

DIDÁTICA E EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA



Reitor

Prof. Titular Pasqual Barretti

Vice-reitor

Prof.^a Titular. Maysa Furlan

Pró-reitora de Pós-graduação

Prof.^a Dr.^a Maria Valnice Boldrin

Pró-reitora de Graduação

Profa. Titular Celia Maria Giacheti

Pró-reitora de Extensão Universitária

Prof. Titular Raul Borges Guimarães

Pró-reitor de Pesquisa

Prof. Titular Edson Cocchieri Botelho

Pró-Reitoria de Planejamento Estratégico e Gestão

Prof. Titular Estevão Tomomitsu Kimpara

FACULDADE DE CIÊNCIAS

Diretora

Profa. Associada Vera Lucia Messias Fialho Capellini

Vice-Diretor

Prof. Associado José Remo Ferreira Brega

Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência

Coordenador

- Prof. Assoc. Nelson Antonio Pirola

Vice-Coordenador

- Profa. Dra. Luciana Maria Lunardi Campos

Membros Titulares

- Prof. Dr. Leandro Londero da Silva

- Profa. Dra. Luciana Massi

- Prof. Assoc. Nelson Antonio Pirola

- Profa. Dra. Luciana Maria Lunardi Campos

- Fabiano Willian Parma (Representante Discente)

Membros Suplentes

- Prof. Assoc. Roberto Nardi

- Profa. Dra. Ana Carolina Biscalquini Talamoni

- Profa. Dra. Isabel Cristina de Castro Kondarzewski

- Prof. Assoc. Renato Eugênio da Silva Diniz

- Hinan Tsai Sun (Representante Discente)

Seção Técnica de Pós-Graduação

Supervisora

Caroline Etâne Bolla Ruggeri

Secretário

Dã Jônatas Pereira Marcondes

Série

Educação para a Ciência

Conselho Editorial

Prof. Adj. Roberto Nardi (Coordenador) – (UNESP/FC)

Profa. Dra. Adjane da Costa Tourinho e Silva (UFS)

Prof. Dr. Aguinaldo Robinson de Souza (UNESP/FC)

Prof. Dr. Arthur Galamba (Kings' College – Londres – Inglaterra)

Profa. Dra. Beatriz Salemmê Côrrea Cortela (UNESP/FC)

Profa. Dra. Daise Chapani (UESB)

Profa. Dra. Daniela Melaré Vieira Barros (U. Aberta – Lisboa – Portugal)

Profa. Dra. Divanísia do Nascimento Souza (UFS)

Prof. Dr. Edwin Germán García Arteaga (U. de Cáli – Colômbia)

Profa. Dra. Fernanda Cátia Bozelli (UNESP/FEIS)

Prof. Dr. Fernando Bastos (UNESP/FC)

Profa. Dra. Isabel Cristina Monteiro (UNESP/FEG)

Profa. Dra. Isabel Malaquias (U. Aveiro – Portugal)

Prof. Dr. Júlio César Castilho Razera (UESB)

Profa. Dra. Maria Jose P. M. de Almeida (Unicamp)

Prof. Dr. Maurício Compiani (Unicamp)

Prof. Dr. Nelson Antônio Pirola

Profa. Dra. Nicoletta Lanciano (U. La Sapienza – Roma – Itália)

Profa. Dra. Odete Pacubi Baierl Teixeira (UNESP/FEG)

Profa. Dra. Olga Lucía Castiblanco Abril (UDFJC – Bogotá – Colômbia)

Prof. Adj. Renato Eugênio da Silva Diniz (UNESP/IBB)

Prof. Dr. Rodolfo Langhi (UNESP/FC)

Profa. Dra. Sandra Regina Teodoro Gatti (UNESP/FC)

Profa. Dra. Veleida Anahi Silva (UFS)

Prof. Adj. Washington Luiz Pacheco de Carvalho (UNESP/FEIS)

Faculdade de Ciências - UNESP - Campus de Bauru

Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 –
Vargem Limpa

Cep: 17033-360 - Bauru - SP

Fone: (14) 3103-6000

Fax: (14) 3103-6074

Home-page: <http://www.fc.unesp.br>

Educação para a Ciência
20º Volume

DIDÁTICA E EPISTEMOLOGIA DA BIOLOGIA

Organizadora
Ana Maria de Andrade Caldeira

2ª edição



São Paulo, 2022

Copyright © 2022 Os organizadores
2ª Edição

Direção editorial: José Roberto Marinho

Capa: Fabrício Ribeiro

Edição revisada segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Didática e epistemologia da biologia / organizadora Ana Maria de Andrade Caldeira. –
2. ed. – São Paulo, SP: Livraria da Física, 2022. – (Educação para a ciência; 20)

Bibliografia.

