

**CONSTRUÇÃO DE UM PERFIL CONCEITUAL DE ADAPTAÇÃO: IMPLICAÇÕES METODOLÓGICAS PARA O PROGRAMA DE PESQUISA SOBRE PERFIS CONCEITUAIS E O ENSINO DE EVOLUÇÃO**

**(The construction of a conceptual profile of adaptation: methodological implications to the research program on conceptual profiles and to evolution teaching)**

**Claudia Sepulveda** [causepulveda@ig.com.br]

Departamento de Educação, Universidade Estadual de Feira de Santana  
AV. Transnordestina S/N, Novo Horizonte, Feira de Santana -BA

**Eduardo Fleury Mortimer** [mortimer@ufmg.br]

Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - Belo Horizonte - MG

**Charbel N. El-Hani**[charbel.elhani@pq.cnpq.br]

Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia  
Rua Barão de Geremoabo, 147, Campus de Ondina, Salvador-BA

### **Resumo**

Neste artigo, é apresentado o percurso metodológico que levou à construção de um perfil conceitual de adaptação a partir de um exame dialógico de fontes epistemológicas e históricas, da literatura sobre concepções alternativas, de dados obtidos em entrevistas e questionários com estudantes do ensino médio e do ensino superior, e da análise de interações discursivas em salas de aula do ensino médio e superior de biologia. Pretendemos mostrar como um modelo de perfil para o conceito de adaptação foi construído com base neste percurso metodológico. Este modelo contém quatro zonas: funcionalismo intra-orgânico, ajuste providencial, perspectiva transformacional e perspectiva variacional. Para cada uma destas zonas, apresentamos uma caracterização em termos de compromissos epistemológicos e ontológicos que estruturam distintos modos de pensar sobre o conceito de adaptação. Por fim, analisamos as implicações deste estudo para a metodologia de construção de perfis conceituais e para o ensino de evolução.

**Palavras-chave:** perfil conceitual; adaptação; ensino de evolução; darwinismo.

### **Abstract**

In this paper, we present the methodological path that resulted in the construction of a conceptual profile of adaptation. This was based on a dialogical examination of epistemological and historical sources, the literature on alternative conceptions, original data obtained through interviews and questionnaires applied to high school and higher education students, and the analysis of discursive interactions in high school and higher education biology classrooms. We intend to show how a profile model for the concept of adaptation was built based on this methodological path. This model presents four zones: intra-organic functionalism, providential adjustment, transformational perspective, and variational perspective. For each of these zones, we present a characterization in terms of the epistemological and ontological commitments framing distinct ways of thinking about the concept of adaptation. Finally, we analyze the implications of this study to the methodology of conceptual profile construction and to evolution teaching.

**Keywords:** conceptual profile; adaptation; evolution teaching; darwinism.

### **Introdução**

A teoria dos perfis conceituais foi inicialmente desenvolvida por Mortimer (1994; 1995; 2000) como uma alternativa à mudança conceitual (Posner et. al., 1982) no que tange à análise da produção, no espaço social da sala de aula, de novos significados pelos estudantes sobre conceitos científicos. Ela se fundamenta na ideia de que em cada indivíduo podem coexistir diferentes formas

de pensar um mesmo conceito, que compõem um perfil conceitual. De acordo com esta teoria, para cada conceito científico é possível construir um perfil, cujas zonas são constituídas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos que estabilizam diferentes formas de se compreender um dado conceito. Apesar de cada indivíduo apresentar seu próprio perfil conceitual, os perfis conceituais são sistemas supra-individuais de formas de pensamento (Mortimer, 1994). As variações nos perfis de cada indivíduo são dadas pela importância relativa (altura) de cada zona, resultante das oportunidades mais ou menos frequentes que os indivíduos têm de aplicá-las em contextos apropriados, ao longo de suas experiências socioculturais. As zonas em si, as formas de pensar e modos de falar que elas representam, no entanto, são potencialmente compartilhadas por indivíduos em uma mesma cultura (Mortimer et al., 2014a).

A proposta da existência de tais formas coletivas de pensamento pode ser fundamentada na noção de heterogeneidade do pensamento verbal de Tulviste (1986, p. 19 *apud* Wertsch, 1991, p. 96), segundo a qual “em qualquer cultura e em qualquer indivíduo existe não uma forma homogênea de pensamento, mas diferentes tipos de pensamento verbal”. Ela também pode ser pensada a partir da perspectiva sociocultural de Vigotski (2001) sobre o desenvolvimento das funções mentais superiores, segundo a qual o pensamento individual é constituído através da internalização de mediadores simbólicos construídos socioculturalmente, entre eles a linguagem, disponibilizados através das interações sociais.

A teoria dos perfis conceituais pretende, portanto, modelar os diferentes modos a partir dos quais as pessoas podem conceitualizar eventos e objetos conceitualizáveis, em decorrência da variedade de contextos sociais em que nossas experiências têm lugar (Mortimer; Scott & El-Hani, 2009; Mortimer et. al., 2014a).

A noção de perfil conceitual foi inicialmente proposta por Mortimer (1994; 1995; 2000) para descrever a evolução conceitual das ideias dos estudantes acerca da matéria e suas transformações, ao longo e em decorrência de uma intervenção pedagógica. Nestes trabalhos anteriores, foi proposto como agenda para a investigação futura que a noção fosse aplicada ao ensino e à aprendizagem de conceitos de natureza diferente, como, por exemplo, conceitos relacionados a processos em lugar de estruturas, para que pudessem ser reveladas “interessantes facetas da noção de perfil não detectadas através do átomo” (Mortimer, 2000, p. 358).

Desde então, o modelo tem sido aplicado a diferentes conceitos, em sua maioria nos campos da física e da química, como os conceitos de molécula (Mortimer, 1997), de periodicidade (Gobara; Grea, 1997 *apud* Amaral, 2004), de calor (Amaral; Mortimer, 2001), e de espontaneidade e entropia (Amaral, 2004; Amaral; Mortimer, 2004). Mais recentemente, foram construídos perfis para conceitos centrais em outros campos das ciências naturais, que mantêm relações com outras áreas, como a medicina, sociologia e antropologia, a exemplo do conceito de vida (Coutinho, 2005; Coutinho, Mortimer & El-Hani, 2006; Silva, 2006) e do conceito de morte (Nicolli, 2009; Nicolli & Mortimer, 2009; Nicolli & Mortimer 2012).

À medida que estes estudos foram sendo realizados, a aplicação da noção em investigações relativas ao ensino e à aprendizagem de ciências foi sendo expandida. Em primeira instância, o perfil conceitual foi empregado como um instrumento que fornece uma descrição organizada e estruturada de ideias a respeito dos conceitos. Com o desenvolvimento posterior das investigações, foram propostas aplicações variadas para os perfis conceituais, visando dar conta de diferentes objetivos da pesquisa em ensino de ciências, como mostram os seguintes exemplos: (1) investigar a evolução conceitual dos estudantes em decorrência de uma sequência didática ou proposta curricular (Mortimer, 1994; 2000; Reis, El-Hani & Sepulveda, 2010); (2) propor parâmetros para a organização de estratégias de ensino (Gobora & Grea, 1997 *apud* Amaral, 2004); (3) analisar o processo de aprendizagem em sala de aula (Mortimer, 1994, 2000; Amaral, 2004; Sepulveda, 2010); (4) estudar como evoluem as zonas de um perfil em uma população específica em

decorrência de suas experiências educacionais e/ou formação cultural (Silva, 2006; Matos et. al., 2007).

Neste artigo, relataremos o processo de construção de um modelo de perfil conceitual de adaptação, que foi desenvolvido para ser empregado como ferramenta de investigação dos processos de significação da teoria darwinista de evolução através da análise do discurso produzido em sala de aula. Além disso, discutiremos, em termos mais gerais, as implicações deste estudo para a metodologia de construção de perfis conceituais.

A ideia de evolução cumpre um papel central e organizador na estrutura do pensamento biológico, sendo indispensável para a compreensão de muitos dos modelos explicativos da biologia (Futuyma, 1992; Meyer & El-Hani, 2005). O ensino da teoria darwinista da evolução assume grande importância na educação básica, não só por esta razão, como também por poder exercer importante papel na educação para a cidadania, em particular, para a tomada de decisões em situações sócio-científicas (Sadler, 2005). Afinal, a compreensão satisfatória de diversos processos biológicos que têm impacto social depende do pensamento evolutivo, a exemplo da resistência bacteriana a antibióticos e das pandemias provocadas por vírus emergentes (Futuyma, 2002; Meyer & El-Hani, 2005), ou do melhoramento genético de plantas e animais utilizados pelos seres humanos (Bull & Wichman, 2001; Futuyma, 2002).

Contudo, desde a década de 1980, tem sido constatada a presença de dificuldades por parte dos alunos para resolver problemas e interpretar fenômenos biológicos em termos darwinistas, mesmo após instrução formal sobre o tema (e.g., Clough & Wood-Robinson, 1985; Bishop & Anderson, 1990; Bizzo, 1994; Desmastes; Settlage & Good, 1995; Jensen & Finley, 1996; Dougher & Boujaoude, 2005; Sthulman, 2006).

Diante da importância do ensino de evolução e das dificuldades de promover a compreensão do pensamento darwinista, amplamente documentadas na literatura, justifica-se a pertinência do desenvolvimento de modelos teóricos que possam amparar investigações acerca da compreensão de modelos explicativos darwinistas no espaço sociocultural e institucional da sala de aula. Partimos do pressuposto de que um perfil conceitual de adaptação pode cumprir este papel, ao ser empregado como ferramenta de análise do discurso produzido em sala de aula.

O conceito de adaptação, entre os diversos conceitos da biologia evolutiva, se presta particularmente bem à construção de um perfil conceitual para ser aplicado ao contexto de ensino de evolução. Isso porque a adaptação é um conceito central nas explicações darwinistas e abriga uma grande polissemia, tanto no domínio específico da biologia, como em outros domínios da cultura geral e da linguagem.

Com base nos pressupostos brevemente expostos acima, foi organizada uma investigação para avaliar o potencial heurístico de um modelo de perfil conceitual de adaptação na investigação de situações de ensino e aprendizagem de evolução (Sepulveda, 2010), estruturada nas seguintes etapas: (1) Construção de um modelo de perfil conceitual de adaptação; (2) Aplicação deste modelo na análise discursiva de episódios de ensino de evolução produzidos no contexto do ensino médio de biologia; (3) Aperfeiçoamento do modelo inicialmente proposto a partir da caracterização de modos de falar sobre adaptação, empregados por estudantes e professores ao negociarem significados em torno das explicações para as mudanças evolutivas.

Este artigo terá como foco apenas a primeira etapa desta pesquisa. Será apresentado o percurso metodológico que levou à construção de um modelo de perfil de adaptação, a partir de um exame dialógico de fontes epistemológicas e históricas do desenvolvimento sociocultural deste conceito, da literatura sobre concepções alternativas, de dados obtidos em entrevistas e questionários com estudantes do ensino médio e do ensino superior, e da análise de alguns episódios de ensino de evolução. Com este enfoque, o artigo pretende cumprir dois objetivos: (1) contribuir

para o esclarecimento dos princípios metodológicos que vêm sendo consolidados no programa de pesquisa sobre perfis, em particular, no que diz respeito à constituição das zonas de um perfil e, portanto, à construção de um modelo de perfil; e (2) apresentar uma caracterização epistemológica das zonas de um perfil para adaptação, o qual poderá ser utilizado como ferramentas em investigações de processos de ensino e aprendizagem de evolução.

Inicialmente, será descrita a metodologia empregada para constituição das zonas de um perfil conceitual de adaptação. Ao longo das duas seções seguintes, serão apresentadas as fontes de dados que foram consultadas para se compreender a gênese do conceito de adaptação em diferentes contextos de produção e domínios genéticos. A partir do exame dialógico destes dados, serão identificados os temas epistemológicos a partir dos quais a polissemia em torno do conceito de adaptação pode ser organizada. Estes temas serão organizados e apresentados através de uma ferramenta metodológica que designamos “matriz epistemológica”. A partir do conjunto de compromissos epistemológicos e ontológicos organizados nesta matriz, são individuadas e caracterizadas as quatro zonas de um perfil conceitual de adaptação identificadas neste percurso – funcionalismo intra-orgânico, ajuste providencial, perspectiva transformacional e perspectiva variacional – e discutidas as implicações do estudo para a metodologia de construção de perfis conceituais e para o ensino de evolução.

## Metodologia

Como discute Wertsch (1985), Vygotsky argumentava que o funcionamento das funções mentais humanas só pode ser propriamente compreendido a partir do exame de seu desenvolvimento em três domínios genéticos: a filogênese, a história sociocultural e a ontogênese. Wertsch (1985, p. 54-55), por sua vez, identificou um quarto plano de desenvolvimento examinado por Vigotski em seus estudos experimentais acerca do desenvolvimento cognitivo, a saber, a microgênese. Desta perspectiva teórica, a construção de perfis conceituais deve considerar uma diversidade tanto de ideias quanto de contextos de produção, de modo a abarcar pelo menos três dos quatro domínios genéticos abordados por Vigotski em suas investigações acerca da relação entre pensamento, linguagem e formação de conceitos: os domínios sociocultural, ontogenético e microgenético.”

A filogênese diz respeito à história evolutiva da espécie, às mudanças da estrutura orgânica, em especial do cérebro, que provêm limites e possibilidades para o desenvolvimento humano. Este é um processo que, para Vigostki, segue os princípios da evolução darwiniana. Na perspectiva vigostkiana, para compreender o desenvolvimento cognitivo humano, deve-se também examinar a influência exercida pela história da cultura em que o sujeito está inserido, mais especificamente, pelas atividades de comunicação simbólica através das quais os humanos produzem coletivamente novos significados para o seu comportamento (Scribner, 1985, p.123, *apud* Wertsch, 1985, p. 32). Esta influência constitui o domínio sociocultural. O domínio ontogenético, por sua vez, se refere à história do desenvolvimento cognitivo de um membro individual da espécie humana, envolvendo a operação simultânea e inter-relacionada de forças naturais e sociais de desenvolvimento das funções mentais. A microgênese, por fim, diz respeito à história de um determinado fenômeno psicológico, em geral de curto termo, podendo referir-se a eventos de transição genética, nos quais ocorre uma mudança qualitativa no desenvolvimento de um processo psicológico, ou a eventos de desdobramento de um ato perceptual e conceitual individual.

Na metodologia de construção de perfis conceituais, a gênese do conceito no domínio sociocultural tem sido investigada a partir das ideias relacionadas ao conceito em foco encontradas na história das ciências (Mortimer, 2000; Amaral, 2004; Coutinho, 2005), de revisões epistemológicas do conceito e, no contexto da produção do conhecimento escolar, da forma como o mesmo é abordado em livros didáticos (Coutinho, 2005; Sepulveda, 2010). Encontramos na ampla

literatura produzida pelo movimento das concepções alternativas, principalmente ao longo das décadas de 1970 e 1980, informações a respeito de como conceitos centrais dos diferentes campos das ciências naturais são aprendidos por estudantes de diferentes idades e, também, de como essas ideias evoluem ao longo da história de sujeitos individuais. Esta literatura tem sido considerada, portanto, uma rica fonte de dados para o estudo da gênese do conceito no domínio ontogenético. Por fim, os dados empíricos colhidos em estudos originais da construção de significados para o conceito num contexto escolar, através de entrevistas, questionários e filmagens de interações discursivas em sala de aula, têm permitido estudar a gênese de conceitos em curtos períodos de tempo, dando acesso, deste modo, ao domínio microgenético. Este conjunto de dados deve ser examinado de modo a serem identificados compromissos epistemológicos e ontológicos que estabilizam formas de pensar e modos de falar sobre os conceitos e, desta forma, possibilitam individuar zonas de um perfil (Mortimer; Scott & El-Hani, 2009; Mortimer et al., 2014b).

Para a construção de um perfil conceitual de adaptação, baseamo-nos nas seguintes fontes: (1) informações extraídas de fontes secundárias sobre a história da biologia e de tratamentos epistemológicos do conceito; (2) informações obtidas na literatura sobre concepções de alunos acerca dos conceitos de adaptação e seleção natural; (3) dados empíricos coletados através de entrevistas com alunos do ensino médio e questionários aplicados a alunos do ensino superior de ciências biológicas; e (4) dados de interações discursivas em salas de aula do ensino médio de biologia e de um curso de graduação em ciências biológicas.

Foram abordados alguns períodos da história das ciências biológicas, selecionados a partir de análises epistemológicas do conceito: emergência da teologia natural britânica do século XVII, o naturalismo pré-darwinista – Buffon, Cuvier, Saint-Hilaire e Lamarck –, Darwinismo original (1859-1890), Eclipse do Darwinismo (1890-1920), desenvolvimento da teoria sintética da evolução (1930 até os dias atuais), a crise dos anos 1960 e 1970 e os debates contemporâneos entre adaptacionistas e pluralistas (década de 1960 em diante).

Para tanto, fontes secundárias foram utilizadas, considerando-se os pontos de vista de mais de um historiador da biologia, bem como de filósofos da ciência e biólogos evolutivos, e, ainda, de livros didáticos do ensino superior.

Os questionários e roteiros de entrevistas foram elaborados com base em cenários que se referiam a fenômenos de adaptação evolutiva já estudados pela biologia e descritos em literatura, como a diversificação da forma e do tamanho dos bicos dos tentilhões das Ilhas Galápagos, a resistência de bactérias a antibióticos ou de pragas a inseticidas, e a camuflagem de insetos. Ao proceder deste modo, procuramos seguir as diretrizes discutidas por Anderson, Fisher e Norman (2002), que fazem uma revisão crítica dos instrumentos utilizados até então para investigar as concepções dos alunos acerca da seleção natural e discutem problemas advindos do emprego de situações hipotéticas nos instrumentos anteriores. Eles propõem, em contrapartida, o desenvolvimento de instrumentos contendo itens e contextos baseados em eventos evolutivos reais e já estudados pela ciência. Foram realizadas aplicações piloto dos roteiros de entrevista e questionário para investigar se o modo como as questões estavam estruturadas permitia sua compreensão pelos estudantes. A adequação da linguagem e da abordagem conceitual dos cenários para a população de alunos do Ensino Médio foi possível pela parceria com as professoras de Biologia da rede pública de ensino de Salvador.

Foram obtidos cerca de 50 questionários, 25 deles respondidos por alunos cursando o segundo semestre, e outros 25 cursando o sétimo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Por sua vez, cerca de 10 alunos do ensino médio foram entrevistados. Consideramos esta amostragem suficiente para identificarmos a heterogeneidade de formas de pensar o conceito de adaptação nestes dois contextos socioculturais de produção do discurso escolar sobre pensamento darwinista.

