstâncias, componentes independentes se relacionam, formando uma organização estável. A manutenção de um sistema dissipativo dá-se através de um fluxo de energia que mantém o sistema longe do equilíbrio termodinâmico (Moreno, 2000)². Os sistemas dissipativos estão abertos ao fluxo de energia e / ou matéria, permanecendo em estados quase-estáveis a certa distância do equilíbrio. Estes sistemas dependem de fluxos e-

² A segunda lei da termodinâmica considera que um sistema isolado termicamente, em desequilíbrio, tende a aumentar sua entropia (medida da desordem do sistema), atingindo, gradativamente, o estado inerte de entropia máxima, no qual o sistema atinge o equilíbrio termodinâmico. Erwin Schrödinger (1997) ressalta que na vida este estado de entropia máximo seria a morte. Para o autor, os organismos vivos evitam o estado de entropia máxima extraindo do meio que o circula a “ordem” para sua organização. Segundo Schrödinger, “no caso de animais superiores conhecemos bem o tipo de ordem da qual se sustentam, ou seja, o estado extremamente bem ordenado da matéria em compostos orgânicos mais ou menos complexos que lhe servem de alimento”. A vida seria caracterizada como a manutenção de um estado dinâmico que permaneceria longe do equilíbrio termodinâmico e, portanto, do estado de entropia máximo.

nergéticos externos para manter a sua organização e dissipam gradientes de energia (com menor capacidade de realizar trabalho) para o meio (Schneider & Kay, 1997)³.

Moreno (2004) delimita a partir do entendimento geral de sistemas auto-organizáveis uma categoria mais específica: a *autonomia*. O conceito de autonomia é compreendido como a capacidade de agir segundo leis e regras geradas a *partir do próprio sistema*. “Por esta razão os sistemas autônomos são chamados de agentes autônomos (ou simplesmente agentes)” (Moreno, 2004, p.140). Os sistemas autônomos possuem uma variedade de ações funcionais que permitem a manutenção da identidade sob diversas condições externas. A idéia de autonomia requer uma identidade distinta, pressupondo não somente a distinção entre o sistema e o ambiente, mas também a possibilidade dessa distinção ser realizada pelo próprio sistema, ou seja, a redefinição de suas interações com o meio. Nesse sentido, o agir de um ser autônomo atua na construção do próprio ser, sendo, ao mesmo tempo produtor e produto de suas ações. Um sistema autônomo exerce uma atividade funcional sobre seu ambiente externo, ao passo que este também age sobre ele. Moreno (2004) resume as características de um sistema autônomo como uma identidade ativa, no qual o sistema constrói recursivamente os limites que o constitui. O exemplo fornecido para representar esse tipo de autonomia é a evolução pré-biótica na Terra.

Para Moreno (2004), os seres vivos constituem um tipo especial de autonomia, aberta evolutivamente, e não restrita ao âmbito individual: *autonomia coletivamente organizada*. Os organismos vivos são formados por meio da conexão histórico-coletiva (a história evolutiva). Esse tipo de organização coletiva permite a reprodução e a transmissão de informações complexas, o que acabou por suplantando o tipo de autonomia construído no ambiente pré-biótico.

Segundo Moreno (2004), a complexidade da organização biológica individual só foi possível, através da inserção em um meta-sistema mais amplo em relação ao nível espacial e temporal, no qual se regis-

³ A Primeira Lei da Termodinâmica diz que a energia total em um sistema isolado permanece a mesma. Entretanto, a qualidade da energia do sistema (a capacidade de realizar trabalho) pode mudar.

trou as seqüências funcionais transmitidas e selecionadas em etapas sucessivas. A forma de meta-organização dos seres vivos permitiu a origem de um ecossistema capaz de reciclar componentes necessários à sustentação da organização individual de base. Assim, ao preço da perda de uma autonomia completa no nível individual, a meta-organização biológica permitiu a articulação de formas de vida de modo indefinidamente sustentável. A autonomia de sistemas individuais inseridos em metas-sistemas (ecossistemas, colônias, organismos pluricelulares, sociedades, etc.) propiciou a criação de sistemas mais complexos que são organizados em níveis hierárquicos de dependência. Essa interdependência ao longo da evolução biológica gerou novas formas de autonomia (racionalidade, cognição, etc.) e novas unidades autônomas (espécies, grupos sociais, etc.).