ISBN 978-65-5563-254-5

1. Biologia - Estudo e ensino 2. Ciências - Estudo e ensino 3. Didática 4. Educação
5. Epistemologia 6. Professores - Formação I. Caldeira, Ana Maria de Andrade. II. Série.

22-126181

CDD-507

Índices para catálogo sistemático:

1. Epistemologia e didática: Ciências: Estudo e ensino 507

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.

Aos infratores aplicam-se as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei Nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



Editora Livraria da Física
www.livrariadafisica.com.br
www.lfeditorial.com.br

(11) 3815-8688 | Loja do Instituto de Física da USP
(11) 3936-3413 | Editora



SUMÁRIO

Apresentação (Fernanda Aparecida Meglhioratti)..... 7

Introdução (Ana Maria de Andrade Caldeira)11

Capítulo 1

É caminhando que se faz o caminho: a natureza contingente da evolução como objeto de ensino (Beatriz Ceschim e Ana Maria de Andrade Caldeira)17

Capítulo 2

Nem só de seleção natural se constrói uma teoria evolutiva (Matheus Ganiko-Dutra, Beatriz Ceschim e Ana Maria de Andrade Caldeira) 53

Capítulo 3

A dominância está nos olhos de quem vê: a fisiologia que explica fenótipos dominantes e recessivos (Beatriz Ceschim e Ana Maria de Andrade Caldeira)..... 87

Capítulo 4

Genótipo e fenótipo: desvendando suas interfaces (Lourdes Aparecida Della Justina; Aline Alves da Silva e Luciana Borowski Pietricoski) 125

Capítulo 5

O conceito de gene ao longo da história da genética (Mariana A. Bologna Soares de Andrade, Fernanda Aparecida Meglhioratti e André Luis Corrêa) 147

Capítulo 6

“Genético” e “hereditário”: como a Biologia contemporânea explica essa relação? (Beatriz Ceschim e Matheus Ganiko-Dutra) 169

Capítulo 7

O ambiente muda, fato. Mas quem muda o ambiente? (Gabriel Sevilha e Fernanda da Rocha Brando Fernandez) 203

Capítulo 8

O que as concepções alternativas acerca do conceito de interação biológica/ecológica têm a nos ensinar? (Fúlvia Eloá Maricato) 231

Capítulo 9

A organização do conteúdo biológico no processo de mediação didática (Karina Nomidome de Senna, Beatriz Ceschim e Matheus Ganiko-Dutra) 251

Apresentação

Fernanda Aparecida Meghioratti

Este livro emerge das atividades investigativas produzidas a partir da consolidação do Grupo de Pesquisas em Epistemologia da Biologia, o qual está completando uma década de sua fundação. O grupo se constituiu com a preocupação com a reflexão a respeito dos pressupostos metodológicos e conceituais do conhecimento biológico e sua articulação com a Didática da Biologia, produzindo subsídios para pensar os processos de ensino e de aprendizagem da Biologia.

A epistemologia da Biologia é uma área ainda pouco explorada na pesquisa e no ensino, mas é fundamental para compreensão de como o conhecimento biológico se constrói. Ela se preocupa, entre outros aspectos, com os conceitos-chave da Biologia, seus limites conceituais e formas de produção de conhecimento. Nesse contexto, os textos apresentados neste livro tratam de conceitos centrais para a Biologia, de modo sistêmico e integrado, superando as visões reducionista, DNA-centrista e determinista que, muitas vezes, estão presentes nas explicações biológicas. As discussões teóricas produzidas trazem oportunidades para refletir acerca de conceitos que estruturam a Biologia como ciência, tais como: evolução, interação, organismo, herança, gene, genótipo, fenótipo e ambiente. Assim, os capítulos direcionam o leitor para um aprofundamento conceitual, com referências atuais da Biologia Teórica, superando noções simplistas em que, em geral, esses conceitos são apresentados.

Além de um trabalho de delimitação conceitual fundamentado em uma perspectiva da complexidade dos fenômenos biológicos, esta obra indica de que maneira noções simplistas estão presentes no pensamento biológico e no seu ensino. Para tanto, cada capítulo traz um quadro com uma série de assertivas para as quais leitor deve indicar sua concordância ou não, sendo estas pontuadas de acordo com seu grau de aproximação das discussões epistemológicas atuais da Biologia. Após o leitor identificar sua concordância ou não com as afirmações, as assertivas são discutidas à luz do conhecimento da epistemologia da Biologia. Essa estratégia permite uma reflexão profunda acerca dos conhecimentos que estão estabelecidos em nossas redes cognitivas bem como a identificação de quais são os obstáculos para que visões mais sistêmicas e atuais dos conceitos apresentados sejam alcançadas.