Os dados de sala de aula foram coletados através da gravação em vídeo de uma sequência de aulas sobre o tema “Adaptação Evolutiva e Teoria da Evolução por Seleção Natural”, ministrada em uma turma do ensino médio de biologia de uma escola pública da periferia da cidade de Salvador, Bahia. Esta sequência didática foi desenvolvida de modo colaborativo entre pesquisadores da universidade, autores deste artigo (Sepulveda. C, El-Hani. C) e uma professora da educação básica (Helenadja Mota Pereira), que integravam a equipe executora de um projeto voltado para o desenvolvimento e a investigação de estratégias de ensino para alfabetização científica com respeito à diversidade cultural<sup>1</sup>. A sequência foi aplicada pela professora em duas de suas turmas de primeiro ano do ensino médio, composta por alunos que ingressaram naquele nível de escolaridade após um programa de aceleração, em que os 3º e 4º ciclos do ensino fundamental foram cursados no período de dois anos. Boa parte desses alunos apresentavam formação religiosa protestante. Pretendia-se promover a compreensão da teoria da evolução por seleção natural como modelo explicativo para mudanças evolutivas, a partir da abordagem de adaptações bem conhecidas e largamente discutidas na literatura e de uma perspectiva multicultural.

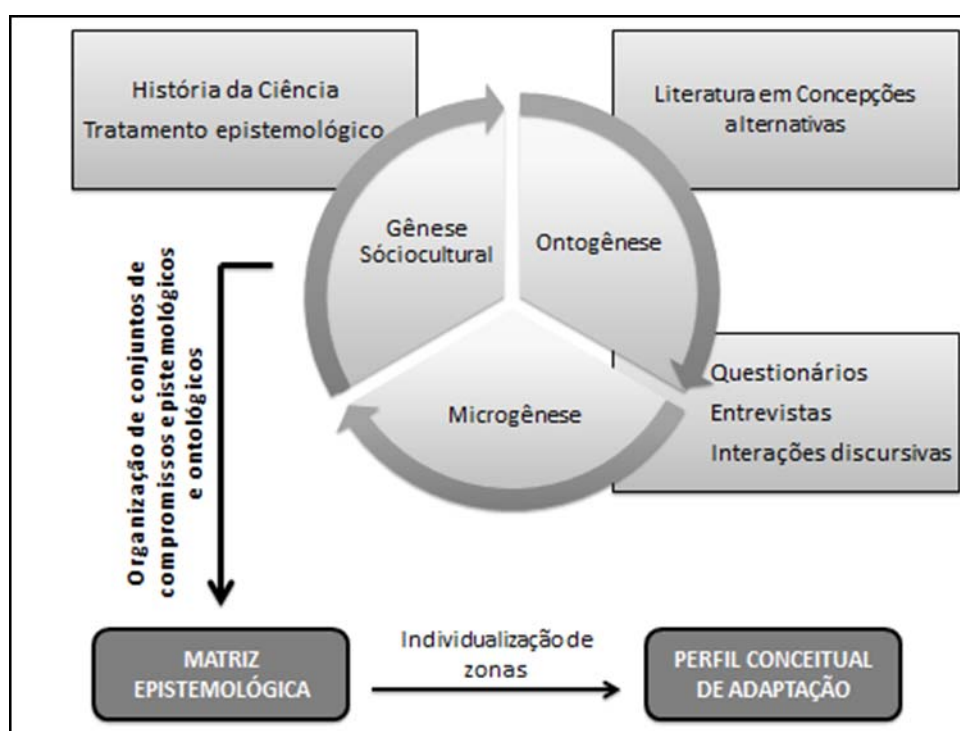


Figura 1: Representação esquemática da metodologia de construção de um perfil conceitual de adaptação.

O exame deste conjunto de dados foi realizado de modo dialógico, e não sequencial, no sentido de que os dados referentes a cada domínio genético foram a todo tempo articulado com os demais. As informações obtidas por meio deste exame foram organizadas através de um instrumento que designamos “matriz epistemológica”. Nesta matriz, foram dispostos temas epistemológicos a partir dos quais o conceito de adaptação pode ser significado e, para cada um deles, foi identificado um conjunto de compromissos ontológicos e epistemológicos que estruturam a interpretação desse conceito (ver Quadro 1). As zonas do modelo de perfil conceitual de adaptação foram constituídas a partir de uma combinação de diferentes compromissos ontológicos e epistemológicos, referentes a cada um dos temas epistemológicos dispostos na matriz. Um esquema do desenho metodológico para a construção e o aprimoramento do perfil é mostrado na Figura 1.

<sup>1</sup> Projeto “Educação Científica no Contexto Multicultural do Estado da Bahia: Desenvolvimento e Avaliação de Estratégias de Ensino para Alfabetização Científica com Respeito à Diversidade Cultural, realizado no período entre 02/12/2004 a 02/01/2007, sob a coordenação do Prof. Charbel N. El-Hani e com financiamento da FAPESB. Uma descrição mais detalhada da sequência e análise de parte de seus resultados são encontrados em Pereira (2009).

## A gênese do conceito de adaptação no domínio sociocultural

O conceito de adaptação é anterior ao darwinismo (Amundson, 1996). O fenômeno da adaptação, o ajuste estrutural aparentemente perfeito da forma orgânica, constituiu o foco central da teologia natural do século XVIII. Neste contexto, a adaptação era interpretada de maneira a sustentar o argumento do desígnio ou planejamento, de acordo com o qual cada organismo teria sido meticulosamente projetado para um papel definido na economia da natureza, pela ação criadora inteligente de Deus, de modo que cada uma de suas estruturas se encontraria perfeitamente ajustada à sua função. Esse argumento se encontra, por exemplo, na obra *Natural Theology* de Paley (1802) (Bowler, 2003).

Além da origem na teologia natural, para entendermos o desenvolvimento do conceito darwinista de adaptação é importante analisarmos a sua relação com a busca por explicações para a diversidade, complexidade e funcionalidade da forma orgânica e as disputas em torno de explicações alternativas para estes fenômenos, ao longo do século XVIII.

Na interpretação de historiadores da biologia como Ospovat (1981) e Amundson (1996), o contexto teórico da biologia que antecedeu, na Inglaterra, a publicação de *Origem das Espécies* por Darwin pode ser caracterizado pelo debate acerca do modo como deveriam ser explicadas as estruturas orgânicas particulares dos animais – se prioritariamente aludindo-se à função que desempenham e sua adaptação às condições internas e externas à vida, ou se a partir da comparação com estruturas correspondentes e similares em outros animais que apresentam o mesmo plano corporal. Estas duas perspectivas foram designadas por Ospovat (1981) ‘teleológica’ e ‘anti-teleológica’ e por Amundson (1996), ‘adaptacionismo’ e ‘estruturalismo’.

Caponi (2006) apresenta, contudo, uma interpretação alternativa àquelas propostas por Amundson e Ospovat para o cenário que antecedeu a publicação de *Origem das Espécies*. Ele argumenta que, tanto entre os teólogos naturais, como entre os naturalistas do século XVIII, fossem aqueles considerados adaptacionistas ou aqueles considerados estruturalistas por Amundson, não havia o problema da adaptação tal como construído nos termos darwinistas. Ao investigar-se a estrutura orgânica, não se tinha em vista, ou como foco, o ajuste dos organismos aos problemas impostos pelo ambiente, incluindo àqueles derivados das relações dos organismos entre si. Segundo a análise de Caponi, em lugar de narrativas adaptacionistas, a história natural praticada pelos naturalistas pré-darwinistas era rica em descrições anatômicas e fisiológicas. Mesmo entre aqueles que investigavam a forma orgânica a partir de uma perspectiva funcionalista, a exemplo de Cuvier, as características morfológicas e comportamentais, incluindo aquelas que hoje consideraríamos estruturas adaptativas, não eram explicadas em termos dos desafios ambientais que os organismos têm de responder, mas como o resultado necessário das leis de coexistência (entre as partes num todo funcional) que regem a fisiologia dos organismos.

Esta abordagem é denominada por Caponi (2006, p. 20) “funcionalismo organicista”. Neste caso, temos a fusão de dois compromissos epistemológicos: primeiro, uma teleologia intra-orgânica, a partir da qual a existência das estruturas é explicada em virtude de seu papel causal na preservação da harmonia interior ao organismo (Caponi, 2002, p. 59); segundo, uma perspectiva organísmica ou fisiológica, a partir da qual o organismo individual é considerado o lócus privilegiado e até exclusivo do fenômeno biológico. De acordo com a análise feita por Caponi (2002; 2005), esta perspectiva estrutura o modo como toda a filosofia natural pré-darwinista investigava a diversidade da forma orgânica.

Com base nestes argumentos, Caponi (2005; 2006) propõe que o caminho esclarecedor para entender-se a história da biologia evolutiva não reside na dicotomia estruturalismo-funcionalismo, destacada por Amundson (1996), Ospovat (1981) e Gould (2002), mas sim na oposição entre a perspectiva fisiológica, a qual dirigiu todo o campo das ciências da vida, desde Aristóteles até

Cuvier, passando por Lamarck e Geoffroy Saint-Hilaire, e a perspectiva populacional, que emergiu com a explicação darwinista dos processos evolutivos.

A perspectiva fisiológica apontada por Caponi esteve associada a uma perspectiva mais geral, que considera o organismo como o lócus privilegiado do fenômeno biológico. Esta perspectiva atribuiu a teorias evolutivas não-darwinistas, a exemplo da teoria de Lamarck, um caráter transformacional (Caponi, 2005, p. 234). Conforme explicam Levins e Lewontin (1985), Sober (1993) e Caponi (2005), as teorias transformacionais explicam a evolução de um sistema em virtude de mudanças simultâneas e conjugadas de todos os seus componentes, ou seja, a mudança evolutiva é entendida como o resultado de transformações que ocorrem simultaneamente em todos e em cada um dos membros individuais da espécie. Em Lamarck, são as modificações sofridas no curso de vida dos organismos individuais que produzem o aumento da complexidade organizacional da espécie (que, para Lamarck, correspondia à “evolução”, termo que nunca empregou). A teoria darwiniana da evolução, por sua vez, propõe uma explicação variacional ou seletional para a mudança evolutiva. Neste caso, as mudanças de um sistema são explicadas em virtude da mudança nas proporções de seus componentes, e não em virtude das transformações de seus componentes individuais. Lewontin exemplifica a forma distinta como a mudança evolutiva é explicada pelo modelo variacional, em relação à explicação de caráter transformacional, usando o caso do surgimento da resistência de insetos a inseticidas:

Se os insetos estão se tornando mais resistentes aos inseticidas não é porque cada indivíduo adquire níveis cada vez mais altos de resistência durante sua vida, mas sim porque as variantes resistentes sobrevivem e se reproduzem, enquanto os organismos suscetíveis morrem (Lewontin, 2002, p. 15).

Consideramos a interpretação de Caponi (2006) acerca das explicações para a forma orgânica propostas por Buffon, Lamarck, Cuvier e Geoffroy Saint-Hilaire não só plausível, como frutífera, e concordamos com a sua tese de que não houve um adaptacionismo pré-darwinista, tal como defendido por Amundson (1996) e Gould (2002). Entretanto, nossa visão é a de que cada uma das dicotomias, acima citadas – aquelas que opõem visões teleológicas vs. anti-teleológicas; estruturalistas vs. funcionalistas; tipológicas vs. populacionais; transformacionais vs. variacionais – podem ter papéis importantes na compreensão do pensamento evolutivo, na medida em que iluminam aspectos diversos e importantes do pensamento darwinista, colocando-o em distintos contrastes com maneiras alternativas de conceber a evolução (Sepulveda, 2010; Sepulveda, Meyer & El-Hani, 2011). No presente estudo, investigar cada uma destas oposições teve um papel heurístico importante na identificação de compromissos epistemológicos e ontológicos que estruturam formas alternativas de explicar a diversidade orgânica e, portanto, de pensar o conceito de adaptação, não só no domínio sociocultural, como também nos domínios ontogenético e microgenético.

Para entendermos melhor o significado e o papel destas dicotomias na gênese do conceito darwinista de adaptação, é preciso analisar mais detidamente como Darwin se posicionou em relação às explicações para a forma orgânica que existiam na sua época, bem como que rupturas epistemológicas sua teoria da evolução realizou em relação às explicações preexistentes para a origem e diversidade da forma orgânica.

De modo semelhante a Maynard Smith (1969), Ruse (1983), Godfrey-Smith (1999) e Ayala (2009), Caponi propõe que o principal objetivo de Darwin era apresentar uma resposta naturalista, não-teleológica, ao problema do design, tal como formulado pela teologia natural de Paley. Este filósofo apresenta a formulação deste problema em termos da vigésima oitava questão colocada por Newton em sua *Óptica*: “Como os corpos dos animais são desenhados com tanta arte, e para que foram feitas suas diversas partes?”.

O papel que a teoria da seleção natural teve no desafio à visão de mundo vigente na época de Darwin decorreu não só do fato de que oferecia uma alternativa explícita ao argumento do



projeto (*argument from design*) e, assim, tornava possível explicar as características e a diversidade dos seres vivos sem invocar causas sobrenaturais, mas, também, porque promovia uma mudança radical na forma de pensar e investigar a estrutura orgânica que fora dominante na filosofia natural do século XVIII, inclusive em relação a teorias evolucionistas materialistas, como as de Buffon e Lamarck.

Na interpretação de Caponi (2005, p. 233), “o violento re-ordenamento epistemológico” que a explicação darwinista representou em relação às explicações evolutivas transformacionais, dominantes na filosofia natural anterior, esteve centrado em dois aspectos: a emergência da população como “novo objeto de experiência” e o reconhecimento das causas remotas como “nova categoria causal”.

Para Mayr (2009, p. 99-100), o pensamento darwinista rompeu com duas posições filosóficas que se mantiveram dominantes nas ciências biológicas até o início do século XX, o pensamento tipológico (ou essencialismo) e o finalismo. Além disso, ele introduziu novos conceitos, os quais eram “parcial ou totalmente ausentes da filosofia das ciências da metade do século XIX”: população, seleção natural, acaso e história.

Não importando se eram partidários da, ou contrários à explicação evolucionista da diversidade da vida, os biólogos dos séculos XVII e XVIII compartilhavam um modo de pensar tipológico. As espécies eram concebidas como *tipos naturais*, definidos por uma essência compartilhada por todos os organismos nela incluídos (Mayr, 2001), isto é, por um conjunto de propriedades únicas compartilhadas por todos os membros de uma espécie, e apenas por eles, as quais explicariam por que eles são o que são (Sober, 1994). Segundo essa visão tipológica da espécie, a variação é irrelevante, correspondendo a nada além de ‘meros acidentes’ ou ‘degenerações’ do tipo. Esta visão da variação entre os membros de uma espécie é um compromisso epistemológico que estrutura até mesmo algumas ideias transformistas, como o transformismo de Buffon e a teoria evolutiva transformacional de Lamarck.

Darwin rompeu com esta tradição ao introduzir o que Mayr (1988; 1998) designa pensamento populacional. A base deste modo de pensar está no reconhecimento de que o que encontramos nos organismos vivos não são classes constantes (tipos), e sim populações variáveis (Mayr, 2001).

O fato de romper com tradições filosóficas bem estabelecidas foi um dos fatores que contribuiu para que a seleção natural só fosse amplamente aceita a partir das décadas de 1930 e 1940 (Mayr, 2009). É certo que, hoje em dia, a seleção natural ocupa um papel importante na biologia evolutiva, uma vez que é um mecanismo que tem o potencial de explicar todas as adaptações conhecidas e, além disso, é elemento importante (embora não exclusivo) das explicações de outros fenômenos evolutivos, a exemplo da diversificação das espécies. Entretanto, este papel não foi dado imediatamente à teoria da seleção natural, não antes de enfrentar uma série de controvérsias.

A ausência de dados experimentais que apoiassem o papel da seleção natural nas mudanças evolutivas, a inexistência de uma explicação para a origem e natureza da variação contínua entre os indivíduos de uma população e a falta de um mecanismo de herança convincente, entre outros aspectos, contribuíram para a rejeição da seleção natural ao final do século XIX. Assim, por volta de 1900, mecanismos alternativos para explicar as mudanças evolutivas gozavam de prestígio cada vez maior, comprometendo a tal ponto a aceitação da teoria darwinista que o período foi chamado por Julian Huxley (1942) de ‘eclipse do darwinismo’, termo depois popularizado entre os historiadores da biologia por Peter Bowler (1983; 2003).

O ressurgimento do darwinismo se deu apenas quando os modelos matemáticos da genética de populações permitiram mostrar a eficácia e o possível alcance da seleção natural como agente da

mudança evolutiva (Caponi, 2003). Os trabalhos dos geneticistas de populações, principalmente aqueles realizados por Ronald Fisher, John B. S. Haldane e Sewall Wright na década de 1930, mostraram que a variação estudada pelos evolucionistas poderia ser explicada pela herança mendeliana e pela seleção natural (Meyer & El-Hani, 2005).

As contribuições da genética de populações, no que diz respeito tanto aos elementos teóricos e metodológicos, como aos dados empíricos acerca da variação genética, tiveram um papel central na construção da síntese evolutiva, um movimento de fusão do mendelismo com o darwinismo realizado a partir do final da década de 1920 e concretizado nos anos 1950. Contudo, não foi somente a genética de populações que contribuiu para a construção da síntese: como Mayr muitas vezes enfatizou, houve aportes importantes que tiveram outras origens, a exemplo dos estudos de naturalistas de campo (e.g., Mayr & Provine, 1980).

Após a síntese evolutiva, a seleção natural passou a ser aceita pela vasta maioria dos biólogos como a influência causal primária (e para muitos exclusiva) na mudança evolutiva e, acima de tudo, como a única explicação para as adaptações. Essa tendência foi tão vigorosa que muitos biólogos evolutivos do século XX dirigiram seu trabalho para a busca de significado funcional e valor adaptativo de uma variedade de traços biológicos conspícuos, que até então não haviam sido explicados convincentemente (Amundson, 1996; Mayr, 1988).

