

# Teleologia, função e ensino de Biologia

Ricardo Santos do Carmo  
Nei Freitas Nunes-Neto  
Charbel Niño El-Hani

## RESUMO

Neste artigo, investigamos as explicações teleológicas no ensino de Biologia a partir dos debates filosóficos contemporâneos sobre explicação funcional. Um foco maior foi dado para o modo como elas são formuladas em três livros didáticos (LDs) para o ensino médio dessa disciplina no Brasil. Avaliamos também, em menor medida, o papel das noções de adaptação e seleção natural no que concerne às suas relações com a teleologia. A avaliação dos LDs permite indicar que o uso de atribuições e explicações funcionais tem se dado de modo arbitrário no conhecimento escolar de Biologia, sem um embasamento epistemológico consistente. Isto gera problemas importantes, com um possível impacto negativo na aprendizagem dos estudantes. Com vistas a construir um embasamento mais sólido para as explicações funcionais no ensino de Biologia, apresentamos duas abordagens centrais do debate filosófico sobre o assunto, com possíveis contribuições para a educação, a perspectiva histórica ou etiológica, proposta por Larry Wright, e a perspectiva sistêmica, proposta por Robert Cummins. De modo geral, os debates contemporâneos sobre função na Filosofia da Biologia contribuem para uma estruturação mais consistente dos modos de explicar funcionalmente e, no contexto escolar, podem evitar equívocos importantes relacionados ao uso da linguagem teleológica na educação em Biologia. Além disso, conforme destacamos, é fundamental reconhecer uma importante contribuição de Darwin aos fundamentos das ciências biológicas, no século XIX, precisamente: a construção de um espaço legítimo para a aplicação de uma linguagem teleológica que não se compromete com pressupostos teológicos.

**Palavras-chave:** Função. Teleologia. Livros Didáticos. Ensino de Biologia. Ensino Médio.

## Teleology, function and Biology teaching

### ABSTRACT

In this paper, we investigate the teleological explanations in biology education from the contemporary philosophical debates about functional explanation. A greater focus was given

---

**Ricardo Santos do Carmo** é doutorando em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Atualmente é professor assistente da Universidade Federal de Sergipe. Endereço para correspondência: Av. Olímpio Grande, s/n, *Campus* Universitário Prof. Alberto Carvalho. Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Biociências. CEP: 49500-000, Itabaiana, Sergipe, Brasil. E-mail: rscarmo@ufs.br

**Nei Freitas Nunes Neto** é Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal da Bahia. Endereço para correspondência: Rua Barão de Jeremoabo, s/n, *Campus* Universitário de Ondina. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Geral. CEP: 40170-290. Salvador/BA, Brasil. E-mail: nunesneto@gmail.com

**Charbel Niño El-Hani** é Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor associado da Universidade Federal da Bahia. Endereço para correspondência: Rua Barão de Jeremoabo, s/n, *Campus* Universitário de Ondina. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Departamento de Biologia Geral. CEP: 40170-290. Salvador/BA, Brasil. E-mail: charbel.elhani@pq.cnpq.br

Recebido para publicação em 2/10/2016. Aceito, após revisão, em 25/11/2016.

|                |        |      |     |           |                |
|----------------|--------|------|-----|-----------|----------------|
| Acta Scientiae | Canoas | v.18 | n.3 | p.820-839 | set./dez. 2016 |
|----------------|--------|------|-----|-----------|----------------|

to the way they are formulated in three textbooks to the high school of this discipline in Brazil. We evaluate also, to a lesser extent, the role of the concepts of adaptation and natural selection with respect to its relations with teleology. The evaluation of textbooks to indicate that the use of functions and functional explanations have been given arbitrarily the school knowledge of biology, without a consistent epistemological foundation. This creates significant problems with a possible negative impact on student learning. In order to build a more solid foundation for the functional explanations in teaching biology, present two main approaches of the philosophical debate on the subject, with possible contributions to education, historical or etiologic perspective, proposed by Larry Wright, and systemic perspective proposed by Robert Cummins. In general, the contemporary debates on role in the biology of philosophy contribute to a more consistent structuring of ways to explain functionally and in the school context, can prevent serious misconceptions regarding the use of teleological language in education in biology. Moreover, as we point out, it is essential to recognize an important Darwin's contribution to the foundations of the biological sciences in the nineteenth century, precisely: the construction of a legitimate space for the application of a teleological language that is not committed to theological presuppositions.

**Keywords:** Function. Teleology. Textbooks. Biology Teaching.

## INTRODUÇÃO

Discussões sobre a linguagem teleológica são essenciais para abordar os fundamentos das ciências biológicas. Uma questão importante e estreitamente relacionada ao uso da linguagem teleológica na Biologia diz respeito à autonomia dessa ciência frente às outras ciências naturais, sobretudo, a Física e a Química (ARIEW et al., 2002; WOUTERS, 2005). Diversos filósofos têm defendido na literatura o caráter indispensável da linguagem teleológica para a Biologia, apesar das controvérsias que o uso de tal linguagem continua a suscitar na comunidade de filósofos e, principalmente, entre os pesquisadores em ensino de Biologia. O leitor interessado pode adquirir mais familiaridade com o debate a partir de trabalhos eminentemente filosóficos (e.g., GODFREY-SMITH, 1993; ALLEN et al., 1998; McLAUGHLIN, 2001; ARIEW et al., 2002; CAPONI, 2003; PERLMAN, 2004; WOUTERS, 2005; NUNES-NETO; EL-HANI, 2009). Nosso objetivo principal neste trabalho é discutir os modos pelos quais a linguagem teleológica tem sido utilizada no ensino médio de Biologia. Para isto, apoiamo-nos nas discussões filosóficas sobre a teleologia muito mais como uma fonte de desenvolvimentos intelectuais sobre o assunto do que propriamente como a área na qual este trabalho se insere. Entendemos que a História e a Filosofia da Biologia são disciplinas legítimas e relevantes em seu próprio direito, o que não impede, obviamente, que elas ofereçam contribuições valiosas para o ensino de Biologia.

Nesta perspectiva, inicialmente apresentaremos uma visão ampla dos debates sobre a linguagem teleológica na Filosofia da Biologia, com destaque para duas abordagens sobre o conceito de função, nomeadamente: (i) abordagem etiológica seletcionista e (ii) abordagem sistêmica<sup>1</sup>. No contexto da abordagem etiológica, trataremos, brevemente,

---

<sup>1</sup> Aqui uma ressalva se faz necessária. Mais rigorosamente, há, atualmente, três grandes abordagens sobre função em filosofia da biologia. Além da etiológica e sistêmica, existe também a abordagem organizacional. A abordagem organizacional, por ser mais recente, e ainda estar em desenvolvimento – inclusive no aspecto de sua transposição ou recontextualização didática –, não será abordada aqui. De todo modo, cabe mencionar que

da linguagem teleológica em Darwin. Em seguida, dedicaremos atenção ao ensino de Biologia através de uma análise sucinta sobre como a linguagem teleológica é utilizada em livros didáticos para o ensino médio dessa disciplina no Brasil. Nesse contexto, faremos nossas considerações sobre os usos legítimos e ilegítimos da linguagem teleológica no ensino de Biologia.