No âmbito da Educação em Ciências, os capítulos, ao explicitarem visões reducionistas e simplistas que devem ser superadas, podem auxiliar o professor a reconhecer nas falas de seus alunos e em textos acadêmicos e de divulgação científica quais os principais obstáculos para a compreensão sistêmica e complexa da Biologia. A articulação entre epistemologia da Biologia e didática se estabelece ao pensar nos desafios que demandam a aprendizagem dos conceitos biológicos. Nesse sentido, o livro também fornece subsídios para o professor avaliar os conhecimentos prévios de seus alunos a respeito de diferentes fenômenos biológicos.

No capítulo 1, Beatriz Ceschim e Ana Maria de Andrade Caldeira exploram o papel contingente da evolução biológica, sendo ressaltada a necessidade de superar visões equivocadas de evolução, tais como: o entendimento de que esse processo ocorre em respostas de seres vivos a determinadas condições ambientais; que todas as estruturas dos seres vivos são mantidas por um propósito; e que a evolução leva a um suposto progresso.

No capítulo 2 é realizada uma discussão relativa à necessidade de abordagens mais pluralistas para o ensino de evolução biológica. Matheus Ganiko-Dutra, Beatriz Ceschim e Ana Maria de Andrade Caldeira ressaltam que uma maior ênfase tem sido estabelecida no processo de seleção natural nas explicações evolutivas. No entanto, ainda que a ideia de seleção natural seja fundamental para partes das estratégias explicativas da evolução, ela não explica todos os fenômenos evolutivos. Assim, é importante tanto na pesquisa como no ensino considerar também o processo de deriva genética nas explicações evolutivas. Além disso, é destacado que devemos considerar a seleção natural como processo emergente, fruto de contingências, rompendo com um pensamento direcional na Biologia. Os autores ainda evidenciam que precisamos romper com a ideia de que todos os traços dos seres vivos constituem adaptações, superando uma vertente fundada em um adaptacionismo estrito no pensamento biológico.

A relação entre genótipo e fenótipo é explorada para uma reflexão crítica dos conceitos de dominância e recessividade no capítulo 3. Assim, Beatriz Ceschim e Ana Maria de Andrade Caldeira buscam uma aproximação entre a genética de transmissão, a genética molecular e a fisiologia para explicar os caminhos complexos que levam à expressão de determinados traços fenotípicos e para a compreensão do fenômeno de dominância. As autoras ainda ressaltam que é preciso superar a associação linear que normalmente acontece no ensino de Biologia entre um dado alelo e um fenótipo final, sendo fundamental compreender os mecanismos complexos pelos quais os alelos influenciam os aspectos morfológicos e fisiológicos do organismo.

O capítulo 4 aborda as relações entre genótipo e fenótipo em uma perspectiva histórica, a qual evidencia a modificação desses conceitos ao longo do tempo. O texto ressalta a importância de trabalhar aspectos epigenéticos, a complexidade do aparecimento de determinado fenótipo e o conceito de plasticidade fenotípica no ensino de Biologia. Lourdes Aparecida Della Justina, Aline Alves da Silva e Luciana Borowski Pietricoski destacam também as ações das populações na alteração da dinâmica ambiental e como essas alterações podem influenciar a presença de características fenotípicas.

No capítulo 5, é apresentado que o termo gene é polisêmico e tem significados distintos em contextos, épocas ou áreas de pesquisas diferentes. Mariana A. Bologna Soares de Andrade, Fernanda Aparecida Meghioratti e André Luís Corrêa destacam que essa polissemia faz com que o aprendizado a respeito do gene se torne um desafio para a educação básica e ensino superior. Além disso, defendem a necessidade de se construir no âmbito escolar compreensões de gene em uma abordagem sistêmica dos fenômenos biológicos, que superem um modelo determinista de gene, centrado apenas no DNA. O texto ainda busca identificar alguns obstáculos para superar a visão reducionista de gene no ensino de Biologia.

O texto apresentado no capítulo 6 traz uma reflexão a respeito do conceito de herança, em uma perspectiva pluralista, com fundamentos para compreender diferentes tipos de herança: genética sequencial vertical (ou genealógica); genética sequencial horizontal; epigenética; de efeito parental; ecológica; cultural; e de simbioses. Beatriz Ceschim e Matheus Ganiko-Dutra evidenciam que, muitas vezes, os conceitos de herança e genética são considerados sinônimos, o que configuraria uma distorção. Assim, defendem a necessidade de compreender a existência de uma hereditariedade “inclusiva”, com o objetivo de entender a herança de traços nos seres vivos para além da transmissão de componentes genéticos.