Até os anos 1980, era comum que diante de qualquer traço aparentemente útil, os biólogos evolutivos assumissem sua funcionalidade e criassem uma hipótese acerca de seu significado adaptativo, explicando então sua existência a partir de um modelo seletivo, sem se preocupar, contudo, em testar tal hipótese, bastando sua consistência teórica com o mecanismo da seleção natural. Gould e Lewontin (1979) chamaram esta abordagem de 'programa adaptacionista'. Este programa tem sido duramente criticado desde os anos 1970, em consequência de evidências empíricas e avanços teóricos que expuseram os limites da seleção natural para a explicação da organização estrutural das formas vivas. Mais especificamente, as descobertas acerca do papel do acaso nas mudanças evolutivas (deriva gênica) e a ênfase no papel das restrições históricas (filogenéticas) e desenvolvimentais na evolução da forma orgânica, entre outros fatores, mostraram que, não obstante a grande importância do mecanismo da seleção natural na explicação dos processos evolutivos, é preciso combiná-lo com outros mecanismos (igualmente naturalistas) para a construção de modelos explicativos mais consistentes. Esta visão pode ser chamada de 'pluralismo de processos' (Pigliucci & Kaplan, 2000; Meyer & El-Hani, 2000, 2005). Os argumentos apresentados pelos autores que assumem diferentes posicionamentos no debate entre adaptacionistas e pluralistas expõem um desafio enfrentado pelo conceito de adaptação, cuja análise é de extrema relevância para nosso estudo: a proliferação de significados e a variação conceitual relativa ao termo 'adaptação'.

A força da imagem metafórica deste termo, que conota um ajuste de um objeto a uma tarefa particular, de modo a torná-lo apto a satisfazer uma exigência preexistente, (Gould & Vrba, 1982; Lewontin, 2002), é uma herança do uso do termo no âmbito semântico da teologia natural do séc. XVII. Esta herança fez com que o termo fosse empregado indiscriminadamente para designar uma variedade de fenômenos biológicos, que têm em comum apenas o traço de representar o ajuste dos organismos ao ambiente, mas que diferem no que diz respeito aos níveis hierárquicos em que ocorrem e em seu processo de origem (etiologia).

Como analisam Gould e Lewontin (1979), o uso indiscriminado do termo 'adaptação' na biologia obscurece as diferenças entre três processos: (1) a plasticidade fenotípica, que permite aos organismos moldarem sua forma, sua fisiologia e/ou seu comportamento às circunstâncias prevalentes ao longo da ontogenia (adaptação fisiológica ou ontogenética); (2) a adaptação cultural, a herança cultural possibilitada pela aprendizagem em humanos (e, de modo distinto, em várias outras espécies); e (3) o mecanismo darwinista de seleção de variedades genéticas, que contribui

para a adaptação evolutiva. Para Gould e Lewontin, a ambiguidade no uso deste termo pode conduzir ao equívoco de se estender a um fenômeno as explicações etiológicas de outro.

Embora no âmbito da biologia evolutiva, o uso do termo adaptação seja restrito às adaptações evolutivas, observa-se também neste campo a proliferação de significados para o mesmo. Encontramos hoje o uso da palavra ‘adaptação’ por biólogos evolutivos para referir-se ora a características que foram construídas pela ação direta da seleção natural (Williams 1966; Lewontin, 1978), ora a qualquer característica que aumente a aptidão darwiniana (*fitness*), independentemente de qual tenha sido sua origem histórica (Bock, 1979; 1980). Segundo Gould e Vrba (1982), os biólogos, em consequência da visão adaptacionista e da ambiguidade do termo ‘adaptação’, ora vista como produto, ora como processo, não têm reconhecido a confusão potencial entre estes dois sentidos, apoiados em dois critérios distintos: a gênese histórica (construção por seleção natural) e a utilidade corrente (aumento de aptidão darwiniana, não importando a origem).

A despeito do papel heurístico que a variação conceitual em torno da adaptação possa ter apresentado no desenvolvimento da pesquisa em alguns campos da biologia, tem sido reconhecido que as ambiguidades geradas pela proliferação de significados para o referido conceito têm afetado não só a produção na área da biologia evolutiva (Burian, 2005), como também o ensino de evolução (Lucas, 1971; Alters & Nelson, 2002; Sepulveda & El-Hani, 2007).

A proliferação de significados atribuídos ao termo “adaptação” é um dos sinais da crise que tem atingido este conceito desde a crítica ao programa adaptacionista, iniciada na década de 1970. O segundo aspecto desta crise diz respeito às dificuldades que o conceito de adaptação vem enfrentando para acomodar-se a avanços empíricos e conceituais da biologia evolutiva, que apontam para os limites da seleção natural em moldar fenótipos ótimos, bem como para a importância de outros mecanismos, além da seleção, no processo evolutivo.

No contexto intelectual que sucedeu à síntese evolutiva de meados do século XX, o conceito de adaptação foi ressignificado, como parte da visão do processo evolutivo desenvolvida nos trabalhos clássicos de Mayr, Dobzhansky, Simpson, Stebbins, entre outros. Duas formas de conceituar adaptação, como característica e como processo, encontradas no glossário de Futuyma (1992), serve para exemplificar esta perspectiva:

“ADAPTAÇÃO Um processo de mudança genética de uma população, devido à seleção natural, pelo qual o estado médio de um caráter é aperfeiçoado com relação a uma função específica ou pelo qual se acredita que uma população se torna mais ajustada para alguma característica de seu ambiente. Também, *uma* adaptação: uma característica que se tornou predominante em uma população devido a uma vantagem seletiva proporcionada pelo seu aumento do desempenho de alguma função” (Futuyma, 1992, p. 578. Ênfase no original).

Este modo como o conceito de adaptação é formulado, na perspectiva da teoria sintética, implica as ideias de que: (1) qualquer característica funcional é necessariamente resultante da ação direta da seleção natural; (2) este processo leva a um estado ótimo da estrutura orgânica em sua relação com o ambiente; e (3) ele conduz a um aumento da aptidão darwiniana média da população. No entanto, autores como Sober (1993) e Sterelny e Griffiths (1999) têm argumentado, vigorosamente, acerca da independência lógica entre adaptação (característica moldada pela seleção natural no passado) e adaptatividade (incremento na aptidão darwiniana).

Para que a seleção natural possa levar à otimização, é preciso que algumas condições sejam satisfeitas: por exemplo, o regime seletivo deve manter-se estável por um longo período de tempo, pelo menos naquelas variáveis relevantes para a sobrevivência e reprodução bem sucedidas dos organismos de uma espécie. No entanto, o ambiente sofre mudanças frequentes, seja por processos autônomos, como as mudanças geológicas, ou, em grande parte, pela própria atividade dos organismos, que agem continuamente sobre o meio em que vivem, bem como sobre os demais organismos. Desse modo, a evolução por seleção natural pode ser descrita, metaforicamente, como

uma espécie de corrida em direção a um ‘alvo móvel’: à medida que a população é modificada em resposta a uma pressão seletiva criada por determinadas condições ambientais, estas condições podem estar mudando, em parte devido à própria evolução desta população (Lewontin, 1978; Sober, 1993). Esta é uma das razões pelas quais não podemos entender a seleção natural como um processo *necessariamente* otimizador, ou seja, que terá sempre como resultado final o estado ótimo de um caráter adaptativo. Não se trata de que a seleção natural nunca possa ter esse resultado, mas apenas de que este não é um resultado *necessário* do processo de seleção.

Como pode levar algum tempo até que se façam sentir como novas pressões seletivas, mudanças ambientais podem não ser seguidas rapidamente por mudanças na distribuição de características de uma população. Uma das razões para este lapso temporal entre mudança ambiental e manifestação como pressão seletiva reside no fato de que o efeito de uma dada mudança pode ser minimizado por outros fatores ambientais, ou pela ação de outras forças evolutivas. Desse modo, uma característica que se tenha fixado por apresentar valor adaptativo num determinado ambiente ancestral, sendo, portanto, uma adaptação, pode continuar prevalente por algum período de tempo sem conferir qualquer benefício, ou até mesmo causando problemas para o organismo que a possui. É o caso, por exemplo, do nosso paladar preferencial por alimentos ricos em carboidratos e lipídeos, particularmente acentuado na infância: ele tem sido explicado, em alguns modelos, como uma adaptação às condições de um ambiente ancestral com disponibilidade limitada de calorias, mas, nos dias de hoje, tem resultado em sérios problemas de saúde nas populações humanas, a exemplo da atual epidemia de obesidade, inclusive entre crianças.

Assim como são comuns casos em que a adaptação não leva a incremento da aptidão darwiniana média da população, o inverso também ocorre: há traços que aumentam o nível de adaptatividade de seu portador sem que sejam adaptações, ou seja, sem que tenham sido fixados na população pela ação direta da seleção natural. Este é o caso, por exemplo, de traços que se tornam frequentes numa população por deriva genética e, posteriormente, são cooptados para uma função.

Como podemos ver, desde a década de 1970, o conceito de adaptação tem enfrentado uma espécie de crise, na qual se constata problemas relativos a confusões semânticas e dúvidas em relação ao estatuto e papel epistemológico deste conceito científico. Diante de crises desta natureza, são comuns reações mais drásticas de abandono e substituição do referido conceito, ou mais otimistas, que buscam ‘salvar’ o conceito, reformulando-o de modo que o mesmo possa assumir um papel mais promissor. No caso do conceito de adaptação, não tem sido diferente.

O primeiro tipo de reação coube a Lewontin (2002), ao propor a substituição do conceito de adaptação pelo de *construção*. Este conceito estaria fundamentado na concepção construcionista da relação entre organismo e ambiente, segundo a qual, em pequena escala, os organismos adaptam o ambiente às suas necessidades, mas, em grande escala, têm de se adaptar ao ambiente que está em constante mudança, em parte pela própria atividade dos organismos.

O segundo tipo de reação à crise do conceito de adaptação pode ser ilustrada por dois exemplos de esforços para salvá-lo: (1) a criação do conceito de *exaptação* por Gould e Vrba (1982), de modo a restringir o significado de ‘adaptação’; e (2) a definição de adaptação proposta por Sober (1993), de modo a restringir o uso deste termo à perspectiva darwinista, segundo a qual a seleção natural é necessária e suficiente para caracterizar uma característica como uma ‘adaptação’, de maneira independente de seu valor adaptativo e do incremento da aptidão darwiniana.

Gould e Vrba (1982) consideram que muitos dos problemas enfrentados pelo conceito de adaptação, tal como formulado pela teoria sintética da evolução, poderiam ser resolvidos mediante a criação de dois novos termos em uma “taxonomia da morfologia evolutiva” (p. 520): *exaptação* e *aptação*. O termo ‘exaptação’ se refere a características que foram previamente moldadas pela seleção natural para uma outra função, ou que não tinham qualquer função (e, logo, não tinham origem seletiva), mas foram cooptadas para seu uso corrente. Estas características são aptas

para seu uso corrente, mas não foram desenhadas para ele, devendo sua aptidão a aspectos presentes por outras razões.

As penas das aves oferecem um exemplo de características inicialmente selecionadas para outra função, a de isolamento térmico em dinossauros que não voavam e, posteriormente, cooptadas para seu uso corrente no voo, o que terminou por resultar na seleção posterior de mudanças em características das próprias penas, em características esqueléticas e padrões neuromotores específicos.

Assim, o termo 'exaptação' designa características que apresentam valor funcional diante das circunstâncias correntes e **em consequência de** sua forma, mas são distintas de características que foram moldadas diretamente pela seleção natural **para** a função que desempenham hoje nos organismos que as possuem. Para estas últimas, Gould e Vrba reservam o termo 'adaptação'. Estes autores recomendam, ainda, que seja empregado o termo 'aptação', como um termo descritivo mais geral para designar um traço que contribui atualmente para a aptidão darwiniana, tratando exaptação e adaptação como subcategorias da aptação.

Sober (1993) concorda com Gould e Vrba em que o problema com o uso do conceito de adaptação reside, em grande parte, na fusão entre os critérios de gênese histórica e de utilidade corrente em um único termo. No entanto, ele busca resolver este problema sem que seja necessária a criação de um novo termo. Contrapondo-se às interpretações de Williams (1966) e de Lewontin (1978) de que a seleção natural não seria suficiente para considerarmos uma determinada característica uma adaptação, Sober argumenta a favor da necessidade e suficiência da seleção e formula a seguinte definição:

*A* é uma adaptação para a tarefa *T* na população *P* se e somente se *A* se tornou prevalente em *P* porque houve seleção para *A*, sendo que a vantagem seletiva de *A* foi devida ao fato de *A* ter auxiliado no desempenho da tarefa *T* (Sober, 1993, p.208).

Ao propor esta definição de adaptação, Sober faz uma opção pelo critério da gênese histórica. Aplicando-a ao caso das penas das aves, se considerarmos *A* como o caráter 'presença de penas', *T*, como a função de termorregulação ou exibição (*display*), e *P*, como a população de *Sinosauropteryx*, um dinossauro terópode plumoso, temos que: As penas (*A*) são uma adaptação para a termorregulação ou exibição (*T*) na população de *Sinosauropteryx* (*P*), uma vez que se tornaram prevalentes nesta população porque houve seleção natural para a presença de penas (*A*), sendo que a vantagem seletiva de possuir penas foi devida ao fato de a sua presença ter auxiliado na termorregulação ou na exibição (*T*).

De acordo com a definição de Sober, as penas não são vistas como adaptações para o voo, mas sim para a termorregulação, dando lugar à análise das vias históricas a partir das quais foram cooptadas para o voo, como, por exemplo, a análise de mudanças no regime seletivo e da plasticidade de caracteres fenotípicos. Mas, para Sober, não é necessário designar as penas exaptações para o voo, como propõem Gould e Vrba.

Uma vantagem destas reformulações do conceito darwinista de adaptação é que elas não implicam a necessidade da adaptatividade, ou do incremento da aptidão darwiniana, como no caso das definições formuladas no contexto da teoria sintética, nem tampouco a afirmação da suficiência da seleção natural para explicar a origem de quaisquer características funcionais observadas nos organismos, como advoga o adaptacionismo. Elas podem ser usadas, portanto, como parâmetros para decidir sobre como tratar do conceito de adaptação ao ensinar a teoria darwinista de evolução na educação básica, com uma vantagem para a definição proposta por Sober, na medida em que ela não demanda a introdução de mais um conceito a ser aprendido pelos estudantes, o de exaptação.

Esta breve análise acerca dos desafios enfrentados pelos biólogos evolutivos em relação ao conceito de adaptação a partir da crítica ao programa adaptacionista e das soluções propostas para enfrentá-los nos permitiu identificar pelo menos cinco temas epistemológicos em torno dos quais

têm sido gerada polissemia e variação conceitual: (1) o caráter ontológico da adaptação – estado de ser, característica ou processo; (2) condições necessárias e suficientes para que uma característica seja considerada adaptação – conferir aumento da aptidão darwiniana (uso corrente) ou ser resultante de seleção natural (gênese histórica); (3) natureza da solução adaptativa – solução ótima ou relativa; (4) fator causal – processo dirigido por forças internas ao organismo, por forças externas ou pela relação dialética entre ambiente e organismo; e (5) papel na causalidade da forma orgânica – se a adaptação por seleção natural é a explicação exclusiva ou, ao menos, prioritária para a origem da diversidade orgânica (adaptacionismo) ou se a adaptação é um fenômeno entre vários implicados na origem e evolução da forma orgânica (pluralismo).

Outra contribuição da análise acerca da gênese do conceito de adaptação ao longo da história das ciências biológicas, desde a teologia natural do século XVII até os debates contemporâneos na biologia evolutiva, foi a identificação de compromissos ontológicos e epistemológicos que estruturaram formas de pensar este conceito. Este foi o caso, por exemplo, do foco no organismo como objeto explanatório das ciências biológicas e da crença nas causas próximas (Mayr, 1982, 1998, 2008) como “chave última” dos fenômenos estudados por esta ciência, compromissos epistemológicos que sustentaram tanto a abordagem do funcionalismo intra-orgânico do século XVIII, como a defesa das teorias transformacionais anti-darwinistas no final do século XIX e começo do século XX. Podemos citar, ainda, os compromissos com a visão tipológica da espécie e com a crença no princípio da economia natural, em uma ordenação harmônica do mundo natural, e em uma tendência intrínseca da natureza para o progresso em direção a uma perfeição crescente. Estes compromissos podem ser organizados em pares dicotômicos em relação a compromissos envolvidos na emergência e consolidação do pensamento darwinista: respectivamente, o foco na investigação da relação dos organismos com seu entorno; o compromisso com a busca de causas remotas e com uma perspectiva histórica de interpretação da diversidade orgânica; o pensamento populacional; a noção de luta pela sobrevivência e a rejeição de uma força diretiva da evolução orgânica, por ser este um processo permeado por contingências históricas.

### **A gênese do conceito de adaptação nos domínios ontogenético e microgenético**

Para investigar como as ideias sobre adaptação são construídas ao longo da história social dos indivíduos, ou seja, como se dá a gênese deste conceito no domínio ontogenético, nos apoiamos em uma revisão das investigações sobre diferentes aspectos da aprendizagem da teoria darwinista da evolução. Estes estudos foram, em sua grande maioria, realizados no âmbito dos movimentos das concepções alternativas e da mudança conceitual (Brumby, 1983; Clough & Wood-Robinson, 1985; Bishop e Anderson, 1990; Ohlsson, 1991; Desmastes; Stalage & Good, 1995; Desmastes; Good & Peebles, 1996), ou inspirados em alguns de seus pressupostos e instrumentos metodológicos (Bizzo, 1994; Ferrari & Chi, 1998; Kampourakis & Zogza, 2006; Shtulman, 2006). Apenas um dos estudos utilizados era fundado em uma perspectiva sociocultural da aprendizagem (Ash, 2008).

As informações obtidas nesta revisão foram postas em diálogo com os dados empíricos que coletamos através de entrevistas e questionários com estudantes do ensino médio e superior, bem como por meio do registro de interações discursivas em uma sala de aula do ensino médio. A partir deste diálogo, esboçamos alguns percursos possíveis na gênese do conceito darwinista de adaptação no domínio ontogenético. Além disso, identificamos alguns eventos microgenéticos que cumpriram papel importante na transição entre diferentes formas de pensar este conceito.