## A LINGUAGEM TELEOLÓGICA NA BIOLOGIA

A linguagem teleológica na Biologia se apresenta através de explicações formuladas para questões que solicitam ou a função ou o propósito ou o objetivo de algum item biológico (seja ele um comportamento ou uma estrutura). Por exemplo, algumas destas questões são: (i) “Quais as funções do complexo golgiense?” (AMABIS; MARTHO, 2005, v.1, p.151); (ii) “Que trabalhos especializados executam esses componentes [tronco cerebral, medula, cerebelo] do encéfalo?” (FROTA-PESSOA, 2005, v.1, p.272); (iii) “Qual a função da hirudina para a sanguessuga?” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER, 2005, p.225); (iv) Qual o objetivo do comportamento de corte do galo-da-serra-do-Pará (*Rupicola rupicola*)?; (v) Qual o propósito da viagem de Cristiano a Caxambu (MG)? Todas elas solicitam uma explicação teleológica. Isto é, enunciar a função, o objetivo ou o propósito da estrutura ou do comportamento em questão, num contexto específico, é oferecer uma explicação para a estrutura ou o comportamento. Este ponto foi sagazmente percebido pelo filósofo Larry Wright, conforme veremos na subseção abaixo. Assim, podemos dizer, em termos gerais, que uma explicação funcional é uma explicação que recorre à noção de função; uma explicação teleológica é uma explicação que recorre a fins (tipicamente reconhecida pelos termos objetivo, propósito, necessidade, função). Daí segue que a categoria das explicações teleológicas, no nosso entendimento, é maior e contém a categoria das explicações funcionais.<sup>2</sup> Em uma explicação teleológica, de acordo com Taylor (1964, grifo nosso), dizemos que um evento ocorre para certo fim, com um dado propósito, ou seja, que ele ocorre porque *é o tipo de evento que produz aquele fim*. O fato de que ele é o evento necessário para que se obtenha, num certo estado de coisas, o fim em que questão é considerado, em tal explicação, *condição suficiente para a ocorrência do evento*.

Apesar de muito presentes na Biologia, conceitos como função, objetivo, propósito, parecem estar ausentes na Física e na Química.<sup>3</sup> A explicação nessas ciências é

---

se trata de uma abordagem crescentemente influente na filosofia da biologia. Ela propõe uma síntese das duas abordagens anteriores, porém se situa mais na linhagem das abordagens sistêmicas. Caso o leitor deseje uma discussão mais abrangente sobre o assunto, sugerimos a leitura de Mossio, Saborido e Moreno (2009); Saborido, Mossio e Moreno (2011) e Nunes-Neto, Moreno e El-Hani (2014).

<sup>2</sup> Entretanto, devemos deixar claro, há quem discorde dessa interpretação. Robert Cummins (2002), por exemplo, argumenta que as explicações funcionais contêm as explicações teleológicas e sugere que as explicações teleológicas devem ser expurgadas da ciência, no sentido de que apenas alguns usos de função são epistemologicamente legítimos. Por outro lado, Richard Looijen (1998) entende as explicações funcionais como um subconjunto das explicações teleológicas, o que está de acordo com nossa interpretação.

<sup>3</sup> O uso do verbo “parecer”, nesta afirmação, exprime nossa prudência quanto a essa tese, principalmente devido às comunicações pessoais durante o “Encontro Darwin na Bahia” e aos resultados obtidos por Talanquer (2007). Numa análise qualitativa das explicações formais presentes em seis livros didáticos de Química Geral e

fundamentalmente de natureza nomológica, isto é, recorre a leis que subsumem o evento a ser explicado, como veremos adiante. E aqui, precisamente, está uma das distinções centrais entre a Biologia, de um lado, e a Física e a Química, de outro.

É importante notar que, no debate filosófico sobre teleologia, o conceito de função tem desempenhado um papel cada vez mais central, sobretudo a partir da década de 1970. Por isso, trataremos desse conceito, ao mesmo tempo em que nos ocuparemos dos conceitos de seleção natural e adaptação biológica, dada a relação entre eles apresentada pelo debate.

## **ABORDAGENS CENTRAIS SOBRE FUNÇÃO NA FILOSOFIA DA BIOLOGIA**

### **A abordagem etiológica selecionista**

Wright (1973) desenvolve uma abordagem explicitamente causal das funções, que é conhecida como abordagem etiológica selecionista. Na perspectiva de Wright, as atribuições de função são – num sentido forte – explanatórias. Para defender o poder explanatório forte da noção de função, é necessário, pois, separar as funções de outras atividades realizadas pelos organismos, aquelas que são realizadas por acaso. Para isto, ele esboça uma distinção fundamental entre o que deve ser entendido como função e o que deve ser interpretado como acidente. Na abordagem etiológica, função tem poder explanatório e acidente não. Wright argumenta que outros filósofos, como Carl Hempel, John Canfield, Richard Sorabji e Morton Beckner, que também estudaram a noção de função, não foram capazes de enunciar com clareza essa distinção, razão pela qual não puderam compreender o genuíno valor explanatório da noção de função. O equívoco desses filósofos, como Wright argumenta, está no tipo de pergunta que se propõe como uma solicitação para uma atribuição funcional. Por exemplo, a questão “Para que o fígado é bom?” não pode ser traduzida em “Porque certos animais têm fígado?”. Notem que a segunda pergunta requer uma explicação de um dado estado de coisas, num contexto particular. Tal explicação deve contar – na concepção de Wright – como uma atribuição de função ao fígado, a qual nos permite entender porque fígados existem em certos animais (precisamente, porque eles existem nos animais que os possuem). Por sua vez, a outra questão (“Para que o fígado é bom?”) permite muitas respostas diferentes, algumas das quais são, de fato, acidentes de um ponto de vista evolutivo. Por exemplo,

---

dois de Química Orgânica, amplamente utilizados no nível superior de Química nos Estados Unidos, Talanquer obteve resultados relevantes. Talanquer (2007, p.860) é categórico: “As explicações teleológicas estão, de fato, presentes nos livros didáticos de Química e elas normalmente ocorrem em explicações sobre transformações”. E o resultado mais importante para nós, qual seja, o de conhecer o modo e o contexto em que essas explicações são formuladas, é reconhecido por Talanquer (2007, p.860, grifo nosso): “A ocorrência de explicações teleológicas estão estreitamente relacionadas à existência de uma *regra*, *princípio*, ou *lei* que governa o comportamento do sistema, e explicitamente ou implicitamente implica na diminuição ou maximização de algumas propriedades intrínsecas (e.g., energia total, entropia, energia livre). Esta *lei* ou *princípio* tende a fornecer um sentido ou direção privilegiada na evolução de uma transformação”. Em vista desses resultados, devemos estar conscientes da necessidade de outras análises independentes das explicações na Química, bem como na Física.

podemos responder a essa última pergunta dizendo que “fígados são bons para serem comidos com cebola”. Em vista da vagueza da pergunta, essa não é uma resposta absurda, ela é aceitável. No entanto, o fato de que fígados sejam bons para serem comidos com cebola não ilumina, num sentido evolutivo, a etiologia dos fígados, posto que a noção de utilidade (presente em expressões como “serve para”, “útil para”, “bom para”) não dá conta dos usos de função em sistemas biológicos não intencionais. A utilidade do fígado mencionada acima, portanto, não pode ser a consequência de sua existência que explique por que alguns animais o têm. Em suma, a utilidade de um item biológico é, frequentemente, um acidente evolutivo, e enquanto tal, não tem poder explanatório no âmbito da Biologia.