No capítulo 7, é ressaltado que a Teoria Sintética da Evolução não considera amplamente as implicações das ações dos organismos vivos nas alterações da dinâmica ambiental, levando à compreensão dos seres vivos como entes passivos no processo evolutivo. Gabriel Sevilha e Fernanda da Rocha Brando Fernandez destacam a importância de compreender o papel ativo do organismo, em especial, associado à Teoria da Construção de Nicho, a qual evidencia que os seres vivos podem ser agentes causais de mudanças no ambiente ao longo do tempo, o que tem implicação para as explicações evolutivas. Assim, refletem alguns conceitos que subsidiam a discussão realizada, entre eles: ambiente, nicho, organismo e herança. No âmbito educacional, os autores explicitam que a fragmentação do conhecimento biológico no contexto escolar pode dificultar a compreensão da complexidade dos fenômenos evolutivos.

No capítulo 8, Fúlvia Eloá Maricato discute a respeito dos conceitos de interação biológica e interação ecológica tanto com ênfase na epistemologia como no ensino de Biologia. A autora evidencia a amplitude do conceito de interação, defendendo que esse não se restringe à interação ecológica, como normalmente se apresenta. Nesse contexto, a autora destaca a importância de compreender o conceito de interação em diferentes níveis de organização biológica de modo articulado a diversos processos biológicos no ensino de Biologia.

No capítulo 9, Karina Nomidome de Senna, Beatriz Ceschim e Mathews Ganiko-Dutra abordam como o conhecimento biológico e as discussões epistemológicas podem passar por um processo de transposição, permitindo a transformação do saber científico em um saber a ser ensinado, adequado ao nível de ensino para o qual se destina. Para os autores, a transformação do conhecimento para fins educativos demanda a produção de novos saberes próprios do contexto do ensino. Ainda, afirmam a necessidade de partir de conhecimentos contextualizados para promover uma educação que seja significativa. Esse capítulo faz o fechamento do livro e o integra ao sugerir exemplos de organizações didáticas para os conteúdos desenvolvidos em capítulos anteriores, ressaltando o caráter integrador do conhecimento biológico.

Este livro inova ao trazer uma amplitude de discussões com base na epistemologia da Biologia, área ainda pouco explorada, e que é fundamental para o estabelecimento de um conhecimento biológico integrado e fundamentado. Refletir a respeito dos conceitos-chave, objetos de pesquisa e desenvolvimento metodológico de uma área científica permite compreendê-la com características próprias e uma dada autonomia. Nesse contexto, ao explorar as especificidades do conhecimento biológico, a obra contribui para evidenciar o caráter autônomo da Biologia.

Didática e epistemologia da Biologia ainda assume o desafio de articular a discussão epistemológica e a didática da Biologia. Esse trabalho só é possível pela trajetória e experiência de uma década do grupo de pesquisa o realiza. Assim, o leitor tem a oportunidade de se aproximar de discussões a respeito dos limites e fundamentos da Biologia bem como refletir sobre como essas discussões podem ser transpostas para o contexto de ensino e identificar quais os obstáculos para o desenvolvimento de reflexões epistemológicas no ensino de Biologia.

Novembro de 2019

Introdução

Ana Maria de Andrade Caldeira

Didática e epistemologia da Biologia foi elaborado para ser utilizado por professores e pesquisadores de Biologia. A necessidade deste material foi identificada por professores em formação inicial na medida em que praticavam os estágios supervisionados e não encontravam textos nos quais são tratadas questões didáticas articuladas com obstáculos epistemológicos em Ciências Biológicas.

Entendemos que a articulação de conhecimentos biológicos com os didático-pedagógicos não tem sido priorizada na formação inicial, o que dificulta que os professores desenvolvam práticas pedagógicas próprias, transformando-os em reféns de manuais didáticos. No meu entender, a disciplina de Didática deve ser a área do conhecimento que propicie essa articulação. Essa afirmação baseia-se na experiência do Grupo de Pesquisa em Epistemologia da Biologia que investigou, ao longo de dez anos (2008-2018), processos de compreensão do conhecimento biológico durante a formação inicial de professores de Ciências Biológicas, que nos permitiram constatar inconsistências e/ou lacunas conceituais. Essas inconsistências impedem uma compreensão conceitual mais organizada e menos fragmentada epistemologicamente e, conseqüentemente, dificultam os processos de transposição didática.