2.3 A hierarquia escalar e o organismo como ponto focal de discussão do conhecimento biológico

A percepção de uma autonomia relativa ao nível individual (organismo) e sua inserção em níveis superiores de organização pode ser representada através de uma hierarquia escalar (referencial externalista).

A visão externalista está relacionada à forma lógica da compreensão humana sobre o mundo, que tenta apreendê-lo por meio da categorização e hierarquização. O estabelecimento de níveis de diferentes complexidades, que está presente na estruturação do conhecimento biológico, é coerente com a perspectiva externalista. Na Biologia, é comum descrever a complexidade biológica através de níveis distintos (Ruiz-Mirazo *et al.*, 2000). Isso ocorre devido a Biologia se preocupar com uma ampla gama de fenômenos distribuídos, desde níveis inferiores como os aspectos moleculares e celulares, até níveis superiores, como populações e ecossistemas. No entanto, um estudo local e restrito, a partir de um pressuposto internalista, permite aprofundar o conhecimento, por meio de uma maior riqueza de detalhes, e descrever as interações e os mecanismos gerativos que permitem a emergência das características descritas a partir do referencial externalista. Portanto, esses discursos devem ser vistos como complementares.

Entendendo que a descrição hierárquica é típica no conhecimento biológico e lhe confere certa autonomia em relação aos estudos físico-químicos, descrevemos, a seguir, a hierarquia escalar proposta por Salthe (2001b).

Para a utilização de uma hierarquia escalar é necessário estipular um nível focal (no qual ocorre o fenômeno de interesse), bem como os níveis superior e inferior, compondo um sistema triádico. As propriedades de nível superior promovem condições limitantes para o nível de interesse, enquanto propriedades de nível inferior geram características apresentadas no nível estudado. O nível focal ancora as interações entre os níveis superior e inferior.

A hierarquia escalar é formada por partes encaixadas em todos⁴, podendo ser representada por [nível superior [nível focal [nível inferior]]]. Se as partes são consideradas relevantes para uma determinada análise, são chamadas de componentes; se não, são chamadas de constituintes. Esse tipo de hierarquia descreve um momento singular no espaço, e seu formato impõe a descrição de limites de comunicação entre os níveis. Como os níveis são separados por suas dinâmicas (cada nível tem um fechamento funcional), o problema, que surge dessa descrição, é entender como ocorrem as interações entre níveis. Para Salthe (2001b), esse problema pode ser parcialmente resolvido considerando que as comunicações, entre níveis, são realizadas de forma indireta por vias informacionais, em que os sinais se movem de um nível a outro e são transformados nos e pelos limites entre eles.

Considerando o ser vivo como ponto central do conhecimento biológico e como nível de complexidade escolhido, descrevemos o organismo em uma estrutura de interações com o nível superior (o ambiente externo que o rodeia) e o nível inferior (sua composição celular-molecular). As interações entre esses níveis podem ser representadas pela seguinte hierarquia escalar: [*Ambiente Externo* [*Organismo* [*Ambiente Interno*]]]. Portanto, para entender um determinado ser vivo é importante considerar o ambiente que ele está inserido (isso

⁴ Essa é apenas uma das possíveis descrições hierárquicas, outros tipos de hierarquias podem ocorrer, por exemplo, hierarquias funcionais ou de controle (ver Korn, 2005).

pode ser realizado em diferentes níveis de complexidade, tais como populações, espécies e ecossistemas) e sua organização interna (interações entre seus componentes moleculares).

A teoria hierárquica está relacionada com a emergência de novas qualidades e sua posição filosófica, o emergentismo. O emergentismo entende que novidades qualitativas surgem, quando sistemas materiais alcançam um nível de complexidade, apresentando um tipo genuinamente novo de estado de relação entre seus componentes. De acordo com Claus Emmeche (2004), a observação de propriedades emergentes não pode ser deduzida a partir de um nível inferior. Segundo El-Hani, o sistema triádico proposto por Salthe permite “explicar a emergência com base nas condições de restrição impostas pelos níveis superior e inferior à dinâmica dos eventos no nível focal” (El-Hani, 2002, p. 234).