Desse ponto de vista, as explicações funcionais, *contrariamente às explicações por utilidade*, podem ser ditas *etiológicas*, isto é, dizem respeito ao cenário causal que originou o fenômeno sob consideração. Wright entende, então, as explicações funcionais como explicações causais num sentido estendido. Entretanto, além de reconhecer o caráter causal das explicações funcionais, é necessário mostrar o que as torna diferentes das explicações causais ordinárias. Para isso, Wright argumenta que todos os exemplos contrários a uma atribuição funcional, que se baseiam em acidentes, podem ser evitados “se incluirmos como parte da análise algo sobre como X chegou ali (onde quer que seja): isto é, que ele existe *porque ele faz Z* – com um ‘porque’ etiológico” (WRIGHT, 1973, p.156, grifo do autor). Assim, ele propõe a primeira sentença do seu conceito de função:

(1) X existe *porque* ele faz Z.

Ou

Fazer Z é a *razão* de Z existir.

Ou

Que X faz Z é o *porquê* de ele existir.

(WRIGHT, 1973, p.157, grifo do autor)

Buscando uma definição suficiente de função, Wright analisa o caso do oxigênio e da hemoglobina, no qual, em sua visão, atribui-se função a algo indevidamente. Diz-se que o oxigênio se combina prontamente com a hemoglobina e que esta é a razão etiológica de ele ser encontrado na circulação sanguínea. Mas não é função do oxigênio combinar-se com a hemoglobina. A função do oxigênio é fornecer energia a partir das reações de oxidação. Combinar-se à hemoglobina é um meio para obter tal fim. Wright, referindo-se ao oxigênio, pretende mostrar de que maneira devemos entender o termo ‘porque’ na sentença “Ele existe porque fornece energia” (WRIGHT, 1973, p.159). A compreensão do ‘porque’ nessa sentença deve ser significativamente diferente da compreensão dessa palavra nesta outra afirmação: “Ele existe porque ele se combina com a hemoglobina” (WRIGHT, 1973, p.159). De acordo com Wright, as duas explicações sugerem diferentes tipos de etiologias. Nós não poderíamos afirmar que o monóxido de carbono (CO), que também é capaz de se combinar com a hemoglobina, estaria no sangue porque é capaz de

fornecer energia. Desse modo, é a própria natureza da etiologia que determina que haja etiologias especificamente *funcionais*. Quando nós dizemos que a função de X é fazer Z, nós estamos dizendo que X está ali porque faz Z, que X existe porque ele faz Z. Além disso, estamos explicando como X chegou ali, o que qualifica a explicação como etiológica; mas, apenas certos tipos de explicações etiológicas explicarão funcionalmente.

Torna-se necessário, para completar o conceito de função, fazer referência às consequências da presença de X. Obviamente, Z, sendo função de X, é também uma consequência de X, já que toda função é uma consequência, embora haja consequências que não são funções (e sim acidentes ou quaisquer outras coisas). Assim, ao fornecer uma explicação funcional de X apelando a Z, Z é sempre consequência ou resultado de X existir.

Assim, mediante a inclusão desta segunda sentença, a saber: “Z é uma consequência de X existir”, Wright (1973, p.161, grifo do autor) propõe sua definição do conceito de função e, por conseguinte, estabelece sua fórmula de atribuição funcional:

A função de x é z *significa* que:

- (a) X existe porque ele faz Z,
- (b) Z é uma consequência (ou resultado) de X existir.

Enquanto a primeira sentença da definição, (a), mostra a forma etiológica da atribuição/explicação funcional, a segunda, (b), descreve a convolução (*convolution*) que distingue etiologias funcionais de outras etiologias. De acordo com Wright, questões como “Por que ele existe?” ou “O que ele faz?” frequentemente se desdobram em “Que consequências ele tem que respondem por ele existir?”.

Wright argumenta que sua análise é altamente recomendável pelo fato de que ela elucida o conceito de seleção natural, apesar de não se restringir a esse tipo particular de seleção. De fato, a análise de Wright nos oferece uma fórmula curta e elegante para as atribuições funcionais que têm lugar na Biologia Evolutiva, em contraste com as definições de função apresentadas por filósofos anteriores. Além disso, ela tem um forte apelo, por ser capaz de fornecer uma boa distinção entre função e acidente. Contudo, é importante ressaltar, críticas importantes foram realizadas à abordagem de Wright e, de modo mais amplo, às concepções etiológicas de função.<sup>4</sup>

Merece nossa atenção uma crítica importante feita por Cummins à abordagem etiológica selecionista para a existência dos traços dos organismos. Numa abordagem etiológica, como a de Wright, os traços nos organismos são selecionados por causa dos efeitos que contam como suas funções e, portanto, existem nos organismos porque têm

---

<sup>4</sup> Uma crítica relevante foi feita por Cummins (2002). Pensamos que apesar das críticas à concepção etiológica de função, ela tem um valor legítimo na Filosofia da Biologia. Para mais detalhes sobre as críticas e o valor da concepção etiológica, recomendamos a leitura de Perlman (2004), também Nunes-Neto e El-Hani (2009) e Nunes-Neto; Moreno; El-Hani (2014).

as funções que realizam. Cummins reconhece que função tem um papel legítimo na prática científica, mas, para ele, a abordagem etiológica não captura, com suas explicações selecionistas, um papel legítimo para esse conceito. Nos termos de Cummins, “traços, mecanismos, órgãos biológicos etc. não existem por causa de suas funções. Eles existem por causa de suas histórias do desenvolvimento” (CUMMINS, 2002, p.162). De acordo com Cummins, os processos que produzem os traços biológicos são insensíveis à função dos traços, pois as funções são atividades realizadas pelas estruturas apenas após estas terem sido formadas pelo desenvolvimento. Sendo assim, do ponto de vista de sua crítica, função não pode ser usada para explicar a existência dos traços biológicos.

Nós concordamos em grande parte com essa crítica de Cummins que, segundo entendemos, é bem coerente com os argumentos de Sober. De acordo com Sober ([1984]1993), para entender a diversidade das espécies, precisamos dar conta de três tarefas explicativas: (i) o desenvolvimento individual de uma adaptação; (ii) a persistência de uma adaptação; e (iii) a origem de uma adaptação. A explicação para o desenvolvimento individual de um traço pode ser alcançada através do estudo da ontogenia do indivíduo. A explicação para a persistência exige, segundo Sober, que explicitemos o modo pelo qual o organismo foi favorecido no curso de sua história evolutiva. Por fim, a explicação para a origem do traço exige que determinemos os processos que originaram a informação genética codificada. A seleção natural explica somente por que um traço persiste em relação a outros traços, ou nas palavras de Sober ([1984]1993, p.152), ela

[...] pode explicar por que os organismos particulares sobrevivem e por que gozam de certo grau de sucesso reprodutivo. Porém, as propriedades fenotípicas e genotípicas dos indivíduos – [...] morfológicas, fisiológicas e comportamentos – caem fora do domínio próprio da seleção natural.

A seleção natural, sob este ponto de vista, é como um filtro que *elimina* os traços menos adaptativos, que existem antes mesmo da seleção natural (ARIEW, 2003, grifo nosso). Tais críticas ao uso irrestrito da seleção natural como único mecanismo explicativo para a mudança evolutiva precisam ser consideradas numa análise da abordagem etiológica de função.

A importância da abordagem filosófica de Wright está precisamente no fato de que ela busca elucidar a noção de seleção natural, como ele próprio sugere. Contudo, para construir sua abordagem, ele apoia-se no darwinismo ortodoxo, que era aceito como uma visão dominante em Biologia Evolutiva no início dos anos 1970. Por isto, faremos a seguir algumas considerações breves sobre seleção natural e adaptação, desde um ponto de vista histórico.