Procurou-se resgatar as variáveis que possibilitam ou interferem na articulação didática, utilizar esse levantamento para novas pesquisas empíricas e, por meio do conjunto de variáveis identificadas, analisar processos de articulação na formação inicial de professores em Ciências Biológicas. Identificar essas variáveis para garantir a inseparabilidade desses conhecimentos tornou-se fundamental para a área de pesquisa em Didática das Ciências/Biologia, reforçando a necessidade da continuidade das investigações sobre os elementos que integram as diferentes áreas do saber docente.

Nos estudos sobre formação de professores, entende-se que há campos que compõem os saberes docentes. São eles: saberes conceituais e metodológicos, saberes integradores e saberes pedagógicos, sempre

relacionados à área de conhecimento a ser ensinada (CARVALHO e GIL-PEREZ, 2011).

Segundo Libâneo (2015, p. 7), “cabe à Didática investigar os processos de ensino e aprendizagem na sua relação com conteúdos específicos”. Para o autor, a Didática articula a lógica da organização dos saberes a ensinar (dimensão epistemológica) à lógica dos modos de aprender (dimensão psicopedagógica) e à lógica da atuação no ensino das práticas socioculturais. Aponta ainda para necessária “inseparabilidade entre conhecimento pedagógico e conhecimento disciplinar, conhecimento do conteúdo e conhecimento didático do conteúdo, didática e didáticas específicas” (LIBÂNEO, 2015, p. 10).

Em consonância, Duplessis (2008) entende que a Didática pode ser estudada e estruturada em três eixos: epistemológico; psicológico, no sentido de processos cognitivos de aprendizagem; e praxeológico. Esses eixos formariam um sistema didático pensado a partir da noção de transposição didática de Chevallard (1985) em que professor, aluno e conhecimento comporiam um modelo ternário e intrinsecamente ligado. Assim, constituiriam-se as relações aluno e conhecimento, na dimensão cognitiva; professor e aluno, na dimensão pedagógica; e professor e conhecimento, na epistemológica.

As discussões sobre como as bases teóricas e epistemológicas em que o ensino de Biologia, os objetivos dos processos de ensino e aprendizagem, as estratégias didático-metodológicas e a prática docente estão ancoradas são fulcrais para podermos planejar ações docentes que estejam próximas a uma concepção formativa que permita uma articulação efetiva entre Didática e Epistemologia. É preciso abordar a organização e estrutura epistemológica que sustentam a Biologia enquanto ciência, uma vez que muitos dos dilemas associados ao ensino de Biologia e Ciências partem da própria dificuldade em entender as características e natureza dessa área, bem como os seus conceitos e fenômenos integrantes.

A quantidade de termos e descrições vinculadas às Ciências Biológicas torna esse conhecimento um código de linguagem complexo e de difícil acesso para os alunos durante o curso de formação inicial (CALDEIRA, 2009). Assim, a própria dificuldade em organizar a quantidade de conteúdo recebido durante a formação dificulta as ações dos

alunos quando se faz necessário elaborar um plano de aula ou uma sequência didática referente a um conceito da Biologia. Essa dificuldade é decorrente, dentre outros fatores, da abordagem fragmentada do conhecimento biológico nos cursos de formação inicial e de como essa abordagem reflete no processo de ensino e aprendizagem: os alunos não percebem, nem representam os fenômenos da natureza de forma integrada. Ademais, consideram a aprendizagem em Biologia uma coleção de terminologias difíceis de serem memorizadas (MEGLHIORATTI et al., 2009).

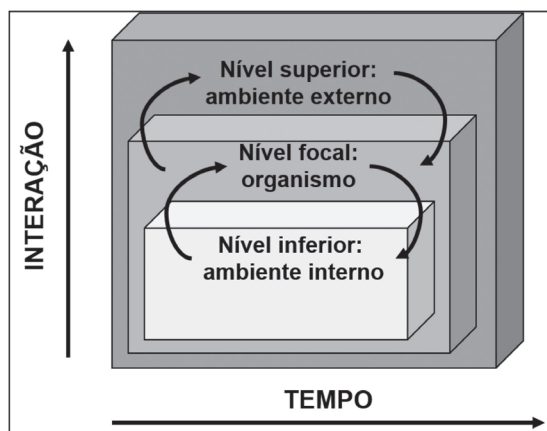
Dado o caráter conceitual da Biologia como ciência, há de se considerar a importância de se ter em vista que um conceito não é uma descrição direta e verossímil dos fenômenos naturais, mas uma representação; ou seja, um conhecimento constitui-se em uma representação do mundo e em um modo de interpretá-lo por meio da cognição e linguagem humana. Por constituírem representações mentais de fatos e fenômenos da natureza, os conceitos estabelecem relações indiretas com o objeto ou fenômeno que se propõem conceituar. Assim, um conceito ocorre pela sua inserção em uma rede de conceitos preexistentes. A compreensão de uma ciência ocorre por meio de um processo complexo que envolve a construção de representações mentais e significações tanto de termos referentes à ciência quanto ao entendimento de como esse conceito (de ciência) foi construído, até mesmo apresentando ideias divergentes sobre a representação signífica, para que os alunos entendam a complexidade que envolve os conceitos científicos. Desse modo, é possível a compreensão de que todas as ideias tratam de um modelo, uma teoria, um fato, uma descrição ou uma narrativa científica, ou ainda de que há um pluralismo de interpretações.