O primeiro evento que identificamos foi o reconhecimento do problema da adaptação como formulado em termos darwinistas, ou seja, em termos da explicação da origem do ajuste de uma estrutura orgânica às exigências postas pelo ambiente. Em entrevistas por nós realizadas, assim como em interações discursivas em sala de aula, apesar do esforço da pesquisadora e da professora

para que estudantes interpretassem o fenômeno da camuflagem em termos do problema darwinista da adaptação, estudantes do ensino médio frequentemente não davam importância ao pressuposto de que a semelhança entre os insetos e o ambiente em que eles vivem está relacionada a estratégias de sobrevivência. Por exemplo, um dos estudantes entrevistados mostrou muito mais interesse por outras estruturas, considerando-as mais conspícuas do que a cor e forma camufladas:

**Pesquisadora:** É um inseto, do tipo gafanhoto, a gente chama de bicho-folha, porque o corpo dele é muito semelhante a uma folha, e de fato eles vivem entre as folhas, entre a folhagem das árvores, do chão. E a gente sabe que muitos pássaros se alimentam de insetos. Então estes insetos que estão entre a folhagem sempre correm o risco de serem comidos por pássaros. E esse aqui, como você falou, ele parece uma folha. Que é que você acha que a aparência dele está relacionada com a sobrevivência deste bicho? Tem alguma relação?

**Estudante:** Apesar de estar relacionada com a natureza, com a folha, ele podia muito bem... Você vê o gafanhoto da cor dele parece com a folha. Mas o que chamou mesmo atenção foi essas antenas. Acho que veio da natureza mesmo, será que não vem formado das folhas, que nasceu das folhas esse bicho?

Outros estudantes interpretavam a forma e coloração camuflada de insetos como uma mera consequência do hábito alimentar desses organismos. Para eles, estas espécies de insetos apresentariam o padrão de coloração e a forma do corpo semelhantes à folhagem onde vivem porque se alimentam dessas folhas.

O diálogo com os estudos relativos à gênese do conceito de adaptação no domínio sócio-histórico foi fundamental para que entendêssemos o significado destes dados. Segundo Caponi (2002), antes de Darwin, certas peculiaridades da forma orgânica, a exemplo da coloração camuflada e mimética dos insetos, eram interpretadas como meros efeitos acidentais de fatores físicos sobre a fisiologia dos organismos individuais, a exemplo da incidência de luz, da temperatura ou de substâncias oriundas da dieta. Assim, foi uma contribuição original de Darwin, o princípio de utilidade, designação dada por Wallace à ideia de que nenhum órgão especial, nenhuma forma distintiva ou peculiaridade de comportamento poderia existir caso não fosse, no momento presente, ou tivesse sido alguma vez, útil para os indivíduos ou a espécie que a possui. Portanto, a “conveniência adaptativa” de características como os padrões de camuflagem, a qual hoje nos parece tão evidente, não constituía, para naturalistas pré-darwinistas como Cuvier, “um fato reconhecido a espera de explicações” (Caponi, 2002, p, 24).

Esta análise nos mostra que a visão utilitária das estruturas, a interpretação de que as estruturas biológicas que observamos apresentam ou apresentaram alguma utilidade para os organismos em sua luta pela sobrevivência não é o único caminho, nem o mais óbvio, para se interpretar a forma orgânica.

Portanto, a construção do problema do design, ou a expectativa de que as estruturas são ajustadas às suas funções, que foi, em certa medida, apropriado da teologia natural pelo darwinismo (Godfrey-Smith, 2001; Ayala, 2009), pode ser uma etapa importante na formulação do problema darwinista da adaptação. Este passo seria equivalente ao que Ash (2008) designou de desenvolvimento do raciocínio forma/função.

A seguir transcrevemos um episódio de ensino produzido ao longo da sequência didática sobre o tema “Adaptação Evolutiva e Teoria da Evolução por Seleção Natural” que filmamos para obter informações sobre o desenvolvimento do conceito de adaptação no domínio microgenético. O episódio é representativo do esforço da professora em desenvolver este tipo de raciocínio como um caminho para a construção do problema darwinista da adaptação. Para tanto, ela emprega uma análise funcional das estruturas adaptativas de uma espécie de pica-pau:

1. **Professora:** Será que o tipo do bico do pica-pau dourado é um bico assim comum a quase todos os bicos dos pássaros? Hein?<sup>2</sup>
2. **Estudante 1:** Ele é mais forte.
3. **Professora:** Esse bico/ esse formato de bico ((faz gesto enfatizando formato alongado)) que não é parecido com o dos outros pássaros/ como o do pardal/ o do curió/ que é um bico mais curto. Você acha o que desse bico? Alguém gostaria de descrever este formato para mim? Vocês estão aí com a prancha na mão. Como é a forma aí desse bico desse pica-pau?
4. **Estudante 5:** Ele bica o pau.
5. **Professora:** Sim, ele bica o pau. Mas eu estou falando assim da estrutura do bico ((repete o gesto enfatizando o caráter alongado do bico, “puxando” um bico longo a partir da boca)). Ele é alongado ou ele é curto?
6. **Estudante 5:** Ele é mais resistente professora.
7. **Professora:** Ah! É mais resistente.
8. **Estudante 5:** O do pardal é mais fraco. É mais para buscar comida para os filhotes e tudo. Ele já tem o bico dele. É do nome dele mesmo/ bica-pau. É mais resistente. É próprio para isso/ madeira.
9. **Professora:** Madeira. Então ele deve viver nesse ambiente. (+) Vocês estão vendo aí esta estrutura rosinha ((aponta para a prancha))? É a língua dele. O que é que tem de diferente aí? Na língua do bica-pau?
10. **Estudante não identificado:** Tá saindo de cima para/
11. **Estudante 5:** Para puxar o alimento.
12. **Professora:** Tá saindo de que estrutura? Da? Da cabeça. Isso é um mecanismo/ este formato de língua é uma adapta/ Ham? Que tem relação com que? Com a sua?
13. **Estudante:** Espécie.
14. **Professora:** Sim. Mas por que deste tamanho? Então/ imagina que mecanismo/ que coisa sofisticada. Porque ela está saindo/ vocês disseram assim/ da cabeça/ observe que ela está saindo do crânio. Será que o pica-pau fica sempre com esta língua para fora?
15. **Estudantes:** Não.
16. **Estudante não identificado:** Alimentação.
17. **Estudante 1:** Só quando vai puxar o alimento.
18. **Estudante não identificado:** Só quando pega alimento.
19. **Estudante não identificado:** O inseto.
20. **Estudante 3:** Ele pega o bicho na madeira, aí puxa para dentro ((fazendo gesto com a mão simulando movimento da língua do pica-pau)).

Entre o turno 1 e o turno 12, a professora busca construir com estudantes a noção de que algumas estruturas morfológicas do pica-pau apresentam peculiaridades em relação às de outras espécies de pássaros, dando ênfase à organização e ajuste estrutural das mesmas. A partir do turno 14, a professora busca relacionar esta organização estrutural com a função que estas estruturas desempenham, construindo, assim, o problema do design (Lauder, 1998), ou seja, a questão de em que medida a organização estrutural das características adaptativas responde às demandas da função que desempenham.

No entanto, a noção de design não é suficiente para a construção do problema darwinista da adaptação. Um segundo passo seria o reconhecimento de que o problema do design demanda uma explicação e, mais, que esta deve ser uma explicação de natureza etiológica, ou seja, que elucide as causas subjacentes à origem da característica em questão. É preciso que os estudantes se perguntem qual a origem deste design aparente e, além disso, que considerem esta uma questão legítima.

Os dados de Bishop e Anderson (1990), Desmastes, Good e Peebles (1996) e Ash (2008) nos mostram que é comum, em um primeiro momento, que os estudantes considerem suficiente para responder a esta questão a constatação de que os organismos precisam responder às

---

<sup>2</sup> Usamos sinais para indicar pausas e entonações expressivas nas transcrições. Os únicos sinais de pontuação que utilizamos são os sinais de interrogação – para indicar entonações interrogativas – e ponto final, uma vez que são aqueles para os quais é possível fazer inferências com alguma segurança. A barra ( / ) é usada para sinalizar pausas curtas no meio das falas e truncamento bruscos entre dois turnos de fala. Pausas mais longas são representadas pelo sinal (+), com a quantidade de tais sinais sendo proporcional ao tempo da pausa. Os comentários da pesquisadora são assim sinalizados: (( )). Fonte em caixa alta é usada para representar aumento de tom de voz e entonação de ênfase.



necessidades impostas pelo ambiente. Isso lhes parece, a princípio, suficiente para explicar a origem de estruturas funcionais.

Os resultados do estudo de Desmastes e colaboradores também nos indicam, contudo, que a satisfação com este tipo de explicação finalista pode ser perturbada pelo reconhecimento de que as explicações científicas são pautadas em um mecanismo que explique não somente “o porquê” de o fenômeno ocorrer, mas também o processo através do qual ele ocorre, ou seja, “o como”. Estes autores documentaram um evento microgenético desta natureza, em que a ideia de necessidade deixou de assumir o papel organizador da aprendizagem conceitual de uma aluna, a partir do momento em que ela se deu conta de que sua explicação só seria satisfatória se explicitasse um mecanismo através do qual o suposto ajuste da forma orgânica às condições de vida teve origem. Em uma entrevista a respeito das respostas que foram dadas a um pré-teste, esta aluna, que recebeu o nome fictício de Meredith, inicialmente explicou a origem dos pés membranosos dos patos com base na noção de necessidade, como um fator que dirigiria a adaptação dos patos às condições de vida:

**Meredith:** A característica dos pés membranosos nos patos, ah, eu disse que eles aparecem nos patos porque eles viveram na água e precisaram nadar.

**Pesquisador:** Por que você diz isso?

**Meredith:** Bem, pés membranosos possibilitam, quero dizer, o melhor para uma natação melhor. É uma característica evolutiva, não é?

**Pesquisador:** Ham ham [sim].

**Meredith:** E não é uma mutação eventual, foi algo que foi necessário.

**Pesquisador:** Certo, então, como as coisas evoluem?

**Meredith:** Bem, eh, é principalmente, à medida que elas necessitam, eh, se adaptar a certas condições. (trecho de entrevista com a estudante Meredith, extraído e traduzido livremente de Desmastes et al., 1996, p. 419).

No entanto, logo em seguida, ao enfrentar o problema da evolução da velocidade das chitas, a aluna demonstrou uma insatisfação com este tipo de explicação, ao reconhecer que ela não satisfazia à questão de como, ou seja, através de que mecanismo, a evolução ocorre:

**Pesquisador:** Então, tente pensar em voz alta. Como você acha que isso ocorreu?

**Meredith:** Ah, eu não sei. Quero dizer, isso, obviamente, quer dizer, isso foi necessário... Elas precisaram correr mais rápido, mas eu não sei como isso aconteceu. Quero dizer ... este tipo de pergunta que você está me fazendo, é como, o que causou e como aconteceu, e eu não sei isso. (trecho de entrevista com a estudante Meredith, extraído e traduzido livremente de Desmastes et al., 1996, p. 419).

A estudante se deu conta de que a ideia de necessidade não preenche os requisitos do tipo de resposta que caracteriza as explicações científicas, uma vez que não responde à pergunta do *porquê* da existência de uma adaptação através de uma resposta sobre *como* este fenômeno ocorre. Foi gerada uma tensão entre o compromisso com a ideia de que a evolução é dirigida pela necessidade e a demanda por um mecanismo que explique como ocorre a evolução da forma orgânica em direção à sua adequação às necessidades.

Este momento de transição pode resultar, mais frequentemente, numa perspectiva transformacional sobre a origem das adaptações, segundo a qual os membros individuais de uma espécie sofrem transformações por meio de algum mecanismo e estas são, por sua vez, transmitidas e acumuladas até gerar a transformação de toda a espécie. No caso de Meredith, ela encontrou no termo “mutação”, apresentado nas questões do pré-teste, o possível mecanismo para explicar esta transformação:

**Meredith:** A população de patos evoluiu pés membranosos porque [pausa]. Certo, eu não respondi esta questão. Eu disse que os patos evoluíram pés membranosos por causa da necessidade de se ajustar ao ambiente deles. Eu quis dizer, uma mutação ocorreu.

**Pesquisador:** Então, o que é uma mutação? Como ela se enquadra em tudo isso?

**Meredith:** É, é a mudança que, eh, eh, um organismo, você pode chamá-lo de organismo, sofre para, eh, se tornar mais ajustado ao ambiente em que ele vive.

**Pesquisador:** Ham, e como, como isso ocorre? Como as mutações ocorrem?

**Meredith:** Ah, eu não estou certa. (trecho de entrevista com a estudante Meredith, extraído e traduzido livremente de Desmastes et al., 1996, p. 419).

Para Desmastes e colaboradores, estava claro que, até aquele momento, Meredith não compreendia o significado do termo “mutação”. Contudo, ela resolveu usá-lo para preencher uma lacuna em sua compreensão anterior acerca da mudança evolutiva. Neste momento, ela fez uso do termo a partir de uma proposta pessoal, pouco informada pelo discurso da ciência escolar.

Este é um fato frequentemente documentado pelos estudos sobre mudança conceitual. Ainda que os estudantes se apropriem de alguns princípios e conceitos darwinistas, como o princípio da sobrevivência e reprodução diferencial (Ferrari & Chi, 1998), o conceito de mutação (Desmastes; Good & Peebles, 1996), ou as “heurísticas darwinistas” de “sobrevivência do mais apto” e “traços adquiridos não são herdados” (Shtulman, 2006), tais princípios são inicialmente inseridos numa estrutura conceitual não darwinista, de caráter transformacional.

Este fato pode ser explicado pelo apego dos estudantes aos seguintes compromissos epistemológicos e ontológicos: o recurso às causas próximas; o foco no organismo na explicação de fenômenos biológicos; o pensamento essencialista; e à atribuição de propriedades ontológicas de um tipo de processo a outro processo ontologicamente diverso, tratada por Ferrari e Chi como um erro categórico.

A identificação de tais compromissos e do papel que desempenham na gênese do conceito de adaptação é fruto do diálogo que promovemos entre os dados fornecidos por Ferrari e Chi (1998) e por Desmastes e colaboradores (1996) sobre a compreensão da explicação darwinista para as mudanças adaptativas por estudantes do ensino médio, e a análise de Caponi (2005) de como a perspectiva fisiológica representou um obstáculo para a comunidade científica do séc. XIX aceitar a explicação seletional proposta por Darwin e Wallace.

Ferrari e Chi (1998) sustentam a tese de que o fracasso dos estudantes ao tentarem entender a evolução por seleção natural não reside necessariamente no fato de que não logram compreender os princípios darwinistas isoladamente. Para estes autores, as dificuldades dos estudantes resultam, antes, de um erro categórico, ou seja, do fato de que eles situam o conceito de seleção natural em uma categoria ontológica equivocada. Eles argumentam que a compreensão darwinista da evolução e, mais especificamente, o mecanismo de seleção natural apresentam os atributos de processos de equilíbrio. Processos com esta natureza ontológica envolvem interações contínuas entre elementos que agem simultaneamente, cujos efeitos em rede manifestam propriedades emergentes alternativas. Portanto, este tipo de processo não é dirigido para uma meta específica, nem apresenta início e fim claramente definidos. O problema está em que os estudantes, tendo dificuldade para entender os atributos deste tipo de processo, conferem à evolução por seleção natural propriedades típicas de eventos e não de processos de equilíbrio, como, por exemplo, as de serem desencadeados por elementos que apresentam ações distintas; delimitados por um início e um fim claramente definidos; transcorrerem por meio de ações sujeitas a uma ordem sequencial contingente ou causal; e serem dirigidos para uma meta.

Tendo em vista esta análise feita por Ferrari e Chi sobre o compromisso que os estudantes apresentam com os atributos que caracterizam eventos e sua tendência, pois, de perceber a seleção natural como um evento e não um processo de equilíbrio, fica clara a razão da satisfação – para usar um termo da teoria da mudança conceitual – de Meredith em relação ao conceito de mutação como mecanismo para explicar a origem de estruturas adaptativas. A mutação é produzida por uma causa eficiente, ou seja, ela é, em si, um evento causal eficiente no processo evolutivo, atuando sobre os organismos individuais de modo próximo e imediato.

É notório o fato de a estudante atribuir à mutação – como mecanismo para produção de variantes fenotípicas nas populações naturais – o papel central no processo evolutivo. A triagem

destas variantes em função de suas vantagens seletivas e, logo, da sobrevivência e reprodução diferencial de seus portadores, e o acúmulo de mudanças resultantes deste processo, assumem um papel secundário nas explicações de Meredith para a adaptação, mesmo após esta estudante já ter construído um conceito de mutação (e de seu papel na evolução) mais próximo daquele que é próprio do discurso escolar de ciências. Uma evidência deste papel central atribuído pela aluna à mutação no processo evolutivo é a prioridade dada ao termo na construção de um mapa conceitual<sup>3</sup> sobre evolução, conforme podemos constatar neste trecho da entrevista:

**Pesquisador:** Eu quero que você construa um mapa de como a evolução se processa. Quais, eh, quais conceitos você precisaria usar?

**Meredith:** Como se processa? É o que eu estou tentando fazer?

**Pesquisador:** Sim, como o processo se dá ... Então, a que conceitos você chegou até agora?

**Meredith:** Ah, evolução, mutação, espécies e mais apto... Bem, eu diria, eh, é a mutação... que produz uma nova característica... Eu quero dizer que, você sabe, há uma mutação que ocorre... que produz uma nova característica e agora existem características que possibilitam que as espécies sejam mais capazes, que sejam mais ajustadas a seus ambientes, e então, estas características irão duplicar... (trecho de entrevista com a estudante Meredith, extraído e traduzido livremente de Desmastes et al., 1996, p. 419-420).

Estes dados também podem estar revelando um apego às causas próximas, àquelas que agem imediatamente sobre os organismos. Como discutimos na seção anterior, segundo a análise de Caponi (2005), este é um compromisso epistemológico que esteve na base da defesa de teorias transformacionais da evolução, alternativas ao darwinismo, tanto aquelas que o precederam como aquelas que ganharam força no período posterior à publicação de *Origem das Espécies*. Caponi sintetiza da seguinte forma as razões de este compromisso ter sido o eixo que sustentou a oposição ao programa darwiniano, protagonizada pelas teorias evolutivas transformacionais:

... preservando a primazia da perspectiva fisiológica e atribuindo a evolução a causas imediatas atuantes em e sobre os organismos individuais, as explicações transformacionais aludiam a fatores que, *prima facie*, eram mais facilmente assimiláveis aos padrões newtonianos de *vera causa* do que a fugidia seleção natural (Caponi, 2005, p. 237).

Não se trata de traçar paralelos entre a formação do conceito darwinista de adaptação no domínio da história das ciências e sua gênese ao longo da elaboração conceitual dos estudantes em sala de aula de biologia. Diversamente, o que queremos argumentar é que o diálogo entre os dados referentes aos domínios sociocultural, ontogenético e microgenético nos permite identificar compromissos epistemológicos que podem estar estabilizando formas de pensar este conceito.