Em linhas gerais, o mecanismo de seleção natural adquire papel central no pensamento evolutivo a partir dos anos 1860, embora houvesse pesquisadores da época, autodenominados darwinistas, que não aceitavam a ideia de seleção natural, como Thomas H. Huxley, ou que não a compreendiam como tendo algum papel na evolução humana,

como Alfred R. Wallace (cf. BOWLER, 1983). Outra ideia central do darwinismo original era a de descendência comum, expressa pela metáfora da árvore da vida. Essa ideia, contudo, diferentemente da de seleção, era amplamente aceita entre os darwinistas e, portanto, os unia (BOWLER, 1983).

Na visão de Mayr (1977, 2005), a proposição do mecanismo de seleção natural foi a grande realização de Darwin, porque explica os fenômenos biológicos sem a necessidade de apelar para propósitos divinos ligados à noção de perfeição ou melhoramento. Como Darwin (1958, p.87) escreveu em sua *Autobiografia*:

O antigo argumento de design na natureza, como aceito por Paley, que inicialmente me pareceu tão conclusivo, falha, agora que a lei da seleção natural foi descoberta. Não podemos mais argumentar que, por exemplo, a bela dobradiça de uma concha bivalve deva ter sido feita por um ser inteligente, como a dobradiça de uma porta pelo homem.

Para Darwin, a seleção natural era o principal mecanismo que explica a adaptação das espécies ao meio físico. Em uma discussão quente com o filósofo da Biologia James Lennox, sobre a teleologia em Darwin, o historiador da Biologia Michael Ghiselin (1994) propõe – na interpretação do próprio Lennox – o seguinte argumento para defender a tese de que Darwin não era um teleologista: (i) As únicas explicações teleológicas “não triviais” são aquelas que apelam a projeto divino ou forças vitais internas; (ii) As explicações seletivas de Darwin não apelam a nenhuma. Logo, (iii) Darwin não era um teleologista. No entanto, como Lennox aponta, e nós concordamos, um grande conjunto de trabalhos da literatura contemporânea sobre teleologia nos mostra que a primeira premissa é falsa e, portanto, não devemos aceitar a conclusão de Ghiselin. Para Caponi (2003), a teleologia darwiniana está situada entre a teleologia teológica de Paley e o mecanicismo de Demócrito. Parece-nos que Darwin construiu um caminho do meio quanto à linguagem teleológica como espaço explicativo legítimo para a teleologia na Biologia, sem vínculo com as ideias de um *projetista sobrenatural, força vital, ou de intencionalidade* (cf. LENNOX, 1993; CAPONI, 2003; REGNER, 2006). Darwin propôs um mecanismo estritamente natural para explicar o que antes era objeto da teologia natural. De outro lado, o mecanismo de seleção natural impedia que as adaptações e a complexidade orgânica fossem explicadas por mera subsunção a leis mecânicas.

Porém, Darwin também aceitava a herança dos caracteres adquiridos proposta anteriormente por Lamarck e outros naturalistas. Isto explica, em parte, a relativa flexibilidade intelectual do darwinismo original, como Bowler (1983) aponta muito bem. Por exemplo, o darwinismo no período de 1860 a 1880 era defendido tanto por aqueles que aceitavam a seleção natural (e.g., o biólogo alemão August Friedrich Leopold Weismann [1834-1914]) quanto pelos que aceitavam a herança dos caracteres adquiridos (e.g., o paleontólogo norte-americano Edward Drinker Cope [1840-1897]).

Após esse período, o mecanismo de seleção natural adquiriu maior importância quando Weismann o assumiu como único princípio explicativo dentro da teoria da evolução. Nas palavras do mais dogmático selecionista da época, “toda a parte essencial de uma espécie não é meramente regulada pela seleção, mas produzida originalmente por ela” (WEISMANN, [1904]1983, p.312). Bowler (1992) e Mayr (2005) comentam que nem o próprio Darwin chegou a ser tão radical em seu entendimento do mecanismo de seleção natural.

Essa noção de Weismann de que a seleção natural é a causa primária da mudança evolutiva fenotípica e, além disso, a única explicação para as adaptações foi amplamente aceita após o movimento de fusão do mendelismo e do darwinismo, a partir da década de 1920 (GOULD; LEWONTIN, 1978). O programa de pesquisa adaptacionista compreende esta abordagem teórico-metodológica na Biologia Evolutiva que atribui à seleção natural os papéis causal, explicativo e preditivo da origem e existência das características funcionais encontradas nos seres vivos. Nesse programa, explicações alternativas para a origem das formas orgânicas são de menor importância e, via de regra, desconsideradas.

A partir dos anos 1960, entretanto, uma série de críticas foi desferida contra esse programa de pesquisa, na medida em que os estudos apresentavam evidências empíricas e avanços teóricos que evidenciavam os limites dos poderes causal, explicativo e preditivo da seleção natural no modelo darwinista. É interessante que, como consequência dessas críticas ao programa adaptacionista, o papel epistemológico do conceito de adaptação passou a ser questionado (SEPÚLVEDA; EL-HANI, 2007).

De fato, Sepúlveda e El-Hani (2007) identificam três desafios enfrentados por este conceito. Segundo esses autores, são desafios: (i) a proliferação de significados e a variação conceitual relativa ao termo ‘adaptação’; (ii) as dificuldades para testar e apoiar empiricamente hipóteses adaptacionistas acerca dos significados adaptativos de traços fenotípicos e de sua origem por seleção natural; (iii) as dificuldades que o conceito de adaptação formulado na perspectiva da teoria sintética da evolução apresenta para acomodar-se a avanços conceituais e empíricos da biologia evolutiva. Trata-se de desafios que se colocam inclusive para o ensino de Biologia, como veremos ao final deste trabalho.

## A ABORDAGEM SISTÊMICA DE FUNÇÃO

Examinemos agora o modelo proposto pelo filósofo Robert Cummins, a análise funcional, que pode ser vista como uma perspectiva sistêmica sobre as funções.<sup>5</sup> Em primeiro lugar, devemos notar que – *contra* Wright – Cummins (1975, 1983) considera

<sup>5</sup> A análise funcional de Cummins tem recebido diferentes nomes na literatura: “análise do papel intrasistêmico” (JOHANSSON, 2006, p.35), “teoria do papel causal” (WOUTERS, 1999, p.19), “abordagem do papel causal” (ROSENBERG; MCSHEA, 2008, p.90) e “abordagem sistêmica” (WOUTERS, 2005, p.125).

que as explicações funcionais podem ser realizadas, na Biologia, independentemente de considerações evolutivas:

[...] uma capacidade complexa de um organismo [...] pode ser explicada mediante apelo a uma análise funcional, independentemente de como essa capacidade se relaciona à capacidade do organismo de manter a espécie. (CUMMINS, 1975, p.756)

Cummins (2002, p.167) reitera esse ponto ao afirmar que a “análise funcional é anterior a, e independente de, avaliações de adaptatividade”. Ou, ainda, que “se algo tem ou não uma função, e qual aquela função acontece de ser, é inteiramente independente de se ela foi selecionada e aumentou de frequência” (CUMMINS, 2002, p.166).

Para Cummins, como apontamos acima, as abordagens sobre funções que antecederam à sua própria teriam sido mal orientadas, devido à insistência delas em considerar a função como algo que explica a existência ou presença do item organizmico sob consideração. Em suas palavras, tal apelo à noção de função “é um ato de desespero nascido do pensamento de que não há outro uso explicativo para a caracterização funcional na ciência” (CUMMINS, 1975, p.747). Cummins caracteriza sua abordagem, alternativa àquelas outras, como uma perspectiva não teleológica sobre as funções. Consoante a isto é sua proposta de que a teleologia deve ser eliminada da Biologia ou de sua Filosofia. Porém, discordamos fortemente de que a teleologia deve ser eliminada da Biologia e, até mesmo, que a perspectiva de Cummins sobre as funções seja não teleológica, como explicaremos mais adiante.