Desta forma, este material mapeou compreensões presentes em estudantes que cursam Ciências Biológicas na modalidade Licenciatura e, por meio das discussões realizadas no GPEB, identificou quais aspectos da compreensão se constituíam em obstáculos. Pudemos identificar que as representações conceituais sofriam distorções propiciadas por termos linguísticos inapropriados, presentes nos discursos docentes e também em manuais de ensino superior. A falta de precisão no uso da linguagem levou a compreensões conceituais que impediam o desenvolvimento do pensamento biológico com bases evolutivas e na

interpretação de fenômenos biológicos gerando bloqueios ou concepções errôneas. Esse processo de aprendizagem necessita vencer os obstáculos epistemológicos acompanhando o desenvolvimento histórico-científico da evolução conceitual e, ao mesmo tempo, construindo mentalmente signos que representem e deem suporte para que tal processo ocorra. Assim, habilidades do pensar próprias do modo de produzir conhecimentos biológicos devem ser construídas ao longo da escolarização para que possam ser associadas à nomenclatura científica e, desse modo, permitir a reflexão sobre o conhecimento científico, tendo em vista as diversas vertentes do conhecimento científico.

O GPEB teve como eixo central de sua organização epistemológica a proposição de uma estrutura hierárquica (SALTHER, 1985) do conhecimento biológico como uma possibilidade de integrar conceitos de diferentes níveis de complexidade (nível focal, superior, inferior). Inicialmente, focalizamos o conceito de organismo, tendo o ecossistema e os níveis moleculares respectivamente como superior e inferiores. A seguir, são estudados os fenômenos de interação (gene-organismo-ambiente) e a teoria da evolução biológica.

Figura 1. Conhecimento biológico organizado em estrutura hierárquica.
Adaptado de Meghioratti (2009).



Um olhar meta-analítico para esses dez anos de pesquisas desenvolvidas no GPEB permitiu-nos categorizar os principais obstáculos epistemológicos que venham a ter reflexos nos processos de compreensão do pensamento biológico e conseqüentemente na atividade didática.

Identificamos uma pluralidade de origens de obstáculos epistemológicos na compreensão de professores em formação inicial em Ciências Biológicas.

Aliando, portanto, a função docente e sua complexidade no planejamento didático à detecção de obstáculos epistemológicos não esclarecidos durante a formação inicial, percebemos a raiz de inúmeros problemas que podem ser originados nas atividades de ensino aprendizagem.

O quadro a seguir organiza esses obstáculos, que poderão ser identificados no decorrer da leitura dos capítulos.

Quadro 1. Categorias epistemológicas de obstáculos para o desenvolvimento do pensamento biológico.

Linguagem e seus valores	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Polissemia <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1 Pluralidade semântica para um mesmo termo (cotidiano x científico) 1.1.2 Pluralidade semântica para um mesmo termo (científico x científico) 1.1.3 Pluralidade semântica para um mesmo termo (cultural/religioso x científico) 1.2 Metáfora 1.3 Metonímia: hipônimo e hiperônimo
Natureza do pensamento humano	<ul style="list-style-type: none"> 2.1 Simplificações de variáveis do fenômeno biológico <ul style="list-style-type: none"> 2.1.1 Relação causal múltipla reduzida à causação linear unifatorial (fenômeno) 2.1.2 Dicotomização de fatores múltiplos que compõem um sistema biológico (objeto) 2.1.3 Categorização analítico-cartesiana para conceber espaço/tempo nos processos biológicos 2.2 Personificação no uso de verbos inespecíficos 2.3 Teleologia <ul style="list-style-type: none"> 2.3.1 Reação com finalidade 2.3.2 Natureza onisciente: antevisão 2.3.3 Propósito ou progresso
Aplicação do conhecimento biológico	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 Desvinculação da representação com o fenômeno em si: impede leitura de mundo por meio do conhecimento científico 3.2 Segmentação conceitual <ul style="list-style-type: none"> 3.2.1 Impede a generalização ou transferência 3.2.2 Impede a criatividade em pesquisas biológicas 3.3 Desvio de nível hierárquico de organização biológica