Feita esta consideração de caráter teórico-metodológico a respeito da importância do diálogo entre as diferentes fontes de dados, é possível retornar à análise da ontogênese do conceito de adaptação. Para que uma forma darwinista de pensar a adaptação, tal como, por exemplo, aquela estabilizada no significado de adaptação formalizado por Sober (1993) (ver acima), é preciso que os compromissos referidos anteriormente sejam negociados e, além disso, que sejam introduzidos os seguintes fatores: uma perspectiva histórica na investigação das estruturas adaptativas; a noção de luta pela existência; e o conceito de biopopulações, ou o pensamento populacional. A partir destas duas últimas noções, é preciso desenvolver a ideia de que há variantes fenotípicas nas populações dos organismos que apresentam maior ou menor eficiência no desempenho de determinada função, em determinadas condições ambientais, e que tal eficiência diferencial torna certos organismos melhor equipados para desfrutar dos recursos limitados.

---

<sup>3</sup> Mapas conceituais são diagramas construídos para indicar relações significativas entre conceitos, e se organizam seguindo algum modelo de níveis hierárquicos, por meio do qual sempre deve ficar claro no mapa quais os conceitos contextualmente mais importantes e quais os secundários ou específicos. Fundamentado na teoria cognitiva de aprendizagem significativa de David Ausubel, o mapa conceitual tem sido empregado como técnica didática, recurso de aprendizagem ou meio de avaliação (Moreira, 1998).

Este parece ter sido o processo de elaboração conceitual seguido por outra estudante que participou do estudo de Desmastes e colaboradores (1996), de pseudônimo Stephanie. De modo semelhante a Meredith, nas primeiras respostas ao pré-teste, Stephanie apresentou uma explicação baseada na ideia de necessidade e do princípio de uso e desuso para a origem das salamandras cegas das cavernas, a partir de ancestrais que possuíam olhos funcionais:

Eu disse que, porque as salamandras vivem em completa escuridão, a luz não é uma necessidade. Após muitas gerações de salamandras elas se tornaram cegas, a prole eventualmente nasceu sem visão....Ah, na verdade, pode ser que isso não esteja certo. Pode ser que aquelas que originalmente entraram na caverna se tornaram cegas e sua prole nasceu sem a visão e pode ser que o processo tenha se dado rapidamente porque elas poderiam funcionar sem a visão.... Então, pode ser que, por não a usarem, elas a perderam. (trecho de entrevista com a estudante Stephanie, extraído e traduzido livremente de Desmastes et al., 1996, p. 416).

Segundo os autores, a insatisfação de Stephanie com esta concepção aumentou ao longo do curso e ela construiu, então, uma concepção rival, a de que a origem da variação era devida à mutação. Até a metade do curso, esta noção competiu com a primeira, a de que a variação fenotípica tem origem na necessidade. Ao final do curso, esta estudante já atribuía ao conceito de mutação um significado próximo àquele do discurso da ciência escolar, atribuindo-lhe o papel de produzir variantes na população, e apresentava uma narrativa histórica para explicar uma situação hipotética de evolução de uma população de coelhos, estruturada pelo compromisso com o pensamento populacional, a noção de luta pela existência e de eficiência diferencial de variantes fenotípicas:

*... Havia uma mutação ... E, então, havia a produção de coelhos marrons. E, ah, a coruja veio (...) e ela começou a comer os coelhos brancos...Então, eles começaram a ser exterminados e os marrons começaram a se reproduzir porque eles não haviam sido vistos e não haviam sido comidos. E de repente eles eram todos marrons porque todos os brancos foram exterminados e substituídos por coelhos marrons. ((trecho de entrevista com a estudante Stephanie, extraído e traduzido livremente de Desmastes et al., 1996, p. 418).*

### **Temas epistemológicos em torno da polissemia do conceito de adaptação: a construção de uma matriz epistemológica**

A partir do diálogo entre estudos epistemológicos e históricos, a literatura sobre concepções alternativas, os dados obtidos em entrevistas e questionários com estudantes do ensino médio e superior, e a análise de alguns episódios de ensino, foi possível identificarmos seis temas epistemológicos a partir dos quais o conceito de adaptação evolutiva pode ser significado: (1) ontologia, (2) fator causal; (3) mecanismo causal, (4) natureza da solução adaptativa, (5) condições necessárias e suficientes para que uma característica seja considerada uma adaptação, (6) papel do conceito na explicação da forma orgânica (ver Quadro 1).

Uma característica distintiva do conceito de adaptação é que, mesmo no âmbito específico da biologia evolutiva, tem sido descrito como pertencendo a duas categorias ontológicas distintas: como uma entidade física – um traço distinguível no fenótipo do organismo – ou como um processo. Além disso, no âmbito da cultura geral e mesmo no discurso biológico, também encontramos a adaptação entendida como um estado de ser, conforme exemplificam frases da forma “o organismo *x* está bem adaptado ao seu ambiente”.

West-Eberhard (1992, p. 13) nos chama a atenção também para o fato de a palavra adaptação ser aplicada algumas vezes a organismos individuais para denotar a “propensão para sobreviver e reproduzir-se” em um ambiente particular. No entanto, este emprego do termo tem sido criticado por biólogos evolutivos e filósofos, a exemplo de Mayr (1988), Sober (1993) e Burian

(2005), sob o argumento de que a palavra adaptação deve ser significada em termos históricos, para designar características resultantes de um processo de seleção natural, enquanto os termos *adaptedness* (que poderia ser traduzido como o estado de encontrar-se adaptado) ou “adaptado” (Mayr, 1986; Sober, 1993; Burian, 2005) poderiam ser empregados em termos a-históricos, para designar a suposta propensão dos organismos a ter sucesso reprodutivo.

Estes dois empregos do termo adaptação, ora para designar propensão dos organismos a sobreviver e reproduzir-se com sucesso, ora, de modo mais restrito, uma característica resultante da ação da seleção natural, dão origem a duas perspectivas de significação da adaptação em termos ontológicos, que chamaremos aqui de uma visão prospectiva e uma visão retrospectiva, respectivamente (ver tema 1 do Quadro 1).

Outro aspecto ontológico relacionado à polissemia do conceito de adaptação diz respeito ao nível em que ela tem lugar: A adaptação pode ser situada no nível ontogenético, ao longo do ciclo de vida de um indivíduo, ou no nível filogenético, na história das populações ao longo do tempo evolutivo. As mudanças evolutivas adaptativas são explicadas, em termos darwinistas, como alterações na composição genética das populações ao longo das gerações, através do mecanismo de seleção natural, ou sejam como processos no nível filogenético. A confusão entre os níveis ontogenético/individual e filogenético/populacional constitui uma das dificuldades mais comuns para a compreensão do conceito darwinista de adaptação (ver tema 1 do Quadro 1).

O segundo tema epistemológico importante na gênese do conceito de adaptação diz respeito à origem dos fenômenos biológicos em questão, considerando os fatores causais e mecanismos capazes de explicar o “porquê” de sua existência.

As informações obtidas através da literatura sobre concepções alternativas e de nossos dados empíricos relativos a entrevistas e questionários com estudantes do ensino médio e superior, nos forneceram indicativos de que um primeiro estágio na ontogênese do conceito de adaptação é a ausência de uma explicação causal de natureza etiológica para a existência de características adaptativas, ou, visto de outro modo, a concepção da adaptação como um fenômeno auto-evidente, que dispensaria um mecanismo explicativo. Encontramos estudantes que sequer reconheciam o problema darwinista da adaptação, ou seja, a relação entre forma orgânica e sobrevivência/reprodução nas condições de vida dos organismos. Havia ainda aqueles estudantes que, diante de questões que faziam referência direta à origem histórica de uma característica adaptativa, como, por exemplo, “Como esta característica surgiu?”, reagiam com enunciados cujo conteúdo semântico e entonação expressiva indicavam que eles consideravam perguntas deste gênero simplesmente descabidas, dado a auto-evidência do fenômeno: “*Acho que surgiu da natureza. Isso é da natureza mesmo!*” Por sua vez, havia estudantes que empregavam o termo “*adaptar-se*” ou “*processo adaptativo*” para explicar a diversificação das formas orgânicas, tomando a adaptação, neste caso, como um princípio auto-explicativo.

Uma segunda categoria entre os modos de pensar o conceito de adaptação no que diz respeito à sua etiologia é uma visão finalista, segundo a qual a adaptação é suficientemente explicada pelo fim ou meta (*télos*) que realiza. Um exemplo de explicação desta natureza consiste na explicação de um estudante universitário para a origem da pelagem listrada dos tigres em um estudo realizado por Ohlsson e Bee (1992 apud Ferrari e Chi, 1998), em que a existência desta característica adaptativa é atribuída à realização de uma finalidade:

*As faixas do tigre são feitas para propósitos de predação, sem as faixas os tigres não iriam igualar-se bem ao seu meio (como camuflagem) e capacitá-los a capturar sua comida. Elas são feitas para sobrevivência.* (fala de estudante universitário retirada de Ferrari e Chi, 1998, p. 1234)

Por fim, há mais duas categorias relativas à causalidade da forma orgânica envolvidas na polissemia do conceito de adaptação. Ambas são caracterizadas pela introdução de uma perspectiva

histórica para explicar a existência das adaptações, mas diferem no que diz respeito à natureza do mecanismo causal responsável pelas mudanças adaptativas. Trata-se das explicações transformacionais e variacionais, tal como distinguidas por Lewontin (Levins & Lewontin, 1985; Lewontin, 2002) e posteriormente elaboradas por Sober (1993) e Caponi (2005) (ver tema 2 do Quadro 1).

Além da natureza do mecanismo causal proposto, as explicações para a origem das adaptações também podem diferir no que diz respeito à natureza do fator causal que controla o processo adaptativo. O controle deste processo pode ser atribuído a forças externas aos organismos ou internas a eles, ou ainda a uma relação dialética entre estes dois tipos de fatores. Em relação a este aspecto, a adaptação pode ser significada a partir de perspectivas externalistas, internalistas e construcionistas, respectivamente (ver tema 3 do Quadro 1).

O quarto tema epistemológico em torno do qual se produz polissemia na significação do conceito de adaptação diz respeito à natureza da solução adaptativa. Ao ser vista como uma característica fenotípica, a adaptação pode ser concebida como o melhor estado possível de um dado caráter, estrutura ou comportamento, ou como uma solução provisória para problemas enfrentados por um grupo de organismos num determinado momento de sua história evolutiva (ver tema 4 do Quadro 1).

Os temas cinco e seis dominam os processos de significação do conceito de adaptação no âmbito dos debates entre biólogos evolutivos e filósofos da biologia. Em relação ao quinto tema, os desacordos giram em torno das seguintes questões: ‘O fato de uma característica aumentar a aptidão biológica é suficiente para ser designada uma adaptação?’ ‘Para que uma característica seja considerada uma adaptação, é necessário que ela incremente a aptidão darwiniana?’ ‘Ou para que uma característica seja considerada uma adaptação, é necessário e suficiente que tenha tido origem na seleção natural?’ As respostas a estas questões têm gerado três posicionamentos distintos: (1) considera-se suficiente o fato de uma característica aumentar a aptidão darwiniana para que seja designada uma adaptação; (2) considera-se necessário e suficiente que a característica tenha tido origem na seleção natural para designá-la uma adaptação; (3) considera-se necessário, mas não suficiente, o fato de uma característica ter sido moldada pela seleção natural para que seja designada uma adaptação. Neste último caso, é preciso que a característica satisfaça também outra condição necessária, o incremento atual da aptidão darwiniana (ver tema 5, Quadro 1).

No que diz respeito à polissemia gerada em torno do sexto tema, identificamos duas categorias: (1) uma visão adaptacionista, a qual atribui primazia causal ao fenômeno da adaptação na explicação da origem e diversificação da forma orgânica; e (2) uma visão pluralista, a qual reconhece três possíveis (mas não mutuamente excludentes) fatores determinantes da forma orgânica: restrições atuais, adaptações atuais, herança ligada à história passada tanto de restrições quanto de adaptações (Gould, 2002) (ver tema 6, Quadro 1).

Para cada um dos temas epistemológicos citados acima, foi possível, portanto, identificarmos um conjunto de compromissos ontológicos e epistemológicos que podem fundamentar a interpretação da adaptação evolutiva. No Quadro 1, apresentamos este conjunto de compromissos epistemológicos e ontológicos na forma de categorias interpretativas do conceito de adaptação. Este quadro representa, então, o que designamos matriz epistemológica. A construção desta matriz foi um passo metodológico fundamental para que pudéssemos constituir as zonas de nosso modelo de perfil conceitual, a partir das informações disponibilizadas pelas fontes de dados utilizadas em nossa metodologia de pesquisa.

**Quadro 1: Matriz epistemológica de significação do conceito de adaptação.**

Tema Epistemológico		Categorias	Compromissos ontológicos e epistemológico
1	Ontologia	Estado de ser	Adaptação como um estado de ser, ou propriedade biológica da população ou do organismo de estar adaptado ao ambiente.
		Processo	Adaptação é concebida como um processo (adaptar-se a)
		Característica	Adaptação é tida como um traço que pode ser distinguido no fenótipo do organismo pelo efeito que apresenta no modo como o organismo interage com ambiente.
		Visão prospectiva	Adaptação é a propensão presente do organismo ou da estrutura orgânica de ser preservado(a) pela seleção natural devido ao seu valor adaptativo.
		Visão retrospectiva	Adaptação é concebida como resultado de uma história passada de seleção natural.
		Ontogenético/Nível do Organismo	Adaptação ocorre no nível ontogenético, ao longo do ciclo de vida de um organismo.
		Filogenético/Populacional	Adaptação ocorre no nível filogenético, ao longo da história evolutiva das populações de uma espécie.
2	Mecanismo causal	Ausência de explicação etiológica	Adaptação é um fenômeno auto-evidente, dispensando explicação causal.
		Finalismo	Adaptação é suficientemente explicada pelo fim ou meta ( <i>télos</i> ) que realiza.
		Transformacional	Adaptação resulta da transformação dos membros individuais de uma espécie.
		Variacional	Adaptação resulta de mudanças das proporções de diferentes variantes encontradas nas populações.
3.	Fator Causal	Internalismo	Processo adaptativo é controlado internamente.
		Externalismo	Processo adaptativo é um processo controlado externamente.
		Construcionismo	A evolução de estruturas, comportamentos e mecanismos fisiológicos etc. resulta de um processo de co-evolução entre organismos e seus ambientes. Mudanças no organismo são ao mesmo tempo causa e efeito de mudanças no ambiente.
4.	Natureza da solução adaptativa	Adaptação Absoluta	Adaptação é o design ótimo de um organismo ou uma estrutura orgânica para o enfrentamento dos desafios postos pelas condições ambientais.
		Adaptação relativa	Adaptações são soluções provisórias para os problemas apresentados pelo ambiente, tornando um dado organismo ajustado às condições ambientais vigentes num dado momento, mas sem garantia de que este ajuste se manterá ou será sempre mais eficiente do que outros ajustes possíveis.
5.	Condições necessárias e suficientes para que uma característica seja	Gênese Histórica	É necessário e suficiente que a característica tenha tido origem na seleção natural para ser considerada uma adaptação.
		Incremento da aptidão darwiniana	O fato de uma característica aumentar a aptidão darwiniana é suficiente para ser designada uma adaptação.

	considerada uma adaptação	Gênese histórica + Incremento da aptidão darwiniana	É necessário, mas não suficiente, o fato de uma característica ter sido moldada pela seleção natural para que seja considerada uma adaptação. É preciso satisfazer outra condição necessária, o incremento da aptidão darwiniana ( <i>fitness</i> ).
6.	Papel da adaptação na causalidade da forma orgânica.	Adaptacionismo	Atribui primazia à adaptação na explicação da origem e diversificação das formas orgânicas.
		Pluralismo	Há três fatores determinantes (não mutuamente excludentes) da forma orgânica: restrições atuais, adaptações atuais, herança ligada à história passada tanto de restrições quanto de adaptações.

### Constituição das zonas de um perfil conceitual de adaptação

Analisando a matriz epistemológica apresentada no Quadro 1, percebemos que as zonas de um perfil de adaptação seriam constituídas por uma combinação de compromissos ontológicos e epistemológicos referentes a cada um dos seis temas epistemológicos que estruturam esta matriz. Além disso, ficou claro que a importância de cada um destes temas sofre variação em diferentes contextos de produção de conhecimento, como os contextos das salas de aula do ensino médio e do ensino superior ou da pesquisa em biologia evolutiva. Em cada um destes contextos de produção, há uma maior negociação de significado em torno de determinados temas epistemológicos e conjuntos de compromissos do que de outros.

O objetivo deste estudo foi propor um modelo de perfil conceitual de adaptação que pudesse constituir-se em ferramenta para a análise do discurso de salas de aula de biologia do ensino médio. Deste modo, ao construirmos este modelo, fizemos um maior investimento em individualizar zonas que pudessem modelar a heterogeneidade de formas de pensar este conceito que emergem e são negociadas no discurso durante a produção de conhecimento escolar no ensino médio de biologia. Para tanto, nos centramos mais detidamente nos temas da ontologia, do fator causal e do mecanismo causal, e propusemos quatro zonas: **funcionalismo intra-orgânico; ajuste providencial; perspectiva transformacional; perspectiva variacional.**

Nesta seção, apresentamos uma caracterização destas zonas, ao longo da qual procuramos analisar tanto as dificuldades que seus compromissos epistemológicos e ontológicos impõem para a significação da perspectiva variacional darwinista de interpretação da adaptação, como as possibilidades que dispõem para gerar mudanças no processo de significação que possam favorecer a emergência desta perspectiva. Procedemos deste modo por considerarmos que a compreensão da abordagem variacional darwinista é um dos objetivos do ensino de evolução no contexto da educação básica, uma vez que esta é a perspectiva aceita atualmente pela comunidade científica, a despeito da legitimidade de outras zonas em outros contextos sociais e históricos.

#### *Funcionalismo intra-orgânico*

São incluídas nesta zona interpretações dos traços adaptativos que não os concebem como um fenômeno que demanda explicações evolutivas, isto é, explicações que evocam causas distantes, e não apenas causas próximas, para usar uma distinção proposta por Mayr (1998; 2008)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Mayr (1982, 1998, 2008) propõe que todo fenômeno biológico é o resultado de dois tipos de causas, causas próximas e causas distantes. Nas primeiras, causas e efeitos são relativamente próximos no tempo, como vemos na causação de processos fisiológicos, desenvolvimentais e comportamentais. A típica forma das perguntas que reivindicam explicações em termos de causas próximas é “Como *x* ocorre?”. Elas dizem respeito, assim, a como os organismos



Entre os estudantes nos quais encontramos tais interpretações, a ausência de explicações de natureza etiológica para a existência de traços adaptativos frequentemente deu lugar a explicações que apelavam preferencial ou exclusivamente a causas próximas, particularmente a processos fisiológicos e biomecânicos, tidos como suficientes para explicar a estrutura e função orgânicas. Este foi o caso, por exemplo, das explicações apresentadas por alguns estudantes do ensino médio que interpretaram a forma e coloração camuflada de insetos como uma mera consequência do hábito alimentar desses organismos, em interações discursivas nas aulas por nós registradas.