Assim, ele busca abordar o assunto de uma perspectiva diferente das abordagens etiológicas selecionistas, a saber: em termos de disposições e capacidades complexas, enquadrando sua teoria numa perspectiva sistêmica do mundo. Por exemplo, para Cummins (1975), se um objeto  $x$  funciona como uma bomba em um sistema  $s$ , ou se a função de  $x$  em  $s$  é bombear, então, dizemos, ele deve ter a disposição de bombear em  $s$ . Deste modo, Cummins captura um aspecto importante dos enunciados atribuidores de função, isto é, que eles implicam em enunciados disposicionais; ou seja, atribuir uma função a algo é, ao menos em parte, atribuir uma disposição a este algo. Exemplos de disposições são: dissolver, dilatar, elevar, bombear etc., as quais, para se realizarem, dependem de condições antecedentes que as precipitem. E, associadas às disposições, há, segundo ele, regularidades disposicionais.

Essas são regularidades observadas no comportamento de um tipo de objeto em virtude de alguns fatos especiais a seu respeito. Por exemplo, nem tudo é solúvel em água; as coisas que são, porém, se comportam de uma determinada maneira em virtude de uma característica especial, típica das coisas solúveis em água. Para Cummins, o que deve ser explicado é exatamente essa regularidade disposicional. Logo, explicar uma regularidade disposicional é explicar como manifestações da disposição são causadas,

dadas as condições necessárias precipitantes. Cummins descreve duas estratégias para realizar esta explicação: (i) a estratégia da subsunção<sup>6</sup> e (ii) a estratégia analítica.

A estratégia da subsunção consiste em submeter um caso particular, no qual um objeto manifesta certa disposição, a uma regularidade sobre aquela mesma disposição. Por exemplo, podemos explicar desta forma a disposição de uma barra de ferro de dilatar-se mediante o aumento de temperatura. Nesse caso, a explicação se dá através da aplicação de uma regularidade da Física, relativa à dilatação (digamos, a lei da dilatação linear dos corpos), associada a informações sobre o objeto particular em questão, como seu coeficiente de dilatação linear, a variação de temperatura a que o objeto foi submetido, a variação de seu comprimento, etc. Dito de outro modo, a regularidade cobre (ou compreende) o caso particular em questão e, em associação com as condições iniciais particulares, explica a manifestação da disposição no objeto<sup>7</sup>.

Essa estratégia se aplica relativamente bem a campos da ciência como a Física e a Química. Entretanto, sua aplicação à Biologia não é algo trivial. Tal estratégia dificilmente poderia ser aplicada a todos os campos dessa ciência com a mesma força. Na Biologia, há mais espaço para aplicar essa estratégia nas áreas mais próximas à Física e à Química, tais como a Biofísica e Bioquímica, com a ressalva de que as explicações nessas áreas demandam, frequentemente, também a estratégia analítica. Contudo, o ponto importante aqui é que nelas a estratégia da subsunção encontra um domínio de aplicação apropriado. Na Biologia Evolutiva, por sua vez, explicações que recorrem à estratégia da subsunção, mesmo que não careçam de justificativa lógica, não parecem satisfazer intelectualmente os cientistas envolvidos. Essa estratégia parece artificial, ou insatisfatória, quando aplicada a esse campo, porque normalmente a explicação evolutiva é, em boa medida, a narrativa de uma história particular.

A segunda estratégia proposta por Cummins, a analítica, procede de um modo diferente da anterior. Em vez de explicar a disposição dos objetos a partir da aplicação de uma lei geral, que cobre as proposições do fato a ser explicado, no âmbito da estratégia analítica, procedemos a uma análise da disposição do objeto em uma série de disposições menores que a compõem. Desse modo, certa disposição é explicada a partir de sua análise (ou decomposição) em disposições que a compõem. Cummins pretende oferecer um quadro explanatório completo, onde as duas estratégias se juntam numa abordagem unificada, que integra níveis de organização que contêm os objetos de diferentes ciências naturais (para detalhes sobre como se dá essa proposta, recomendamos a leitura de Cummins (1975), também Nunes-Neto e El-Hani (2009)).

Após a apresentação da estratégia analítica, Cummins propõe uma mudança de terminologia: “Quando a estratégia analítica está em perspectiva, se está apto a falar de capacidades (ou habilidades) mais do que de disposições” (CUMMINS, 1975, p.759).

<sup>6</sup> Subsunção significa conceber como incluído num conjunto. Assim, explicar por subsunção significa explicar o evento particular em questão a partir da indicação de que ele é um evento de um certo tipo, de que ele é uma instância particular da regularidade geral.

<sup>7</sup> Esta formulação corresponde ao modelo dedutivo-nomológico da explicação científica de Hempel e Oppenheim (1948) e, assim, está sujeito às mesmas críticas e aos mesmos limites (cf. SALMON, 1989).

Isso porque, de acordo com ele, frequentemente explicamos uma capacidade por meio de sua análise. Cummins oferece o exemplo de uma linha de montagem de uma indústria que ajuda a entender como a estratégia analítica pode capturar um uso adequado do termo função em diversas ciências. A produção numa linha de montagem é dividida em várias tarefas distintas. A capacidade da linha de produzir o produto se deve à capacidade de cada ponto ou componente da linha de realizar certas tarefas. Se estas tarefas são realizadas de um modo organizado, o resultado é o produto final. Assim, para Cummins, explicamos a capacidade da linha de montagem de produzir o produto apelando às capacidades dos componentes da linha de realizar suas tarefas específicas. O exercício, por certo componente, de sua capacidade específica é sua função na linha. Ou seja, a função de um componente da linha, para Cummins, é o que quer que seja que ele faça ao qual nós apelamos para explicar a capacidade da linha como um todo.

A proposta de Cummins pode ser mais bem compreendida se for colocada em contraste com a visão neoteleológica (que é o mesmo que abordagem etiológica de função). Em primeiro lugar, devemos notar, conforme aponta Cummins (2002, p.158), que

[...] enquanto a teleologia busca responder à questão por-que-ele-existe [*why-is-it-there*] respondendo à questão anterior o-que-ele-é-para [*what-is-it-for*], a análise funcional não se dirige de modo algum à questão por-que-ele-existe, mas à questão como-ele-funciona [*how-does-it-work*].

Em segundo lugar, diferentemente do que ocorre na abordagem de Wright (como, de resto, em todos os neoteleologistas), na qual os alvos da atribuição funcional e da explicação funcional são os mesmos – ou seja, atribuir função a algo é explicá-lo funcionalmente –, na perspectiva analítica de Cummins, explicação e atribuição funcional não coincidem, porque não se dirigem aos mesmos alvos. Enquanto atribuímos *função* a um *componente do sistema*, o *alvo da explicação* é uma *capacidade deste sistema continente* (CUMMINS, 2002, grifo nosso). Isso nos leva a perceber a mudança de foco que Cummins propõe em sua análise funcional, com relação às abordagens etiológicas de função. Para ele, o fenômeno que merece ser explicado não é a existência ou presença de certo item (como Wright propõe), mas sim uma capacidade (que desejamos compreender) de um sistema complexo. Em suma, função é algo a que nós apelamos para explicar a capacidade de um sistema continente, não para explicar por que algum item existe em tal sistema<sup>8</sup>.