Essa categorização, que nos permite pensar em elementos e planejamentos que favoreçam e/ou possibilitem a relação entre o conhecimento biológico e as questões metodológicas derivadas da área pedagógica, é um grande desafio para o professor, já que esse é um dos pontos principais quando pensamos em uma aula de qualidade de Ciências ou Biologia. Ora, sabemos que é função dos professores, durante o planejamento e sistematização das aulas, a escolha de estratégias didáticas que forneçam representações mais próximas da ocorrência natural do processo biológico, o que pode ser facilitado por recursos didáticos e linguagem adequados.



CAPÍTULO 1

É caminhando que se faz o caminho¹: a natureza contingente da evolução como objeto de ensino

Beatriz Ceschim

Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciência –
Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” (Unesp)

Ana Maria de Andrade Caldeira

Departamento de Educação – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp)

Resumo

O ensino de evolução biológica é desafiado pelas dificuldades que os estudantes sofrem durante o processo de instrução. Uma delas é a de compatibilizar concepções alternativas com o consenso científico. Algumas dessas dificuldades serão exploradas nesse texto, no qual

¹ A evolução biológica não percorre um caminho fixo pré-determinado, pois o “caminho evolutivo” se faz a partir de seres vivos pré-existentes em constante interação com fatores bióticos e abióticos que variam amplamente conforme localizações espaço-temporais particulares. Trata-se da natureza contingente da evolução. Para clarificar, vamos emprestar o exemplo de Capra e Luisi (2014): se uma telha despenca do telhado e atinge uma ave em voo, não se trata de acaso, mas de contingência. São vários os fatores, como a velocidade do voo, a condição do telhado, a densidade da telha, a quantidade de vento etc., que são determinados causalmente de formas particulares: a telha obedece à gravidade, o telhado piora suas condições com efeitos da erosão e o voo do pássaro tem a velocidade determinada por sua condição de saúde, idade e dimensões. Juntos, tais fatores originam uma mistura imprevisível, uma contingência; mas se não estiverem juntos temporal ou espacialmente, simplesmente não ocorrem. Este é o âmago da contingência: o que foi originado por um processo contingente poderia simplesmente nunca ter surgido. Se a evolução tem caráter contingente, não pode haver caminho pré-determinado, mas ao mesmo tempo, a diversidade da vida não é originada por simples acaso: a formação de células eucariontes se deve à estrutura de organismos procariontes anteriores e às condições ambientais particulares. Sendo assim, o resultado não é aleatório ou arbitrário, pois depende da fusão espacial e temporal simultânea de fatores de partida, caracterizando a contingência da origem da variabilidade.

propostas didáticas serão apontadas para o enfrentamento da problemática levantada. Assim, este capítulo propõe-se ao escrutínio de algumas das concepções alternativas comuns, de modo a estabelecer parâmetros científicos para auxiliar professores e formadores de professores na identificação e diagnóstico dos equívocos de seus alunos. A partir da fundamentação concreta das concepções alternativas, estratégias pedagógicas possíveis serão apontadas.

Introdução

Muito distante da imagem de “tábula rasa” proposta por John Locke, os indivíduos possuem modelos mentais que explicam o mundo e que são produzidos como estruturas interpretativas frequentemente destoantes do consenso científico. Tais concepções, produzidas a partir (1) da percepção cotidiana (empirismo ou experiência que viabiliza a autoaprendizagem), (2) da socialização que transmite cultura e (3) de mal-entendidos causados pela polissemia da linguagem, são comumente denominadas por pesquisadores como “concepções alternativas”, porque este se trata de um termo neutro que não valoriza um tipo de conhecimento em detrimento de outro. Indica respeito, ao contrário de outros termos anteriormente utilizados, tais como “concepções ingênuas”, “concepções pré-científicas” ou “pré-conceitos” (FISHER e MOODY, 2002).