Outro modo de explicar a existência de traços adaptativos sem buscar causas distantes consiste em dar ênfase à descrição dos atributos funcionais destes traços no que diz respeito ao papel que exercem na manutenção do sistema orgânico. Em nossos dados empíricos, um dos contextos em que esta perspectiva emergiu com frequência consistiu na interpretação de um cenário referente à diversificação morfológica da mandíbula em mamíferos:

A organização é diferente. (...) E cada um tem uma ação diferente. O canino segura a presa e tritura, o daqui [aponta molares] tem a função de transformar o alimento em pasta para facilitar a digestão. Aqui, o do gato, mesmo, tem menos dente que o homem, o homem tem mais...O cavalo mesmo, o cavalo, se eu não me engano, são só estes daqui [aponta para figura dos dentes molares] (estudante do ensino médio, resposta a entrevista).

A variação na morfologia e no número de dentes que compõem a arcada de diferentes grupos de mamíferos está sendo aqui explicada pela função que cada um dos dentes exerce na operação de toda a arcada dentária no processo de mastigação. Pretende-se, assim, descrever os efeitos que as estruturas morfológicas apresentam no funcionamento do sistema ao qual pertencem, mas não há pretensão de explicar sua origem através dessa atribuição funcional. Trata-se, portanto, de uma análise funcional de natureza não etiológica. Além deste aspecto, perspectivas funcionalistas desta natureza diferem da perspectiva darwinista, uma vez que não fazem menção ao papel biológico (Bock & Wahlert, 1989) que a estrutura cumpre, ou seja, como ela contribui para a sobrevivência e reprodução de seu portador frente ao regime seletivo, às interações ecológicas.

Há três compromissos epistemológicos que podem estar envolvidos na gênese e estruturação desta forma de pensar: (1) a concepção de que a adaptação é um fenômeno auto-evidente e/ou auto-explicativo; (2) o apego às causas próximas; e (3) uma teleologia intra-orgânica, a partir da qual a existência das estruturas é explicada em virtude de seu papel causal na preservação de uma harmonia intra-orgânica (Caponi, 2002, p. 59).

Esta forma de pensar impõe, portanto, uma primeira dificuldade à gênese do conceito darwinista de adaptação, uma vez que o problema darwinista da adaptação, ou seja, do ajuste de uma estrutura orgânica a exigências postas pelo ambiente, sequer é formulado.

### *Ajuste Providencial:*

Esta zona do perfil é constituída por interpretações em que a adaptação é concebida, em termos ontológicos, como um estado de ser ou propriedade dos organismos, ou de suas estruturas morfológicas, de se encontrarem ajustados às suas condições de vida. Em termos causais, este ajuste é explicado apelando-se ao princípio da economia natural e a uma perspectiva teleológica de

---

funcionam. Causas distantes, por sua vez, se encontram, como a própria qualificação deixa claro, remotamente situadas no tempo, em relação aos seus efeitos. Elas são relativas a processos e eventos que levam a mudanças nos genótipos, nos termos de Mayr, ou, se quisermos considerar outros fatores, como a herança epigenética, em vias desenvolvimentais herdadas. A típica forma das perguntas evolutivas, que reivindicam explicações em termos de causas distantes, é “Por que *x* ocorre do modo como ocorre, em relação a vários modos alternativos como poderia ocorrer (dada a contingência evolutiva e possibilidade de meios funcionalmente equivalentes de alcançar o mesmo resultado biológico)?”

organização da forma biológica. A adaptação é explicada, então, como um fenômeno decorrente da harmonia necessária entre estrutura organizacional do organismo e as condições ambientais.

Apresentamos abaixo um enunciado característico deste modo de interpretar a adaptação. Trata-se de uma explicação dada por um aluno do ensino médio para a origem e diversificação dos bicos dos tentilhões das Ilhas Galápagos:

Eu acho que o fato dele ser diferente, ele tinha que nascer diferente. Principalmente a diferença do bico (...) porque é por onde ele se alimenta, porque já tem os alimentos apropriados: as sementes. Por exemplo, aqui ele tem que enfiar o bico para tirar o que tem dentro. Se ele nascesse só com este bico seria impossível. Então cada um já nasce apropriado para um tipo de comida, com o tipo da raça, da espécie. (resposta dada a um cenário da entrevista por estudante do ensino médio)

Este enunciado se encontra estruturado em torno dos seguintes compromissos epistemológicos e ontológicos: o princípio de economia natural, uma perspectiva teleológica de explicação da forma orgânica, o ideal de ordenação e harmonia no mundo natural, e uma perspectiva essencialista sobre a identidade das espécies. Como veremos, o pensamento essencialista é um compromisso ontológico característico, mas não exclusivo desta zona do perfil.

A forma de pensar a adaptação desta segunda zona incorpora um dos aspectos do mundo orgânico ao qual o conceito darwinista de adaptação está relacionado, a correlação funcional entre estrutura orgânica e condições de vida. Entretanto, esta correlação funcional é explicada em termos finalistas, como resultado da realização de uma meta pré-determinada.

Além disso, a perspectiva darwinista se estrutura em torno do reconhecimento de dois aspectos que caracterizam o mundo natural, os quais não são levados em conta como tais na zona do ajuste providencial: o fato de que as exigências ambientais impostas aos organismos estão sempre em mudança, e o fato de que os organismos se relacionam uns com os outros, de modo nem sempre harmônico, a exemplo da competição por recursos (Caponi, 2006). O pressuposto de um mundo ordenado de maneira que tudo se encontre disposto de modo a assegurar uma tendência ao melhor estado possível, um dos compromissos ontológicos do ajuste providencial, coloca dificuldades para a construção da noção de luta pela sobrevivência, central na constituição do próprio pensamento de Darwin, e para a perspectiva histórica a partir da qual a resposta darwinista ao problema da correlação funcional entre estrutura orgânica e condições de vida é formulada.

### *Perspectiva transformacional*

A principal diferença entre esta zona do perfil e a anterior é a introdução de uma perspectiva histórica, evolutiva, na explicação da diversidade das formas orgânicas. A adaptação é interpretada como um processo de transformação da essência da espécie em direção a um estado ótimo de ajuste às condições ambientais. Este processo se dá através de mudanças simultâneas que ocorrem com cada um e com todos os membros individuais da espécie. Ou seja, as mudanças evolutivas (filogenéticas) são tidas como resultado do acúmulo de mudanças ontogenéticas.

Abaixo reproduzimos a explicação de uma estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas para a diversificação dos bicos dos tentilhões das Galápagos, como exemplo representativo desta zona:

Por diferenciação morfológica, acúmulo lento de características propícias para manter a sua sobrevivência, da espécie, que normalmente é transmitida aos seus descendentes, é o que chamamos de evolução. (...) os indivíduos estão em constante competição por fêmeas, alimentos etc. Os que não se adaptam precisam buscar uma nova forma para se desenvolver, ou seja, ocorrem mudanças muito lentas que são cumulativas e por enquanto que não resultam em indivíduos completamente adaptados muitos morrem, porém quando a modificação se dá por completo, a exemplo da modificação morfológica do bico

possibilitando se alimentarem de outros recursos. (resposta dada a um item do questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

Outro aspecto característico desta zona reside na ideia de que a transformação sofrida pelos organismos apresenta uma direção definida, isto é, todos os membros da espécie passam por mudanças orientadas numa mesma direção e, ainda mais, seguem uma mesma sequência de passos em sua evolução. A partir desta progressão linear, atinge-se um estado teleológico de ajuste ótimo às condições ambientais.

Ainda que essas interpretações transformacionais sejam de caráter evolutivo, elas ainda retêm um cerne de pensamento essencialista, como podemos ver na ideia de que a mudança tem lugar na espécie como um todo. A variação não é um aspecto central nesta perspectiva. Portanto, a visão essencialista da espécie é um compromisso compartilhado entre esta zona e a anterior. Caso uma pessoa tenha acolhido a ideia de mudança evolutiva, mas esteja comprometida com um pensamento essencialista, ela provavelmente endossará perspectivas transformacionais.

O pensamento essencialista, o foco no organismo individual e o apego às causas próximas consistem em compromissos ontológicos e epistemológicos próprios desta zona que impõem dificuldades para o desenvolvimento de uma perspectiva variacional, que constitui a próxima zona do perfil conceitual. No entanto, entre a perspectiva transformacional e a forma de pensar da zona anterior, há uma mudança na categoria ontológica à qual o conceito de adaptação é associado. A adaptação deixa de ser concebida como estado de ser ou propriedade de uma estrutura morfológica ou um organismo e passa a ser descrita como um processo de mudança evolutiva. Tal operação epistemológica gera uma semente para o desenvolvimento da perspectiva darwinista, ao historicizar a compreensão da forma e função dos seres vivos.

### *Perspectiva variacional*

Esta zona inclui interpretações nas quais a adaptação é concebida como uma característica resultante de um processo de mudança evolutiva. Esta mudança evolutiva resulta de um processo de propagação seletiva e fixação de variantes numa população sob determinado regime seletivo.

A explicação dada por um estudante de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas para a diversificação dos bicos dos tentilhões das Galápagos ilustra esta perspectiva:

Numa prole sempre vão existir pássaros com uma pequena gradação do tamanho dos bicos e outros fenótipos. O pássaro que tiver um bico que melhor se ajuste ao tipo de alimento presente naquele ambiente irá prosperar na reprodução, mandando informação genética desse bico para sua prole. Iniciando, assim, o processo de diferenciação que pode levar a formação de tamanhos de bicos diferentes. (resposta dada a um item do questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

As duas últimas zonas estão relacionadas à distinção feita originalmente por Lewontin (ver Levins & Lewontin, 1985; Lewontin, 2002) entre explicações transformacionais e variacionais da mudança evolutiva, discutida na seção 3. Nas perspectivas variacionais, a evolução biológica é concebida como o resultado de mudanças na proporção de organismos variantes numa população. Organismos bem sucedidos em uma geração tendem a originar, através da reprodução, organismos com os mesmos traços fenotípicos variantes que os progenitores apresentam. Assim, enquanto a população muda de geração a geração, a herança exerce o papel de preservar traços manifestos nos organismos. Essa tensão entre mudança no nível da população e manutenção das características no nível do organismo desempenha um papel central nas explicações variacionais.

É importante discutir as diferenças entre as explicações funcionais para a existência de características adaptativas encontradas no funcionalismo intra-orgânico e na perspectiva variacional. Na primeira zona, o que está em questão é como uma estrutura ou um comportamento

funciona ou atua de modo assegurar uma capacidade do sistema ao qual ele pertence. No caso da explicação seletional, por sua vez, trata-se de explicar por que esta estrutura ou este comportamento desempenha uma função de modo **melhor** ou **mais eficiente** do que alternativas viáveis, ou sob que pressões seletivas esta estrutura pode resultar em uma forma melhor do que uma alternativa igualmente viável dos pontos de vista morfológico, fisiológico ou filogenético (Caponi, 2002, p. 77).

Em seguida apresentamos um enunciado em que um estudante do ensino superior, para explicar a diversificação de uma estrutura orgânica, parte de uma hipótese relativa aos problemas de sobrevivência que uma classe particular de organismos enfrenta e, em seguida, analisa como certas características se constituem em uma solução mais eficiente do que suas alternativas.

Os hábitos alimentares falam muito sobre estes organismos. Para hábitos que se aproximam mais do carnívoro, tendem a ser mais eficientes os dentes caninos e para hábitos que se aproximam mais do herbívoro, tendem a ser mais eficientes dentes mastigadores (molares). Desta forma, a seleção natural, privilegiou aleatoriamente aqueles organismos que possuíam dentes mais eficientes para cada hábito alimentar. (resposta dada a um item do questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

Como destaca Caponi (2000), este é, em termos gerais, o modo darwinista de investigar a forma orgânica. Encontramos nesta zona, portanto, muitos dos compromissos ontológicos e epistemológicos das explicações darwinistas: o pensamento populacional; a ideia de que estruturas orgânicas apresentam um papel central na luta dos organismos para sobreviver e se reproduzir com sucesso em face das exigências postas pelo seu entorno ecológico, este último sempre em mudança; e uma perspectiva histórica de investigação da forma orgânica.

No Quadro 2, apresentamos os conjuntos de compromissos epistemológicos e ontológicos que nos permitem individualizar as quatro zonas do modelo de perfil que construímos. É possível, também, visualizar os compromissos que são compartilhados por mais de uma zona deste perfil.

Para que este modelo de perfil de adaptação seja aplicável também à análise do ensino e da aprendizagem da teoria darwinista de evolução no ensino superior, parece-nos importante acrescentar duas outras formas de pensar, entendidas como duas possíveis manifestações da perspectiva variacional. A caracterização proposta para esta zona diz respeito aos temas da ontologia e, especialmente, do mecanismo causal, permitindo a identificação das mudanças mais fundamentais na significação do conceito de adaptação na gênese da visão darwinista da evolução (Levins & Lewontin, 1985; Lewontin, 2002). No entanto, no contexto atual da produção de conhecimento no ensino superior de biologia, devem ser incorporados avanços teóricos da biologia evolutiva dos últimos trinta anos, a exemplo daqueles decorrentes dos debates entre adaptacionistas e seus críticos a respeito do alcance da seleção natural na explicação da diversificação da forma orgânica e do papel epistemológico do conceito de adaptação. Analisando os compromissos epistemológicos e ontológicos dispostos na matriz epistemológica (Quadro 1), concluímos que a produção de significado em torno deste debate pode ser relacionada à gênese de duas diferentes formas de significar o conceito de adaptação, ambas internas à perspectiva variacional, a saber, uma **abordagem adaptacionista** e uma **abordagem pluralista** na compreensão da evolução da forma orgânica.

A caracterização destas duas formas variacionais de pensar a adaptação se encontra pautada, mais especificamente, no tema epistemológico do papel da adaptação na causalidade da forma orgânica e, em menor medida, no que concerne a aspectos relativos aos fatores causais envolvidos na mudança evolutiva e à natureza da solução adaptativa.

*Abordagem adaptacionista*

A forma variacional de pensar o conceito de adaptação pode abrigar a visão de que as adaptações constituem a grande maioria das características relevantes observadas nos organismos vivos, tendo sido estas, portanto, moldadas pela seleção natural devido à aptidão darwinina que conferem (ou conferiam) a seus portadores (Sepulveda, Meyer & El-Hani, 2011).

**Quadro 2: Caracterização das zonas de um perfil conceitual de adaptação.**

ZONAS	Compromissos ontológicos e epistemológicos distintivos	Compromissos ontológicos e epistemológicos compartilhados com outras zonas
<b>Funcionalismo Intra-orgânico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O fenômeno da adaptação, enquanto adequação da forma ao entorno ecológico não é reconhecido como tal.</li> <li>• Teleologia intra-orgânica.</li> <li>• Suficiência das causas próximas para explicar os fenômenos vivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia da natureza.</li> <li>• Foco de investigação no nível do organismo.</li> <li>• Emprego de atribuição funcional como estratégia explicativa.</li> </ul>
<b>Ajuste Providencial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adaptação é concebida como um estado de ser, uma propriedade fixa do organismo ou grupo de organismos.</li> <li>• Teleologia intra-orgânica e teleologia externa.</li> <li>• Agência de uma força sobrenatural ou de outro tipo de força ordenadora da natureza.</li> <li>• Harmonia e perfeição na relação entre estrutura orgânica e condições de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia da natureza.</li> <li>• Pensamento essencialista..</li> <li>• Emprego de atribuição funcional como estratégia explicativa.</li> <li>• Otimização (<i>design ótimo</i>).</li> </ul>
<b>Perspectiva Transformacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acúmulo de processos ontogenéticos explica mudanças filogenéticas.</li> <li>• Tendência de transformação da essência da espécie para alcançar maior complexidade ou ajuste às condições ambientais (implicando a ideia de progresso e alguma forma de pensamento teleológico).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economia da natureza.</li> <li>• Pensamento essencialista.</li> <li>• Foco de investigação no nível do organismo.</li> <li>• Aperfeiçoamento progressivo da forma orgânica.</li> <li>• Perspectiva evolutiva de explicação da adaptação.</li> </ul>
<b>Perspectiva Variacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Função darwiniana: pressuposto de que todas (numa perspectiva adaptacionista) ou muitas (numa perspectiva pluralista) estruturas orgânicas estão envolvidas na sobrevivência e reprodução diferencial dos organismos, e respondem prioritariamente às exigências postas pelo entorno ecológico.</li> <li>• Pensamento populacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perspectiva evolutiva de explicação da adaptação.</li> </ul>

Esta forma de pensar se fundamenta nos seguintes compromissos ontológicos e epistemológicos: (1) primazia da adaptação em relação a outros fenômenos evolutivos; (2) exclusividade das explicações adaptacionistas para a origem e existência da forma, da função e do comportamento dos seres vivos; (3) poder causal e explicativo exclusivo ou, ao menos, preferencial atribuído à seleção natural, em relação a outros fatores/mecanismos evolutivos. A seguir, apresentamos exemplos deste modo de pensar encontradas no domínio sociocultural, uma vez que

se trata de um enunciado de um biólogo evolutivo retirado de publicação acadêmica, e do domínio microgenético, dado que consiste em resposta a um item de questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas:

Em bases teóricas, todas as características existentes nos organismos são adaptativas. Se elas não fossem adaptativas, então elas seriam eliminadas pela seleção e desapareceriam. (Bock, 1967, p. 63 *apud* Gould; Vrba, 1982, p. 524).

Todas as características presentes num organismo de certa forma é uma adaptação, porque faz com que ele se diferencie dos outros organismos “driblando” a competição, que é uma barreira seletiva. (resposta dada a um item do questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

Além destes compromissos, a abordagem adaptacionista se encontra geralmente vinculada à aceitação do poder da seleção natural como agente de otimização. Esta visão otimizadora tem informado o programa de pesquisa adaptacionista, fundamentando alguns de seus modelos causais e testes de hipóteses, nos quais as evidências e os critérios para identificar uma adaptação se baseiam na projeção de um *design* ótimo para a realização de uma função e a comparação com o *design* real da estrutura morfológica que a realiza. Este foi o critério utilizado por Williams (1992, p. 40 *apud* Lauder, 1996, p. 59), por exemplo, para afirmar o caráter adaptativo das mãos humanas: “*a mão é uma adaptação para a manipulação porque está de acordo com o que um engenheiro esperaria, a priori, de um artefato de manipulação*”.