Pode-se argumentar que, embora certamente distinta da abordagem etiológica, que busca explicar por que algum item está presente num dado organismo, a análise funcional

---

<sup>8</sup> Logo, mesmo os efeitos das partes do sistema que, na visão de Wright, seriam acidentes, podem ser usados na análise funcional de Cummins para explicar a realização de uma capacidade complexa do sistema do qual este componente é parte. Tudo o que é exigido, da perspectiva analítica de Cummins, é que a capacidade da parte contribua para a realização da capacidade sistêmica, seja ela função ou acidente, nos termos de Wright ou de outros autores neoteleologistas (para detalhes sobre este ponto, ver NUNES-NETO; EL-HANI, 2009; NUNES-NETO; MORENO; EL-HANI, 2014).

preserva, ainda assim, um caráter teleológico. Isso pode ser denunciado por formulações como a de que explicamos funcionalmente quando identificamos qual contribuição uma parte de um sistema faz *para* uma capacidade de um sistema continente. Deste modo, podemos ver a análise funcional de Cummins como uma sistematização da “teleologia intraorgânica” a que aludia Claude Bernard (cf. CAPONI, 2003). Temos, portanto, uma perspectiva sob a qual podemos qualificar a abordagem de Cummins como teleológica, ainda que ele diga negue tal compromisso de sua teoria.

Assim, a título de conclusão desta seção, é importante notar que as duas abordagens sobre função aqui analisadas (a etiológica e a sistêmica) são, do nosso ponto de vista, teleológicas, ainda que apoiem sentidos diferentes do termo teleologia. Essas duas teleologias são, inclusive, representativas da linguagem usada em cada uma das duas áreas da Biologia (a Biologia Funcional e a Biologia Evolutiva). Para mais detalhes sobre este ponto, recomendamos a leitura de Caponi (2003).

## **A LINGUAGEM TELEOLÓGICA NA BIOLOGIA: A CONTROVÉRSIA SOBRE ANTROPOMORFISMO NO ENSINO DE BIOLOGIA**

No ensino de Biologia, em particular, o debate sobre a legitimidade das explicações teleológicas está relacionado a muitas questões controversas do desenvolvimento do próprio pensamento biológico. Neste trabalho, cobriremos, sobretudo, o conceito de função, mas trataremos também das noções de adaptação e seleção natural. Vejamos, a seguir, brevemente, algo sobre a controvérsia em torno do antropomorfismo no ensino de Biologia e sua relação com a teleologia. Após esta discussão, analisaremos a noção de função nos livros didáticos.

Há controvérsias importantes a respeito do conceito de adaptação biológica e do mecanismo de seleção natural. A noção do que seja uma adaptação biológica e a compreensão dos principais mecanismos que a produzem ou explicam-na são fundamentais no modelo de explicação darwinista para as mudanças evolutivas das formas vivas. Contudo, devemos salientar que esse conceito e o mecanismo de seleção natural têm sido interpretados de diferentes modos ao longo da história da biologia e, desde a década de 1960, com a crítica ao programa adaptacionista, a relevância deles no modelo darwinista tem sido revista.

Entre estas dificuldades, destacamos aqui a primeira identificada por Sepúlveda e El-Hani (2007), qual seja, a da diversidade de significados atribuídos ao termo ‘adaptação’. Como Clough e Wood-Robinson (1985) relatam, estudantes do ensino médio de Biologia frequentemente relacionam a origem das adaptações a alguma forma de teleologia. Em particular, ao que estes autores chamam de “teleologia promíscua”, os estudantes relacionam a origem das adaptações a um propósito pré-determinado; em outra forma, que pode ser dita antropomórfica, os estudantes atribuem uma finalidade consciente aos organismos na perspectiva de que eles mudam para responder às demandas do ambiente.

Esta estreita relação das explicações teleológicas com as explicações antropomórficas ou intencionais merece nossa atenção porque parece depor contra a legitimidade das explicações teleológicas no ensino de Biologia e, de acordo com Jungwirth (1975), contribui para que a comunidade de pesquisadores em educação científica rejeite-as. Essa rejeição está expressa, por exemplo, no manual do professor do currículo BSCS (*Biological Science Curriculum Study*), como Schwab (1963, p.93) nos aponta: “A primeira de nossas preocupações é a questão atormentadora da ‘teleologia’. Uma inaceitável forma de explicação teleológica é contrastada com a aceitável interpretação ‘funcional’”.

Na Biologia, em particular, Mayr (1988) reconhece que, por representar sempre um antropomorfismo questionável, as explicações teleológicas são colocadas sob suspeita. Essa suspeita deve ser levada em conta, pois explicar fenômenos não intencionais em termos de intenções, previsão, planejamento, é um procedimento equivocados. Porém, como o próprio Mayr (1988) reconhece, esta objeção tradicional lançada contra as explicações teleológicas – e reforçada por autores como Schwab – não se sustenta. Ela não resiste a uma análise dos modos de explicar dos biólogos, e também da literatura filosófica sobre teleologia. Há fenômenos que podem ser descritos como teleológicos, mas que não são fenômenos intencionais. Em decorrência, as explicações desses fenômenos podem ser teleológicas sem que, para isso, devam ser intencionais. Apesar de todo o receio às explicações teleológicas, temos exemplos na Biologia de explicações teleológicas que não recorrem a fins conscientes, mas sim aos conceitos de “objetivo” e “função”, o que as caracteriza como teleológicas.

Assim, não nos parece correta a tese de que a teleologia implica sempre em antropomorfismo, como Weiss (1975, p.12) defende, ou que a teleologia é um tipo especial de antropomorfismo (e.g., TAMIR; ZOHAR, 1991), ou que são modos equivalentes de explicação (e.g., ZOHAR; GINOSSAR, 1998) e bem próximos do animismo (GALLANT, 1981). A defesa dessas teses por tais autores, que são pesquisadores em ensino de ciências, alimenta a rejeição que a comunidade de ensino de Biologia mantém para a formulação de explicações teleológicas. Este “*taboo*”, como Zohar e Ginossar (1998) escrevem, precisa ser quebrado, notadamente porque não há evidências de que proibir os estudantes de formular explicações teleológicas contribui para que eles sejam mais corretos cientificamente. O reconhecimento de que há na Biologia explicações teleológicas que recorrem aos conceitos de “objetivo” e “função” contribui para superar o tabu, na medida em que nos permite estudá-las sob a perspectiva das abordagens sobre função elaboradas na Filosofia da Biologia.

## **UMA ANÁLISE DO CONCEITO DE FUNÇÃO EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA**

Ao analisarmos o número de ocorrências de atribuições funcionais nas obras didáticas de Frota-Pessoa (2005), Linhares e Gewandzajn (2005), e Amabis e Martho (2005), três das nove obras aprovadas pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM/2007) e selecionadas neste trabalho pelo critério de aceitação

(baixa, média, alta, respectivamente) pelos professores do ensino médio (cf. EL-HANI et al., 2007), o primeiro resultado relevante é que elas tipicamente predominam nos conteúdos estudados no campo da Biologia Funcional. Nas unidades dedicadas ao estudo dos aspectos estruturais e funcionais de moléculas e células (Citologia), tecidos (Histologia) e órgãos (Fisiologia), os autores recorrem explicitamente a uma linguagem funcional por diversas vezes. Entretanto, tais explicações funcionais parecem distantes de qualquer das perspectivas filosóficas discutidas neste trabalho e, de fato, muitas delas mostram-se equivocadas e sem sentido.