Quando as concepções alternativas que os estudantes portam são incompatíveis com o consenso científico, algumas dificuldades podem aparecer na aprendizagem durante a escolarização. Comumente denominado “mudança conceitual”, o processo de interação entre as concepções alternativas e concepções científicas pode culminar em diferentes resultados de compatibilização/substituição/reorganizações do conhecimento do estudante. Partindo da fundamentação da perspectiva ausubeliana de aprendizagem significativa, é preciso que a mediação didática ocorra de forma afinada aos pressupostos que o estudante possui: é preciso identificar o que o aluno já sabe e organizar o ensino fundamentado nesse saber, ou seja, é preciso investigar o que o aluno pensa e ensinar em conformidade com as noções concretas do indivíduo (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

Pesquisadores direcionam esforços para identificar concepções alternativas, bem como para produzir conhecimento acerca do processo

de mudança conceitual. No que diz respeito à aprendizagem de evolução biológica, as pesquisas que tomam como objeto de investigação as concepções de estudantes e professores de diferentes níveis de ensino apontam continuamente a persistência de equívocos, mesmo após períodos de instrução². É natural que o processo evolutivo seja um conteúdo de difícil compreensão, haja vista que se trata de um conhecimento com uma racionalidade caracterizada por ser abstrata e contraintuitiva (FISHER e MOODY, 2002).

A mudança conceitual é um aspecto importante a ser considerado no ensino de evolução biológica, pois a simples adição de conhecimento científico ao conhecimento prévio do estudante pode não resultar em uma composição coerente de pensamento. Sendo assim, o ensino requer atenção no que diz respeito às concepções que os estudantes exibem antes, durante e após o processo de ensino.

É possível, sim, que o estudante consiga alcançar uma mudança conceitual coerente por um ensino realizado apenas por um processo de adição (ou enriquecimento) de conhecimento. Porém, nem sempre ocorre o êxito na compatibilização de peças fragmentadas de informações e o resultado pode ser a produção de novas versões de concepções equivocadas (VOSNIADOU, VAMVAKOUSSI e SKOPELITI, 2008; VOSNIADOU, 2007).

Quando, na prática pedagógica, há desconhecimento acerca das concepções que os estudantes possuem, o ensino permanece limitado a adicionar/enriquecer as concepções, o que nem sempre é produtivo. O estudante, ao ser confrontado com o modelo científico que diverge de sua visão, se estiver restrito à simples adição, construirá modelos híbridos ou sintéticos (VOSNIADOU, 2007). Por exemplo, ao ser informado sobre o formato da Terra, o estudante pode sofrer o conflito com sua teoria de Terra plana. Porém, por mecanismos simples de assimilação, vários modelos sintéticos podem ser formados, como admitir que há duas Terras, uma apoiada e plana onde as pessoas vivem, e outra que é um planeta no céu (VOSNIADOU, 2007). Por não terem conhecimento consciente de suas próprias crenças, os estudantes não identificam contradições entre as próprias teorias e as teorias científicas, o que pode causar distorções.

2 Ver, por exemplo, Bardapurkar (2008), Gregory (2009), Ferrari e Chi (1998) e Zohar e Ginnossar (1998).

É possível desestimular a construção de tais modelos sintéticos, por meio das seguintes estratégias: identificação das inconsistências/incongruências/incompatibilidades entre as próprias teorias e as científicas e tomada de decisão para estar ativo em um processo próprio de aprendizagem intencional. Em outras palavras, a mudança conceitual pelo ensino requer não apenas a reestruturação das teorias prévias dos estudantes, mas também a reorganização de seus modos de aprendizagem e a criação da consciência conceitual por meio de intencionalidade. Trata-se de uma importante conclusão pedagógica acerca da relação entre conceitos espontâneos e científicos, visto que permite questionar a prática pedagógica de ensino direto de conceitos prontos aos alunos: há sempre o risco de que a simples adição de saber escolar origine modelos híbridos não conscientes constituídos por distorções conceituais (VOSNIADOU, 2007). Assim, docente e discente precisam alcançar ampla consciência acerca das concepções que possuem.

Desde modo, justifica-se a necessidade de examinar como os estudantes e professores de diversas partes do mundo entendem a evolução biológica de maneira incompatível com o consenso científico. Este capítulo propõe-se ao escrutínio de algumas das concepções alternativas comuns, de modo a estabelecer parâmetros científicos para auxiliar professores e formadores de professores na identificação e diagnóstico dos equívocos de seus alunos. A partir da fundamentação epistemológica das concepções alternativas, estratégias pedagógicas possíveis serão apontadas.

O processo de evolução biológica

A biologia evolutiva foi (e ainda é) reestruturada conforme a reorganização de perguntas e mediante a produção de conhecimento científico e filosófico. Muito do que se pensava há décadas foi acrescido com dados de pesquisas mais recentes, enquanto algumas ideias basais permaneceram inalteradas³. As obras de Charles Robert Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913) a respeito da seleção natural, por exemplo, representaram um trabalho fundamental para a

3 Acerca das transformações sofridas na teoria evolutiva, ver mais em Ceschim (2017).