No que diz respeito aos fatores causais que controlam a mudança evolutiva, a abordagem adaptacionista pressupõe com frequência uma alienação entre fatores internos e externos ao organismo, um compromisso tipicamente assumido por abordagens darwinistas da adaptação ao longo da história (Lewontin 1985, 2002). Ele se encontra expresso na máxima de que o organismo soluciona problemas postos por um ambiente autônomo, o qual muda em consequência de eventos que são inteiramente independentes das atividades dos organismos. Contudo, as soluções disponíveis para os organismos também não são resultantes de suas próprias atividades; elas surgem em consequência de forças internas que são autônomas e alienadas do organismo como um todo. Abaixo, apresentamos uma citação retirada de um livro didático, na qual a metáfora de soluções para problemas pré-existent é empregada para definir adaptação:

*Cada organismo (e cada espécie) possui estruturas, funções e comportamentos que lhe permitem sobreviver, reproduzir-se e desfrutar os recursos do ambiente no qual vive; resumindo “resolver” da melhor maneira possível os “problemas” que o ambiente apresenta. Chamamos a isso de adaptação (Gainotti; Modelli, 2005, p. 213)*

Como os fatores internos, ao produzir as soluções variantes para os problemas ambientais, são cegos às necessidades do organismo, esta visão termina por resultar em uma perspectiva inteiramente externalista, na qual é atribuído às condições ambientais o controle total do processo evolutivo. No entanto, diferentemente do papel atribuído ao ambiente na perspectiva transformacional, este controle não é exercido direta, mas indiretamente, através do estabelecimento de regimes seletivos em cujo contexto organismos variantes tenderão a ter maior ou menor sucesso em sua sobrevivência e reprodução diferenciais. Apresentamos em seguida dois enunciados que exemplificam esta perspectiva, ambos oriundos de respostas de estudantes de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas:

*O ambiente atua como um fator de evolução, selecionando as formas mais bem adaptadas às condições do meio. No processo de seleção muitos indivíduos morrem por não estarem bem adaptados. Os que têm condições de sobreviverem são selecionados, reproduzem e passam essas características adaptativas para seus descendentes.* (resposta a um item do questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

[Adaptação] Ocorre quando o ambiente “seleciona” indivíduos de uma população que estão mais capazes de sobreviver nesse ambiente. (resposta a um item do questionário por estudante do segundo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

### *Abordagem pluralista*

Dentro da perspectiva variacional, uma visão pluralista do processo evolutivo também pode ser construída. Neste caso, a evolução adaptativa é concebida como um dos processos envolvidos na explicação da forma orgânica, ao lado de outros, como, por exemplo, a deriva gênica, o efeito fundador, o reaproveitamento de estruturas preexistentes (exaptação), e as restrições do desenvolvimento, estruturais (*spandrels*) e da história evolutiva. Em termos explicativos, diante de uma característica funcional conspícua, mantém-se a postura de não se afirmar de pronto sua origem adaptativa, mas considerar tal origem uma entre outras hipóteses a ser analisadas. Este tipo de postura foi adotada, por exemplo, por um estudante de Licenciatura em Ciências Biológicas ao responder a uma questão sobre qual teria sido a origem da pétala modificada de uma espécie de orquídea que mimetiza a fêmea da vespa que a poliniza:

Eu não posso responder essa pergunta sem ter informações sobre seus ancestrais, sobre as espécies próximas, que caso tenham a mesma característica, sobre as condições do ambiente na época e principalmente fatores genéticos como mutações em genes ou mutação intragênica. (resposta a um item do questionário por estudante do sétimo semestre de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas).

Esta forma de pensar está fundamentada nos seguintes compromissos epistemológicos: (1) relativização do poder explicativo da seleção natural e (2) pluralismo de processos (Pigliucci & Kaplan, 2000; Meyer & El-Hani, 2005).

O reconhecimento de que é preciso levar em conta outros processos e mecanismos que podem estar agindo de maneira alternativa, complementar ou sinérgica com a seleção natural, gera também novas perspectivas de entendimento da relação entre organismo e ambiente no processo evolutivo. Este é o caso, por exemplo, da visão construcionista defendida por Lewontin (2002), segundo a qual o processo evolutivo é controlado por uma ação recíproca entre organismo e ambiente. Os organismos evoluem para resolver problemas imediatos postos pelo ambiente, mas através da construção de nichos também ajustam o ambiente às suas necessidades e o modificam, gerando, desta forma, novos problemas, à medida que evoluem. Desta perspectiva, os ambientes seletivos não mudam independentemente dos organismos, mas são, eles próprios, produtos parciais de atividades anteriores ou atuais de construção de nicho. Portanto, um terceiro compromisso epistemológico que fundamenta a perspectiva pluralista de interpretação do conceito de adaptação consiste em pressupor a interdependência dialética de forças externas e internas ao organismo na causalidade da forma.

Esta interpretação tende a ser rara entre as explicações dos estudantes e, mesmo, entre biólogos profissionais, a despeito de sua influência crescente nas últimas décadas. Uma expressão da visão construcionista pode ser encontrada no argumento de que a construção de nicho apresenta um papel positivo no processo evolutivo, por exemplo, ao introduzir uma retroalimentação (*feedback*) na dinâmica evolutiva, por meio da qual os organismos através de suas atividades modificam as pressões seletivas que agem sobre eles próprios, seus descendentes e mesmo sobre populações de sua e de outras espécies. Apresentamos a seguir um dos exemplos empíricos dados por Odling-Smee e seus colaboradores (2003) para ilustrar este tipo de consequência da construção de nicho. Trata-se de um exemplo relativo à evolução das minhocas, que, como destacam os próprios autores, foi também descrito por Darwin:

Quadro 3: Caracterização de formas adaptacionistas e pluralistas do pensamento variacional

ZONA “PERSPECTIVA VARIACIONAL”	Perspectivas de significação do conceito	Compromissos distintivos	Compromissos compartilhados entre si	Compromissos compartilhados com outras zonas do perfil
	<b>Abordagem adaptacionista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primazia da adaptação em relação a outros fenômenos evolutivos.</li> <li>• Exclusividade das explicações adaptativas.</li> <li>• Atribuição de poder causal e explicativo exclusivo ou preferencial à seleção natural.</li> <li>• Alienação entre forças internas e externas ao organismo na causalidade da forma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensamento populacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perspectiva evolutiva de explicação da adaptação.</li> <li>• Otimização (<i>design ótimo</i>);</li> </ul>
<b>Abordagem pluralista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consideração de hipóteses não-adaptativas na explicação da forma.</li> <li>• Pluralismo de processos.</li> <li>• Poder causal e explicativo atribuído à seleção natural lado a lado com outros processos e mecanismos;</li> <li>• Interdependência de forças externas e internas ao organismo na causalidade da forma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensamento populacional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perspectiva evolutiva de explicação da adaptação</li> </ul>	

(...) Minhocas mudam dramaticamente o solo em que vivem em termos estruturais e químicos (...) como resultado da sua atividade, as minhocas afetam os ecossistemas ao contribuir para a gênese do solo, para a estabilidade dos agregados do solo, para a porosidade, aeração e drenagem do solo. (...) Todos estes efeitos tipicamente dependem da construção de nicho de muitas gerações de minhocas, conduzindo apenas de modo gradual a um melhoramento cumulativo do solo. Assim sendo, a maioria das minhocas atuais habita ambientes locais seletivos que foram radicalmente alterados, não apenas pela geração de seus pais, mas por muitas gerações passadas de seus ancestrais construtores de nicho. Provavelmente, algumas características fenotípicas das minhocas, como a estrutura da epiderme, ou a quantidade de muco que secretam, co-evoluíram com sua construção de nicho através de muitas gerações (Odling-Smee et al., 2003, p.11).

Como a abordagem pluralista não atribui um poder causal e explicativo exclusivo ou preferencial à seleção natural, o caráter das soluções adaptativas passa a ser entendido, em seu domínio, de modo diverso da tendência otimizadora da perspectiva adaptacionista. Em lugar de serem concebidas como *designs* ótimos, as adaptações são entendidas como estruturas, comportamentos ou mecanismos que “se mantêm prevalentes em consequência do *fitness* maior de



seu *design* em relação aos problemas ambientais reais enfrentados na história do organismo, em comparação com alternativas historicamente disponíveis” (Burian, 2005, p. 62).

O Quadro 3 apresenta uma síntese destas duas formas variacionais de pensar a adaptação, entendidas como internas ou derivadas da zona perspectiva variacional.

Como mostram os Quadros 2 e 3, a despeito de as zonas do modelo de perfil de adaptação construído terem sido individuadas através de um conjunto determinado de compromissos ontológicos e epistemológicos, há também um compartilhamento de compromissos entre elas. Este compartilhamento é coerente com o caráter dinâmico do modelo de perfis conceituais, que, além de modelar a heterogeneidade do pensamento verbal, pretende modelar os processos de gênese de formas de pensar e modos de falar sobre um conceito em determinados contextos sociais de produção de conhecimento.

## Considerações finais

Neste trabalho, propusemos um modelo de perfil conceitual de adaptação, a partir do exame dialógico de informações advindas de estudos epistemológicos e históricos, da literatura sobre concepções alternativas, de dados obtidos em entrevistas e questionários com estudantes do ensino médio e do ensino superior, e da análise de alguns episódios de ensino de evolução.

Este modelo de perfil conceitual é constituído por quatro zonas: funcionalismo intra-orgânico, ajuste providencial, perspectiva transformacional e perspectiva variacional. Ele foi construído como a intenção de que seja uma ferramenta teórico-metodológica para a investigação de situações de ensino e aprendizagem de evolução a partir de uma perspectiva sociocultural. Realizamos também uma avaliação empírica deste potencial heurístico, mas, por uma questão de espaço, o procedimento e os resultados desta avaliação serão objeto de um próximo artigo.

O presente trabalho, por sua vez, pretendeu cumprir os seguintes objetivos: (1) apresentar uma caracterização epistemológica e ontológica das zonas que constituem este modelo de perfil conceitual de adaptação, enfocando principalmente o ensino e a aprendizagem da teoria darwinista da evolução no ensino médio, mas também considerando algum detalhamento da zona perspectiva variacional, com vistas ao seu uso no ensino superior; (2) contribuir para a discussão de princípios metodológicos que vêm sendo consolidados no programa de pesquisa sobre perfis conceituais; e (3) apresentar contribuições para a metodologia de construção de modelos de perfil.

Como podemos concluir a partir da caracterização das quatro zonas do perfil e das formas de pensar internas à zona perspectiva variacional, a constituição das zonas vai além de um processo de categorização, embora tipicamente envolva este procedimento (Mortimer; Scott; El-Hani, 2009). A caracterização das zonas foi estruturada a partir de compromissos ontológicos e epistemológicos que fundamentam formas de pensar sobre a adaptação biológica, os quais não foram dados diretamente por declarações ou proposições escritas ou faladas, mas sim a partir de hipóteses constantemente reformuladas à medida que promovemos um diálogo entre as diferentes fontes de dados.

Dois princípios metodológicos subsidiam este procedimento. O primeiro deles diz respeito à necessidade de se considerar uma diversidade tanto de significados atribuídos a um conceito quanto de contextos de produção de significados, de modo a abarcar três domínios genéticos: sociocultural, ontogenético e microgenético. O modo como os dados referentes a cada um destes três domínios genéticos são considerados na constituição de zonas constitui um segundo princípio metodológico a ser observado na construção de um modelo de perfil. Esperamos ter deixado claro que o exame deste conjunto de dados deve ser realizado de maneira dialógica, e não sequencial, no sentido de que os conteúdos encontrados em cada domínio são a todo tempo articulados com os demais.

Procuramos dar ênfase ao importante papel que fontes da história e filosofia da ciência desempenham, ao fornecer suporte para a formulação de hipóteses a respeito dos compromissos epistemológicos e ontológicos que estabilizam e estruturam as diferentes formas de pensar o conceito. As fontes advindas da história e filosofia da ciência tiveram, em algumas circunstâncias, o papel de permitir a construção *a priori* de tais hipóteses, as quais foram testadas e reformuladas à medida que foram sendo considerados os dados da literatura sobre concepções alternativas e os dados empíricos de entrevistas, questionários e registros de interações discursivas em sala de aula. Estes dados tornam possível avaliar se as categorias propostas pelo estudo histórico e epistemológico de fato são encontradas nos enunciados produzidos por pessoas de diferentes universos culturais, em situações reais de comunicação e interação social. No entanto, um caminho inverso, no que diz respeito à relação entre informações da literatura e dados empíricos, também ocorreu no percurso de constituição das zonas. Dados empíricos advindos de respostas a entrevistas e questionários que, *a priori*, pareciam não fornecer qualquer informação relevante a respeito de formas de pensar o conceito, adquiriram significado quando foram lidos à luz da literatura histórica e filosófica, contribuindo para o repertório de compromissos epistemológicos e ontológicos que permitem individualizar e caracterizar zonas do perfil. Estes exemplos de possíveis modos como as fontes de dados podem dialogar permitem a compreensão do caráter dialógico da metodologia de constituição das zonas de perfis conceituais.

Ao compararmos o processo de construção do modelo de perfil de adaptação aqui discutido com os processos de constituição de zonas de perfis para outros conceitos, a exemplo dos conceitos de espontaneidade e entropia (Amaral, 2004; Amaral & Mortimer, 2004), do conceito de vida (Coutinho, 2005; Coutinho; Mortimer & El-Hani, 2007), e do conceito de morte (Nicolli, 2009; Nicolli & Mortimer, 2009; Nicolli & Mortimer, 2012), concluímos que a abordagem de perfis conceituais tem se mostrado aplicável a conceitos situados em campos de conhecimento bastante diferentes. Pode haver, contudo, certas particularidades no processo de constituição das zonas de perfis vinculados a diferentes áreas, sem que sejam contrariados os princípios teórico-metodológicos a partir dos quais o programa de pesquisa sobre perfis conceituais tem sido desenvolvido. A construção de perfis para conceitos centrais da física e da química relativos à matéria e energia, a exemplo dos conceitos de átomo e estados físicos da matéria (Mortimer, 1994; 2000), de molécula (Mortimer, 1997), de calor (Amaral & Mortimer, 2001), e de espontaneidade e entropia (Amaral, 2004; Amaral & Mortimer, 2004), encontraram no perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa um sistema filosófico adequado para pensar compromissos epistemológicos que estruturam as formas de pensar, ou os hábitos de pensamento, envolvidos na gênese destes conceitos. No entanto, o mesmo não ocorreu com conceitos relativos a outras áreas do conhecimento, para os quais, posteriormente, foram propostos perfis. Este foi o caso de conceitos relativos às ciências biológicas. Na construção do perfil de vida por Coutinho (2005; ver tb. Coutinho; Mortimer & El-Hani, 2007), do perfil de morte por Nicolli (Nicolli, 2009; ver tb. Nicolli & Mortimer, 2009 e Nicolli & Mortimer, 2012), assim como em nossa experiência com o perfil de adaptação, foi necessário acessar outros sistemas filosóficos, ou fundamentar-se em diversos estudos epistemológicos acerca da gênese destes conceitos, para proceder a investigação dos compromissos ontológicos e epistemológicos que fundamentam as diferentes perspectivas de interpretação.

As categorias propostas por Bachelard (1984) se pautam em sua análise acerca das diferentes maneiras de conceituar a realidade, formuladas em termos de sistemas filosóficos de pensamento. Esta análise, por sua vez, tem como referência a história da física e os fatores que influenciaram os processos de construção de conhecimento neste campo científico. É hoje consenso que a biologia é uma ciência legítima e autônoma em relação à física (Mayr, 1988; 1998; 2005), que apresenta particularidades no modo como constrói conhecimento acerca dos sistemas vivos, o que gerou, inclusive, uma agenda própria de pesquisas para a filosofia da biologia (Sterelny & Griffiths, 1999; Hull, 2002). Portanto, é compreensível que um sistema filosófico que tem como referência os

processos de construção do conhecimento físico possa não ser adequado à investigação de compromissos epistemológicos e ontológicos que fundamentam formas de pensar um conceito das ciências biológicas.

Uma das questões que vem ocupando a filosofia da biologia, por exemplo, diz respeito à existência, à natureza e ao papel das leis na construção do conhecimento biológico. As controvérsias acerca deste tema nos apresentaram dois aspectos sobre a produção do conhecimento biológico que podem indicar razões para o enfrentamento de desafios diferentes na construção de perfis para conceitos da biologia. Um deles é destacado no argumento de Beatty (1995) de que a adesão dos biólogos ao pluralismo teórico e seu interesse por controvérsias sobre a significância relativa das teorias e dos mecanismos podem ser explicados como uma consequência da ausência de leis na biologia. O segundo diz respeito mais a uma recomendação ou proposição do que a uma descrição de como os biólogos procedem em relação ao papel das generalizações na investigação biológica. Trata-se da proposta de Weber (1999) de que os biólogos adotem um conceito mais amplo de lei, que não se limite à ideia de leis universais e sem exceções. As generalizações da biologia são entendidas, em seus termos, como enunciados que generalizam para um domínio restrito de aplicação, ou seja, enunciados que podem ser descritos como universalmente válidos dentro daquele domínio, mas são inaplicáveis fora dele (El-Hani, 2006).

El-Hani (2007) estende esta proposta de Weber para o tratamento da generalidade dos conceitos biológicos, afirmando que conceitos como os de gene, organismo, espécie etc. não precisam ser inteiramente gerais para que sejam úteis. Uma variedade de modos de pensar tais conceitos pode ter mais poder explicativo e heurístico do que uma maneira única, desde que seus domínios de aplicação sejam suficientemente bem delimitados para diminuir as ambiguidades e confusões semânticas. Este tipo de proposição indica que a biologia tem caminhado para reconhecer um poder heurístico na variação conceitual e, por conseguinte, a necessidade de organizá-la por um caminho distinto da proposição de definições universais. Isso aponta, por sua vez, para uma tendência na biologia de manter-se um elevado grau de polissemia semântica em torno de conceitos centrais, não só ao longo da história das ideias, como também contemporaneamente, em decorrência da estabilização de significados múltiplos, cada qual com diferentes domínios de aplicação.