Há casos em que as explicações teleológicas e funcionais são legítimas e auxiliam os estudantes a compreender os fenômenos biológicos. No capítulo “Diversidade e Reprodução das Plantas”, Amabis e Martho (2005, v.2, p.177) explicam, de uma perspectiva etiológica, o papel evolutivo dos frutos nos seguintes termos:

Na história evolutiva das plantas, o principal papel do fruto deve ter sido a proteção das sementes; posteriormente, ocorreram adaptações que conferiram ao fruto a função de disseminar as sementes, fazendo-as chegar a lugares mais distantes da planta que as produziu. Por um lado, isso garante que as novas plantas não concorram com sua genitora e suas irmãs pelos recursos do ambiente; por outro lado, permite que elas se espalhem e colonizem novos ambientes, com maior chance de sobrevivência da espécie.

Nessa explicação, os autores recorrem à função do fruto para o sucesso reprodutivo das angiospermas. Ao mesmo tempo em que narram fatos da história evolutiva, os autores distinguem, entre outras funções, aquela função que explica a sua existência e aquelas funções que explicam a sua persistência. À luz da abordagem etiológica de Wright (1973, p.152), podemos dizer que a proteção da semente é a etiologia especificamente funcional para a existência do fruto, e as adaptações posteriores, com a função de disseminar as sementes, simplesmente contribuíram – por acidente – para a sobrevivência das angiospermas.

Na obra de Linhares e Gewandsznajder (2005), encontramos também exemplo de explicação teleológica legítima. No capítulo “Morfologia Vegetal”, Linhares e Gewandsznajder (2005, p.336) buscam descrever a morfologia externa dos diferentes tipos de folhas, mas antes explicam esse órgão vegetal:

A folha é um órgão laminar, clorofilado, especializado na realização da fotossíntese. A superfície laminar contribui muito para a fotossíntese, pois além de facilitar a absorção de gás carbônico, permite que grande número de cloroplastos fique exposto à luz.

Está claro que essa explicação pode ser situada no referencial teórico da abordagem sistêmica. Mas, para isso, os autores deveriam tomar como objetivo explanatório a capacidade da folha em realizar fotossíntese, em vez de descrever a sua forma.

A explicação de Frota-Pessoa (2005) sobre o sangue humano também pode ser interpretada de uma perspectiva sistêmica. No capítulo “Os Tecidos dos Animais”, esse autor está interessado em explicar a composição do sangue e afirma:

No plasma, formado por mais de 90% de água, existem inúmeras substâncias dissolvidas, tais como íons e proteínas, que contribuem para manter o pH neutro do sangue humano (7,4) e para regular as trocas osmóticas de suas células. (FROTA-PESSOA, 2005, v.1, p.141)

Entendemos que essa explicação funcional pode ser vista de uma perspectiva sistêmica, como aquela de Cummins, desde que o objetivo não seja o de explicar a composição sanguínea (como Frota-Pessoa pretende), mas sim a capacidade desse tecido em manter o pH neutro pela função dos seus componentes (e.g., água, íons, proteínas, etc.).

Em outros casos, entretanto, as explicações teleológicas e funcionais oferecidas trazem mais problemas do que propriamente compreensão para os estudantes. Nesse mesmo capítulo, Frota-Pessoa (2005, v.1, p.142) explica que o sangue é um tecido conjuntivo e que “a função das hemácias é transportar oxigênio, além de parte do dióxido de carbono, em quantidade maior do que faria igual volume de plasma”. Ao atribuir às hemácias a função de transportar dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o autor nos permite perceber que não tem na devida conta a distinção entre função e acidente construída no contexto da abordagem histórica de Wright. A função das hemácias é, de uma perspectiva etiológica, oferecer energia a partir das reações de oxidação, sendo uma mera casualidade carrear outro gás.

Ainda nessa obra didática, há outra explicação teleológica ilegítima, porque leva os estudantes a uma compreensão equivocada do processo evolutivo. No capítulo “Variação e Seleção Natural”, Frota-Pessoa (2005) explica:

As espécies atuais resultaram de uma longa evolução, que selecionou combinações genéticas convenientes para os organismos viverem em seu ambiente. Nesse sistema, já *ultra-aperfeiçoado*, uma nova mutação tem grande probabilidade de ser desastrosa. É como se trocássemos, ao acaso, uma ligação em um computador, na *esperança* de que ele passasse a funcionar melhor. (FROTA-PESSOA, 2005, v.3, p.142, grifo nosso)

Essa explicação deve ser lida com muito cuidado porque, precipuamente, não é corroborada no campo da Biologia Evolutiva e não pode ser interpretada nem de uma perspectiva etiológica nem de uma perspectiva sistêmica. Através da analogia com uma máquina, estratégia recorrente em explicações em outros capítulos da obra didática, o autor explica a evolução como um processo teleológico. Dito de outro modo, Frota-Pessoa

atribui um fim pré-determinado ao processo evolutivo, a saber: o aperfeiçoamento das espécies. De fato, a adaptação dos organismos ao ambiente também chamou a atenção de Darwin, mas, com base no processo de seleção natural, ele rejeitou a noção de perfeição completa:

Quase toda parte de todo ser orgânico está tão maravilhosamente relacionada à sua condição complexa de vida que se afigura como improvável que qualquer parte deva ter sido produzida perfeita repentinamente, como a de uma máquina complexa deva ter sido desenhada pelo homem em um estado perfeito. (DARWIN, [1859]1964, p.58-59)

Aqui está, portanto, uma excelente oportunidade para deixarmos claro que defendemos a legitimidade das explicações teleológicas nas ciências biológicas, mas, em nenhuma parte do nosso texto, escrevemos que o processo evolutivo é teleológico. O processo evolutivo não tem qualquer direção definida *a priori* e não tende à perfeição. Em nossa interpretação, Darwin não eliminou a teleologia da Biologia, como se pode pensar (e.g., GHISELIN, 1994). Pelo contrário, Darwin foi quem encontrou no século XIX um espaço legítimo para a teleologia, sem comprometer-se com qualquer pressuposto de natureza teológica.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os usos de função nos livros didáticos de biologia carecem de uma base epistemológica consistente. Por vezes, os estudantes são levados a entender que o processo evolutivo é dirigido a um fim, tipicamente, o aperfeiçoamento dos organismos e de suas partes (por exemplo, Frota-Pessoa). Além disso, os autores empregam explicações funcionais para referir-se a estruturas que tenham alguma utilidade. Esse ponto de vista, como discutimos nas seções anteriores, é problemático. Para ilustrar que a adoção de uma perspectiva baseada na simples ideia de utilidade produz equívocos na aprendizagem de biologia, tomemos como exemplo o caso do chamado “DNA sucata”. Em síntese, podemos dizer que são porções do genoma de função desconhecida ou aparentemente sem função para o organismo, que surgem por causa de fatores estocásticos, como a deriva genética aleatória, e a pressão de mutação. Contudo, é relevante entender que não ter função conhecida para o organismo não significa ausência de função. Interessante que as porções de “DNA sucata” parecem não ter relevância para a sobrevivência e reprodução do organismo, mas temos compreendido que esses materiais são mesmo sucatas, não “lixos”. Dito de outro modo, são subprodutos não adaptativos da evolução, mas que contribuem para o aumento da matéria-prima evolutiva, na medida em que trechos podem ser reaproveitados, impulsionando a inovação evolutiva. Esse exemplo ajuda a ter mais clareza entre uma posição adaptacionista e uma posição não adaptacionista. Com efeito, as explicações oferecidas nos livros didáticos são uma marca de que os autores se mantêm agarrados a uma perspectiva adaptacionista que tem sido criticada desde a década de

1970, confundindo o entendimento dos conceitos de função e adaptação (ver GOULD; VRBA, 1982 e SEPÚLVEDA; EL-HANI, 2008).