Tomando como exemplo um organismo unicelular, seu padrão organizacional emergente depende das interações ocorridas no nível imediatamente inferior (interações moleculares) e no nível imediatamente superior (restrições impostas pelo ambiente na configuração do organismo). O organismo unicelular, no entanto, não deve ser compreendido apenas como ponto de encontro entre os níveis inferior e superior, deve-se considerar ainda a sua história evolutiva e a inserção em um meta-sistema mais amplo. O organismo é caracterizado pela presença de certa autonomia, o que implica que ele tem regras próprias e flexibilidade na interação com o meio externo, agindo sobre esse e modificando-o, não podendo ser considerado apenas um ente passivo. Os níveis [Ambiente Externo [Organismo [Ambiente Interno]]] descreve um determinado momento no espaço, mas, quando consideramos a evolução temporal e histórica, percebemos que os limites, entre esses níveis, estão em constante reconstrução e não podem ser considerados estáticos. Portanto, o organismo se reconstrói em sua ação no ambiente.

3 O ORGANISMO COMO EIXO DO CONHECIMENTO BIOLÓGICO E IMPLICAÇÕES PARA O CONTEXTO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Alguns estudos realizados sobre o conceito de vida no contexto de ensino-aprendizagem de Biologia (Kawasaki & El-Hani, 2002; Coutinho, 2005; Silva, 2006) indicam que as definições de ser vivo são tendenciosamente construídas, através de aspectos moleculares e de aspectos internos inerentes ao ser vivo, não dando a mesma importância aos outros níveis de complexidade. Essas características estão presentes tanto em livros didáticos do Ensino Médio (Kawasaki & El-Hani, 2002) quanto em alunos de graduação e pós-graduação (Coutinho, 2005; Silva, 2006).

Segundo El-Hani (2002), com a crescente molecularização dos aspectos biológicos, a Biologia passa a ser compreendida como nada mais que uma extensão da física e da química ao domínio dos sistemas vivos. Para o autor, essa não é uma interpretação adequada, já que a organização biológica impõe, por exemplo, restrições às reações químicas que ocorrem em sistemas vivos. Assim, não se pode perder de vista, no ensino de Biologia, a singularidade da organização de um sistema vivo. Segundo Ernst Mayr (2005, p. 44-51), o resgate do organismo como unidade do conhecimento biológico permite o reconhecimento de características que são próprias ao conhecimento biológico, entre elas: a complexidade dos sistemas vivos; a narrativa histórica dos processos biológicos; a aleatoriedade dos processos evolutivos e a emergência de novas propriedades devido a novos caminhos interativos entre as partes que compõem um sistema.

O ensino de Biologia - trabalhado de forma fragmentada e, através de uma grande quantidade de nomes - poderia ser focado em conceitos centrais como o de organismo, um elemento estruturante e unificador do currículo. No ensino, a Biologia é geralmente descrita em áreas compartimentalizadas, tais como Citologia, Zoologia, Botânica, Embriologia, entre outras. Essas áreas são estreitamente relacionadas, quando a ênfase é dada na compreensão de processos que ocorrem dentro de organismos e nas suas relações com o meio. Assim, o entendimento do organismo, através da estrutura triádica [Ambiente Externo [Organismo [Ambiente Interno]]], é frutífera quanto ao aspecto educacional, uma vez que contribui para promover uma visão mais coerente da Biologia. Segundo El-Hani (2002), por meio do sistema triádico de Salthe, não se pode restringir a investi-

gação ao nível focal; necessitando considerar também os níveis imediatamente superior e inferior, o que proporciona aos alunos uma visão integrada do conhecimento biológico.

A descrição da biologia, por meio dos níveis: [ambiente externo [organismo [ambiente interno]]], recoloca o objeto de estudo da Biologia (ou seja, a vida) no centro da discussão, contribuindo para destacar a autonomia e singularidade do conhecimento biológico. A inserção do debate filosófico, no ensino de Biologia, permite pensar o que caracteriza a Biologia como campo específico do conhecimento. Qual sua epistemologia? O que a diferencia? Como a Biologia se relaciona com outros campos do conhecimento? Como entender o seu objeto de estudo?