O exame que realizamos do desenvolvimento do conceito de adaptação nos três domínios genéticos considerados, sociocultural, ontogenético e microgenético, nos levou a concluir que este é certamente o caso do conceito de adaptação, o qual apresenta variação conceitual não só historicamente, mas também no contexto atual, seja entre diferentes subdisciplinas da biologia, seja em decorrência do uso do termo com significados concorrentes no domínio mais restrito da biologia evolutiva.

Diante do grau de polissemia apresentado pelo conceito de adaptação, um passo metodológico que se mostrou fundamental na constituição de zonas de um modelo de perfil de adaptação foi a construção de uma matriz epistemológica, na qual foram mapeados aspectos epistemológicos e ontológicos envolvidos na significação deste conceito. Portanto, uma contribuição de nosso estudo para a metodologia de construção de modelos de perfis conceituais foi a proposição da construção de tal matriz como uma ferramenta para organizar a polissemia em torno do conceito investigado, de modo a gerar uma diversidade de compromissos epistemológicos e ontológicos, a partir dos quais serão derivadas as zonas de um perfil. Para tanto, é necessário, contudo, estabelecer com clareza o propósito de construção do modelo de perfil, o que implica, com frequência, examinar a natureza dos objetivos educacionais e dos processos de ensino e aprendizagem no nível de escolaridade no qual se pretende trabalhar. Esta estratégia pode ser muito relevante no caso de conceitos que apresentam polissemia não só entre a linguagem cotidiana e a linguagem social da ciência, mas também no âmbito interno desta segunda linguagem, entre campos

diferentes do conhecimento científico ou, mesmo, como exemplifica o caso da adaptação, num mesmo campo.

Por fim, a despeito deste não ter sido foco deste artigo, o processo de identificação dos compromissos epistemológicos e ontológicos que permitem individualizar zonas do perfil de adaptação, bem como a caracterização epistemológica das mesmas, nos permite discutir algumas implicações do estudo para o ensino de evolução, interpretado de uma perspectiva sociocultural da aprendizagem.

Os perfis conceituais, além de modelar a heterogeneidade do pensamento verbal, pretendem modelar os processos de gênese destes modos de pensar em determinados contextos sociais de produção de conhecimento. A caracterização das zonas do perfil conceitual de adaptação proposto neste trabalho nos permitiu identificar possíveis vias de desenvolvimento deste conceito em contextos de ensino e aprendizagem de evolução, tais como descritas na quarta e sexta seções. Uma breve análise destas vias sugere que nosso esforço pedagógico não deve ser propriamente o de promover a ruptura dos estudantes com os compromissos ontológicos e epistemológicos que estruturam as zonas do perfil anteriores à zona da perspectiva variacional, representativas do ponto de vista da ciência escolar que se quer ensinar, mas sim de negociá-los. Estes compromissos devem ser negociados de modo que certos aspectos heurísticos que servem de sementes conceituais sejam conservados, e outros aspectos que de fato podem se colocar como dificuldades para apropriação do modo de falar da ciência escolar sejam ressignificados.

Por exemplo, a ênfase na relação funcional entre estrutura orgânica e condições de vida, um dos compromissos ontológicos da zona do ajuste providencial, constitui um obstáculo para a apropriação da perspectiva darwinista, quando ela é vista como explicação suficiente para a existência de traços adaptativos, amparada pelo princípio da economia natural e por uma perspectiva teleológica de organização da forma orgânica. Por sua vez, para alunos que sequer contemplam o ajuste da estrutura orgânica como um fenômeno a ser explicado, este compromisso pode ser uma semente conceitual para a formulação do problema darwinista da adaptação – a relação entre complexidade da forma orgânica e luta pela sobrevivência.

Construído este problema, é preciso que utilizemos estratégias didáticas para que o estudante passe a interpretá-lo de uma perspectiva etiológica, buscando uma explicação para sua origem, de caráter histórico. É comum que os estudantes, nesta etapa do desenvolvimento do conceito de adaptação, comecem a construir explicações evolutivas de caráter transformacional. Neste momento, devem ser valorizados dois aspectos heurísticos destas explicações: a abordagem histórica da adaptação e a noção de que eventos de mudanças ambientais exercem um papel no processo evolutivo. No entanto é preciso ressignificar outros aspectos. Destacamos dois deles: (1) a ideia de que o ambiente age diretamente nos organismos, em contraste com uma noção mais adequada do papel que o ambiente desempenha na explicação darwinista; (2) o tipo de agência das narrativas, sendo preciso deslocar a agência dos eventos de mudança evolutiva para as pressões seletivas exercidas pelo meio, em contraste com os organismos em si mesmos, ou, de modo ainda mais ideal, construir uma narrativa em que eventos ocorram sem que haja uma agência clara. Para realizar tal movimento, é importante investir no desenvolvimento do pensamento populacional – por meio, por exemplo, do conceito de variabilidade intraespecífica e da noção de eficácia diferencial de variantes fenotípicas em desempenhar determinadas funções em condições ambientais específicas – e na distinção entre mecanismos transformacionais e variacionais de mudança populacional.

## Referências

- Ash, D. (2008) Thematic Continuities: Talking and Thinking about adaptation in socially complex classroom. *Journal of research in Science Teaching*, 45 (1) 1-30.
- Alters, B.J. & Nelson, C.E. (2002). Teaching Evolution in Higher Education. *International Journal of Organic Evolution* 56 (10), 1891-1901.
- Amaral, E. M. R. (2004). *Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações físicas e químicas e dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do ensino médio*. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Amaral, E.M. & Mortimer, E.F. (2001). Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira em Educação em Ciências*, 1 (3), 5-18.
- Amaral, E. M. R. & Mortimer, E. F. (2004). Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. *Educación Química*, 15 (3) 01-75.
- Amundson, R. (1996) Historical development of the concept of adaptation. In M.R. ROSE & G.V. LAUDER (ed.) *Adaptation*. San Diego\_CA: Academic Press.
- Anderson, D.L.; Fisher, K.M. & Norman, G.J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching* 10, 952-978.
- Ayala, F.J. (2009). Darwin's explanation of design: From natural theology to natural selection. *Infection, Genetics and Evolution*, 10 (6), 839-842.
- Bachelard, G. (1984) *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural.
- Bock, W. (1979) The synthetic explanation of macroevolutionary change – a reductionist approach. *Bulletin Carnegie Museum of Natural History*, 13, 20-69.
- Bock, W. (1980) The definition and recognition of biological adaptation. *American Zoologist*, 20, p.217-227.
- Bock, W.J. & Wahlert, G. (1998) Adaption and the form-function complex. In: Allen, C.; Becoff, M.; Lauder, G. (eds.) *Nature's purposes: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, p. 117-169.
- Bowler, P. J. *El Eclipse del Darwinismo*. Barcelona: Labor. 1983
- Bowler, P.J. *Evolution: The History of an Idea*. 3ed. Berkeley-CA: University of California Press. 2003.
- Bishop, B.A. & Anderson, C.W. (1990) Student conception of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (5), 415-427.
- Bizzo, N.M.V. (1994). From Down House Landlord to Brazilian high school students: what has happened to evolutionary Knowledge on the way. *Journal of Research in Science Teaching* 31(5) 517-556.
- Brumby, M. N. (1984) Misconceptions about the Concept of Natural Selection by Medical Biology Students. *Science Education*, 68 (4), 493-503.
- Bull, J. J.; Wichman, H. A. (2001) Applied evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32, 183-217.
- Burian, R.M. (2005) *The epistemology of development, evolution and genetics: selected essays*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Caponi, G. (2000). La regla de Darwin. *Principia*, 4 (1) p.27-77.

- Caponi, G. (2002) Explicación selesional y explicación funcional: la teleología en la Biología contemporánea. *Episteme*, 14, 57-88.
- Caponi, G. (2003) Darwin: entre Paley y Demócrito. *História, Ciência, Saúde - Manguinhos*, vol. 10, n. 03, p. 993-1023.
- Caponi, G. (2005) O darwinismo e seu outro: a teoria transformacional da evolução. *Scientiae Studia*, 3, 233-242.
- Caponi, G. (2006) El viviente y su medio: Antes y después de Darwin. *Scientiae Studia*, 4 (1), 9-43.
- Clough, E.E.; Wood-Robinson, C. (1985) How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19 (2), 125-130.
- Coutinho, F. A. (2005) *Construção de um perfil conceitual de vida*. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Coutinho, F.A; Mortimer, E.F. & El-Hani, C.N. (2007) Construção de um perfil para o conceito biológico de vida. *Investigações em Ensino de Ciências*, Acesso em 10 jun., 2012, [http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID164/v12\\_n1\\_a2007.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID164/v12_n1_a2007.pdf)
- Dougher, Z.R, & Boujaoude, S. (2005) Students' Perceptions of the Nature of Evolutionary Theory. *Science Education*, 85 (3), 378-391.
- Desmastes, S.S.; Settlage, J. & Good, R. (1995) Students' Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution: Cases of Replication and Comparison. *Journal of Research in Science Teaching* 32 (5), 535-50.
- Demastes,S.S; Good,R.G. & Peebles, P. (1996) Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching* 33 (4), 407-431,
- El-Hani, C. N. (2006) Generalizações ecológicas. *Oecologia Brasiliensis*, 10 (1), 17-68.
- El-Hani, C. N. (2007). Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30(2): 297-307.
- Ferrari, M. & Chi, M.T.H. (1998). The nature of naïve explanations of natural selection. *International Journal of Science Education*. 20 (10), 1231-1256,.
- Futuyma, D. (1992) *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: SBG/CNPq.
- Futuyma, D. J. (2002) *Evolução, Ciência e Sociedade*. São Paulo: SBG,
- Gericke, N.; Hagberg, M.; Santos, V. C.; Joaquim, L. M. & El-Hani, C. N. (no prelo). Conceptual variation or Incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. *Science & Education*.
- Godfrey-Smith, P. (1999) Adaptationism and the power of selection. *Biology and Philosophy*, 14, 181-194.
- Godfrey-Smith, P. (2001) *Three kinds of adaptationism*. In S.H. ORZACK & E. SOBER (Eds.) *Adaptationism and Optimality*. Cambridge: Cambridge University Press. (pp. 335-357).
- Gould, S.J. (2002) *The Structure of Evolutionary Theory*. Cambridge-MA: Harvard University Press. 1433p.
- Gould, S. & Lewontin, R. (1979) The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of The Royal Society of London*, 205, (p. 581-598). (reimpresso em SOBER, E. (Ed.) *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, 2ed. Cambridge-MA: MIT Press. 1994)
- Gould, S. & Vrba, E.S. (1982) Exaptation – a missing term in the science of form. *Paleobiology* 8, 4-15.
- Hull, D. (2002) Recent Philosophy of Biology: a review. *Acta Biotheoretica*, 50 (2),117-128.

- Huxley, J. (1942). *Evolution: The Modern Synthesis*. London: Allen & Unwin.
- Jensen, M.S.& Finley, F.N. (1996) Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching* 33 (8), 879-900.
- Kampourakis, K.; Zogza, V. (2007) Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education*, 16, p. 393-422.
- Lauder, G.V. (1988). Historical biology and the problem of design. In C. ALLEN; M. BEKOFF & G. LAUDER (Eds.) *Nature's Purposes: Analyses of function and design in Biology*. (pp. 507-518) Cambridge-MA: MIT Press.
- Levins, R. & Lewontin, R. (1985). *The dialectical biologist*. Cambridge-MA: Harvard University Press.
- Lewontin, R. (1978) Adaptation. *Scientific American*, 249, 212-222.
- Lewontin, R. (2002) *A tripla hélice*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Lucas, A.M. (1971) The teaching of "Adaptation". *Journal of Biological Education* .5, 86-90.
- Matos S. A.; Costa, F. L. B.; Silva, F. A. R.; Coutinho, F.A. (2007) *Comparação de perfis conceituais de vida entre alunos de escolas evangélicas e não-evangélicas do ensino médio*. In: Mortimer, E. F. (Org.). VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – MG, Belo Horizonte. Anais.... Belo Horizonte: ABRAPEC.
- Maynard Smith, J. (1969). The Status of Neo-Darwinism. In C. H. Waddington (Ed.). *Towards a Theoretical Biology*. (pp. 82-89).Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Mayr, E. (1982). *The growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. Cambridge: Harvard University Press. 974p.
- Mayr, E. (1988). *Toward a New Philosophy of Biology*. Cambridge: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1998). *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Tradução Ivo Martinazzo. Brasília: Editora da Universidade de Brasília.
- Mayr, E. (2001). The philosophical foundations of Darwinism. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 147, 488-495.
- Mayr, E. (2005). *Biologia, Ciência Única*. Tradução Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras.
- Mayr, E. (2008) *Isto é biologia: a ciência do mundo vivo*. São Paulo: Companhia das Letras.
- Mayr, E. (2009) *O que é evolução*. Rio de Janeiro: Rocco.
- Mayr, E. & Provine, W. B. (Eds.). (1980). *The Evolutionary Synthesis: Perspectives on the Unification of Biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Meyer.D. & El-Hani, C.N. (2000). Evolução. In C N EL-HANI & A A P VIDEIRA. *O que é vida afinal? Para entender a biologia do Século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará. p 153-185.
- Meyer,D. & El-Hani, C.N. (2005) *Evolução: o sentido da biologia*. São Paulo: Editora UNESP.
- Moreira, A. M. (1998). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. *Cadernos do Aplicação* 11(2),143-156.
- Mortimer, E. F. (1994). *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- Mortimer, E. F. (1995) Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education* 4, p. 267-285.
- Mortimer, E.F. (1997) Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. *Química Nova*, 20 (2), 200-207.
- Mortimer, E. F. (2000) *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
- Mortimer, E. F. & El-Hani, C.N. (2007). Multicultural education, pragmatism and the goals of Science Education. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 657-702.
- Mortimer, E. F.; Scott P. H. & El-Hani, C.N. (2009) *Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais*. In E. F. MORTIMER (Org.). VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – MG, Belo Horizonte. Anais.... Belo Horizonte: ABRAPEC.
- Mortimer, E. F., El-Hani, C. N., Sepulveda, C., Amaral, E. M. R., Coutinho, F. A. & Silva, F. A. R. (2014b) Methodological grounds of the conceptual profile research program. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani, (Eds.). *Conceptual Profiles: A Theory of Teaching and Learning Scientific Concepts*. Springer. 42, 330 p.
- Mortimer, E.F.; Scott, P.; Amaral, E.M.R.; El-Hani, C.N. (2014a) Conceptual Profiles: Theoretical Methodological Bases of a Research Program. In E. F. Mortimer & C. N. El-Hani, (Eds.). *Conceptual Profile: A theory of teaching and learning Scientific Concepts*. Series: Contemporary Trends and Issues in Science Education, 42, 2014b, 330 p.
- Nicolli, A. A. *Perfil conceitual de morte e abordagem pedagógica do ciclo de vida, no ensino de ciências*. (2009). Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Nicolli, A. A.; Mortimer, E.F. (2009) *Construção de um perfil para o conceito de morte*. In E. F. MORTIMER (Org.). VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – MG, Belo Horizonte. Anais.... Belo Horizonte: ABRAPEC.
- Nicolli, A. A. ; Mortimer, E.F. (2012). Perfil conceitual e a escolarização do conceito de morte, no ensino de ciências. *Educar em Revista* 44, 19-35.
- Odling-Smee, F.J.; Laland, K.N; Feldman, M.W. (2003). *Niche construction: the neglected process in evolution*. Princeton-NJ: Princeton University Press.
- Ohlsson, S. (1991) *Young adults' understanding of evolutionary explanations: preliminary observations*. Technical Report. Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh.
- Ospovat, D. (1981) *The development of Darwin's Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pereira, H. M.R. (2009) *Um olhar sobre a dinâmica discursiva em sala de aula de biologia do ensino médio no contexto do ensino da evolução biológica*. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia.
- Pigliucci, M. & Kaplan, M. (2000) The fall and rise of Dr. Pangloss: adaptationism and the Spandrels paper 20 years later. *Trends in Ecology and Evolution* 15, 66-70.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W; Gerzog, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education* 66 (2), 211-227.
- Reis, V. P. G. S; El-Hani, C. N.; Sepulveda, C. (2010) Aplicação e teste de uma sequência didática sobre evolução no Ensino Médio de Biologia. In: Z. Jofili & A.V. de Almeida (Orgs.) *Ensino de Biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam*. Recife: UFRPE: Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia/Regional 5. 266 p.
- Ruse, M. (1983) *La revolución darwinista*. Madrid: Alianza. 355 p.



- Sadler, T. D. (2005). Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. *Journal of Biological Education* 39 (2), 68-72.
- Sepulveda, c. (2010) *Perfil conceitual de adaptação: uma ferramenta para análise de discurso de salas de aula de biologia em contextos de ensino de evolução*. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia.
- Sepulveda, C; El-Hani, C.N. (2007) Controversias sobre o conceito de adaptacao e suas implicações para o ensino de evolucao. IN: E. F. Mortimer (org.). Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte: ABRAPEC.CD-ROM.
- Sepulveda, C. Meyer, D. & El-Hani, C. (2011) Adaptacionismo. In: P. C. Abrantes (org.) *Filosofia da Biologia*. 326p.
- Sthulman, A. (2006). Qualitative differences between naïve and scientific theories of evolution. *Cognitive Psychology*, 52, 170-194.
- Silva, F. A. R. (2006). *O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação*. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Sober, E. (1993). *The Nature of selection: evolutionary theory in philosophical focus*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Sober, E. (1994) *From a biological point of View: Essays in Evolutionary Philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sterelny, K. & Griffiths, P. E. (1999). *Sex and death: An introduction to Philosophy of Biology*. Chicago: The University Chicago Press.
- Vigotski, L. S. (2001) *A construção do pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.
- Weber, M. (1999) The aim and structure of ecological theory. *Philosophy of Science* 66, 71-93.
- Wertsch, J. V. (1985) *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge: Harvard University Press. 1985.
- Wertsch, J. V. (1991). *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated Action*. Cambridge: Harvard University Press.
- West-Eberhard, M. J. (1992) Adaptation: Current Usages. IN E F KELLER & E A LLOYD. (Eds.). *Keywords in evolutionary biology*. (pp. 13-18). Cambridge: Harvard University Press.
- Williams, G. C. (1996) *Adaptation and Natural Selection*. Princeton:Princeton University Press.
- Zohar A, Ginnossar SH (1998) Lifting the taboo regarding teleology and antropomorphins in Biological-Heretical Suggestions. *Science Education*, 82: 679-697.

Recebido em: 02.12.12

Aceito em: 11.03.14