A teleologia dos livros didáticos não é a forma adequada de teleologia que persiste na biologia contemporânea. Os referenciais da filosofia da biologia, pelo menos os de Wright e Cummins, discutidos neste artigo, devem ser mobilizados; mais do que isso: devem ser recontextualizados. Os estudantes devem ser capazes de, minimamente, compreender os modos de pensar e falar que caracterizam a biologia.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Ed.). *Nature's Purposes: Analyses of function and design in Biology*. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia*. São Paulo: Scipione, 2005. 3v.
- ARIEW, A.; CUMMINS, R.; PERLMAN, M. (Ed.). *Functions: New essays in Philosophy of Psychology and Biology*. Oxford: Oxford University Press, 2002.
- ARIEW, A. Natural selection doesn't work that way: Jerry Fodors vs. evolutionary psychology on gradualism and saltacionism. *Mind and Language*, v.18, p.478-483, 2003.
- BOWLER, P. J. *Evolution: The history of an idea*. Berkeley. University of California Press, 1983.
- BOWLER, P. J. *The non-darwinian revolution: Reinterpreting a hystorical myth*. London: Johns Hopkins University Press, 1992.
- CAPONI, G. Os modos da teleologia em Cuvier, Darwin e Claude Bernard. *Scientiae Studia*, v.1, p.27-41, 2003.
- CUMMINS, R. Functional Analysis. *The Journal of Philosophy*, v.72, p.741-765, 1975.
- CUMMINS, R. *The Nature of the Psychological Explanation*. Cambridge: MIT Press, 1983.
- CUMMINS, R. Neo-teleology. In: ARIEW, A.; CUMMINS, R.; ROBERT, P.; PERLMAN, M. (Ed.). *Functions: New essays in Philosophy of Psychology and Biology*. Oxford: Oxford University Press, 2002. p.157-172.
- CLOUGH, E. E.; WOOD-ROBINSON, C. How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, v.19, 1985.
- DARWIN, C. *On the Origin of Species*. Cambridge: Harvard University Press, [1859]1964.
- DARWIN, C. *The Autobiography of Charles Darwin*. London: Collins, 1958. Edição de: Nora Barlow.
- EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. Livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 2007. p.a199.
- FROTA-PESSOA, O. *Biologia*. São Paulo: Scipione, 2005. 3v.
- GALLANT, R. A. Pitfalls of personification. *Science and Children*, v.19, 16-17, 1981.

GODFREY-SMITH, P. Functions: Consensus Without Unity. *Pacific Philosophical Quarterly*, v.74, p.196-208, 1993.

GOULD, S.; LEWONTIN, R. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of The Royal Society of London*, v.205, p.581-598, 1978.

GOULD, S.; VRBA, E. S. Exaptation – a missing term in the science of form. *Paleobiology*, v.8, p.4-15, 1982.

GHISELIN, M. T. Darwin's Language may Seem Teleological, but his Thinking is Another Matter. *Biology and Philosophy*, v.9, p.489-492, 1994.

HEMPEL, C.; OPPENHEIM, P. Studies in the Logic of Explanation. *Philosophy of Science*, v.15, 135-175, 1948.

JOHANSSON, I. The Constituent Function Analysis of Functions. In: KOSKINEN, H. J.; PIHLSTRÖM, S.; VILKKO, R. (Ed.). *Science: A Challenge to Philosophy?* Frankfurt: Peter Lang, 2006. p.35-45.

JUNGWIRTH, E. Caveat mentor: let the teacher beware! *Research in Science Education*, v.5, p.153-160, 1975.

LINHARES; S.; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia*. São Paulo: Ática, 2005. 552 f.

LENNOX, J. G. Darwin was a Teleologist. *Biology and Philosophy*, v.8, p.409-421, 1993.

LOOIJEN, R. C.; Functional Explanations in Biology. In: \_\_\_\_\_. *Holism and Reductionism in Biology and Ecology: The mutual dependence of higher and lower level research programmes*. University Library Groningen: Groningen, 1998.

MAYR, E. Darwin and natural selection. *American Scientist*, v.75, p.321-327, 1977.

MAYR, E. *Toward a New Philosophy of Biology: Observations of an evolutionist*. Cambridge: Harvard University Press, 1988.

MAYR, E. *Biologia: ciência única*. Tradução Marcelo Leite, São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

McLAUGHLIN, P. *What Functions Explain: Functional Explanation and Self-regulating Systems*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

MOSSIO, M.; SABORIDO, C.; MORENO, A. An Organizational Account of Biological Functions. *British Journal for the Philosophy of Science*, v.60, p.813-41, 2009.

NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. O que é função? Debates na filosofia da biologia contemporânea. *Scientiae Studia*, v.7, p.353-401, 2009.

NUNES-NETO, N. F.; MORENO, A.; EL-HANI, C. N. Function in Ecology: An organizational approach. *Biology and Philosophy*, v.29, p.123-41, 2014.

PERLMAN, M. The Modern Philosophical Resurrection of Teleology. *The Monist*, v.87, p.3-51, 2004.

REGNER, A. C. K. O conceito darwiniano de causalidade. In: MARTINS, L. A.-C. P.; REGNER, A. C. K.; LORENZANO, P. (Ed.). *Ciências da Vida: estudos filosóficos e históricos*, 2006. p.29-66.

ROSENBERG, A.; McSHEA, D. *Philosophy of Biology: A contemporary introduction*. New York: Routledge, 2008.

- SABORIDO, C.; MOSSIO, M.; MORENO, A. Biological Organization and Cross-Generation Functions. *British Journal for the Philosophy of Science*, v.62, p.583-606, 2011.
- SALMON, W. C. *Four Decades of Scientific Explanation*. In: KITCHER, P.; SALMON, W.C. (Ed.). Minneapolis: University of Minnesota Press, 1989.
- SCHWAB, J. J. (Ed.). *Biology teacher's handbook*. New York: John Wiley & Sons, 1963.
- SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Controvérsias sobre o conceito de adaptação e suas implicações para o ensino de evolução. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: UFSC, 2007. p.1-13.
- SEPÚLVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Adaptacionismo versus Exaptacionismo: o que este debate tem a dizer ao ensino de evolução? *Ciência & Ambiente*, v.36, p.93-124, 2008.
- SOBER, E. *The nature of selection*. Chicago: University of Chicago Press, [1984]1993.
- TALANQUER, V. Explanations and Teleology in Chemistry Education. *International Journal of Science Education*, v.29, p.853-870, 2007.
- TAMIR, P.; ZOHAR, A. Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Science Education*, v.75, 57-67, 1991.
- TAYLOR, C. *The Explanation of Behaviour*. London: Routledge & Kegan Paul, 1964.
- WEISMANN, A. *The evolutionary theory*. Tradução J.A. Thomson e M.R. Thomson. New York: AMS Press, 1983. 2 v.
- WEISS, P. B. *The science of biology*. New York: McGraw-Hill, 1975.
- WOUTERS A. *Explanation without a Cause*. 1999. 287f. Tese (Doutorado em Filosofia da Ciência) – Leiden Utrecht Research Institute of Philosophy, Leiden, 1999.
- WOUTERS, A. The Function Debate in Philosophy. *Acta Biotheoretica*, v.53, p.123-151, 2005.
- WRIGHT, L. Functions. *The Philosophical Review*, v.82, p.139-168, 1973.
- ZOHAR, A.; GINOSSAR, S. Lifting the Taboo Regarding Teleology and Anthropomorphism in Biology Education – Heretical Suggestions. *Science Education*, v.82, p.679-697, 1998.