Essas questões estão na base do conhecimento biológico e devem ser ressaltadas no contexto de ensino-aprendizagem. O ensino de Biologia pode ganhar com estes questionamentos um espaço de discussão e reflexão mais abrangente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COUTINHO, Francisco Ângelo. *A construção de um perfil conceitual de vida*. [Tese de Doutorado]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
- EL-HANI, Charbel Niño. Uma ciência da organização viva: organicismo, emergentismo e ensino de biologia. Pp. 199-242, in: SILVA FILHO, Waldomiro *et al.* *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcádia, 2002.
- EMMECHE, Claus. Organicism and qualitative aspects of self-organization. *Revue Internationale de Philosophie* **228** (2): 205-217, 2004.⁵
- FELTZ, Bernard. Le réductionnisme em biologie. Approches historique et épistemologique. *Revue Philosophique de Louvain* **93** (1-2): 9-32, 1995.
- JOSLYN, Cliff. Levels of control and closure in complex semiotic systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **901**: 67-

⁵ Número especial sobre *Auto-organisation*.

- 74, 2000.⁶
- KAWASAKI, Clarice Sumi; EL-HANI, Charbel Niño. An analysis of life concepts in Brazilian high-school biology textbooks. Vol. 1, pp. 101-109, in: *Rethinking Science and Technology Education to Meet the Demand of Future Generations in a Changing World: X Symposium - International Organization for Science and Technology Education* (IOSTE), Foz do Iguaçu, PR, 2002. São Paulo: IOSTE, 2002.
- KORN, Robert. The emergence principle in biological hierarchies. *Biology and Philosophy* **20**: 137-151, 2005.
- LEWONTIN, Richard. *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. Trad. José Viegas Filho. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.
- MAYR, Ernst. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. Trad. Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MATURANA, Humberto & VARELA, Francisco. *A árvore do conhecimento*. Trad. Humberto Marioti e Lia Diskin. São Paulo: Pallas Athena, 2001.
- MATURANA, Humberto. *A ontologia da realidade*. Organizado por Cristina Magro, Míriam Graciano & Nelson Vaz. 2ª reimpressão. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2001.
- MORENO, Alvaro. Auto-organisation, autonomie et identité. *Revue Internationale de Philosophie* **228** (2):135-150, 2004.
- . Closure, identity, and the emergence of formal causation. *Annals New York Academy of Science* **901**: 112-121, 2000.
- RUIZ-MIRAZO, Kepa; ETXEBERRIA, Arantza; MORENO, Alvaro & IBÁÑEZ, Jesús. Organisms and their place in biology. *Theory in Biosciences* **119** (3-4): 209-233, 2000.
- SALTHER, Stanley & MATSUNO, Koichiro. Self-organization in hierarquical systems. *Journal of Social and Evolutionary Systems* **18** (4): 327-338, 1995.
- SALTHER, Stanley. Theoretical biology as an anticipatory text: a relevance of Uexküll to current issues in evolutionary systems. *Semiotica* **134** (1-4): 359-380, 2001 (a).

⁶ Número especial sobre *Closure: emergence organizations and their dynamics*.

- . *Summary of the principles of hierarchy theory*, 2001 (b). Disponível em: <<http://www.nbi.dk/~natphil/salthe>>. Acesso em: 22 de junho de 2006.
- SCHNEIDER, Eric. D. & KAY, James, J. Ordem a partir da desordem: a termodinâmica da complexidade biológica. Pp. 187-201, in: MURPHY, Michael P. & O'NEIL, Luke A. J. (orgs). “*O que é vida?*” 50 anos depois: especulações sobre o futuro da biologia. Trad. Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.
- SCHRÖDINGER, Erwin. *O que é vida? O aspecto físico da célula seguido de mente e matéria e fragmentos autobiográficos*. Trad. Jesus de Paula Assis e Vera Yuki Kuwajima de Paula Assis. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.
- SILVA, Fábio Augusto Rodrigues. *O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação*. [Dissertação de Mestrado]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.