

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

João Vicente Alfaya dos Santos

CONCEPÇÕES DE PROGRESSO BIOLÓGICO EM LIVROS  
DIDÁTICOS DE BIOLOGIA APROVADOS PELO PNL D 2012

Florianópolis  
2013



JOÃO VICENTE ALFAYA DOS SANTOS

Concepções de progresso biológico em livros didáticos de Biologia  
aprovados pelo PNLD 2012

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica. Área de concentração: Ensino e Aprendizagem das Ciências.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vivian Ellwanger  
Leysner

Coorientador: Prof. Dr. José de Pinho Alves  
Filho

Florianópolis - SC  
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Alfaya-Santos, João Vicente

Concepções de progresso biológico em livros didáticos de  
Biologia aprovados pelo PNLD 2012 / João Vicente Alfaya-  
Santos ; orientadora, Vivan Ellwanger Leyser ; co-  
orientador, José de Pinho Alves Filho. - Florianópolis,  
SC, 2013.

168 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas.  
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica.

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Progresso  
evolutivo. 3. Progresso biológico. 4. Ensino de Evolução. 5.  
Livro didático. I. Ellwanger Leyser, Vivan. II. Alves  
Filho, José de Pinho . III. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e  
Tecnológica. IV. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E  
TECNOLÓGICA

“Concepções de progresso biológico em livros didáticos de Biologia  
aprovados pelo PNLEM 2012”

Dissertação submetida ao Colegiado  
do Curso de Mestrado em Educação  
Científica e Tecnológica em  
cumprimento parcial para a obtenção  
do título de Mestre em Educação  
Científica e Tecnológica

**APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 03/05/2013**

Prof.ª Dr.ª. Vivian Ellwanger Leyser (PPGECT/UFSC – Orientadora) Vivian Ellwanger Leyser  
Prof. Dr. José de Pinho Alves Filho (PPGECT/UFSC – Co-orientador) J. P. Alves Filho  
Prof.ª Dr.ª. Fernanda Aparecida Meghioratti (UNIOESTE– Examinadora) Fernanda A. P. Meghioratti  
Prof.ª Dr.ª. Adriana Mohr (PPGECT/UFSC - Examinadora) Adriana Mohr  
Prof.ª Dr.ª. Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli (PPGECT/UFSC – Suplente) SM

Dr. Carlos Alberto Marques  
Coordenador do PPGECT

João Vicente Alfaya dos Santos  
**JOÃO VICENTE ALFAYA DOS SANTOS**  
Florianópolis, Santa Catarina, maio de 2013.



## *DEDICATÓRIA*

*Para Elizabeth e Valdecir, pelo amor e paciência.*

*Para Tia Vivian e Tio Pinho, pelos exemplos e ensinamentos.*





## AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos aqui destinados referem-se a uma caminhada que começou antes mesmo destes dois anos de Mestrado. Gostaria de começar pelas amizades que fiz ao longo da minha trajetória na UFSC e que me incentivaram demais a seguir essa carreira de pesquisador que se inicia. Em especial a Fernanda Soares Bueloni, Alice Gerlach, Marisa Campos, Matheus Sovernigo e Fabiano Pacheco.

Agradeço também aos amigos de fora desse “mundinho” que me apoiaram e em muitas vezes compreenderam minha relativa ausência da vida social durante esta caminhada: Gustavo Salvador, Débora Quinaud, Daniel Endo e Flávio Silva.

Agradeço demais ao Laboratório de Novas Tecnologias (LANTEC) e a toda sua equipe. Foi esse grupo que me possibilitou trabalhar com educação, descobrir novas áreas de interesse e, principalmente, por ter sido através dele que tomei conhecimento do programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT). Um agradecimento especial vai para as amizades que foram conquistadas lá: Alexandre Oliveira, Rafael Naravan, Thiago Rocha, Priscilla Stuart, Gabriele Reses, Elizandro Maurício, Franciso Soares, Sabine Schweder, Juliana Machado, Claudia Kautzmann, Luiziane, Vanessa, Claudia Minatti, Luiz Fernando, Rafael Sardá, Isabela Benfica, João Paulo, Aline, Adriano Né e Cristiane Felisbino. Agradeço também a toda coordenação do curso de licenciatura em Ciências e Biologia, modalidade a distância.

Gostaria também de ressaltar a importância que os grupos de discussão tiveram (e ainda têm). A vivência propiciada pelo COMUNIC, FIL da BIO e CASULO foi fantástica. Aos colegas do FIL da BIO, pelas ótimas divagações. Ao CASULO, pelas reuniões, reflexões, conversas descompromissadas e saídas para jantar. Espero continuar fazendo parte desse grupo por muito tempo.

Agradeço ao PPGECT, por ter-me proporcionado um verdadeiro “desvelamento”, e a todos seus professores, em especial a Vivian Ellwanger Leyser, José de Pinho Alves Filho, Frederico Firmino de Souza Cruz, Sonia Maria de Souza Cruz, Carlos Alberto Marques,

Adriana Mohr, Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli, Andrea Brandão Lapa e Henrique César da Silva.

Pela gentil doação dos livros, devo um forte agradecimento à Secretaria Estadual de Educação. Sem esse gesto, uma pesquisa como esta teria sido inviável.

Pela análise do projeto de qualificação, agradeço às professoras Adriana Mohr, Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli e Fernanda Aparecida Meglhioratti.

Pela acolhida, pela compreensão e pelos ensinamentos, um agradecimento eterno à **Tia Vivian**. A sua ajuda foi fundamental para chegar até aqui. **MUITO OBRIGADO!**

Pelas broncas, ensinamentos e risadas, ao **Tio Pinho**. Porque desde o dia em que ele me falou “você não é um aluno, você é um karma!”, percebi que nos daríamos muito bem. E não foi diferente! **VALEU TIO!**

Aos colegas do Mestrado que me acompanharam nesta caminhada, nas horas boas e não tão boas, nos momentos de tensão para enviar artigo dentro do prazo para os eventos e nas horas de conversa mole nos bares. Obrigado, André Rocha, Barbara Souza, Catarine, Marcelo D’Aquino e Ana Paula.

Pelo apoio financeiro fornecido através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço a todos aqueles que, sabendo ou não, financiam a pesquisa e a educação neste país.

Por último, mas não menos especial, agradecimentos com todo meu carinho a **Elizabeth Alfaya dos Santos** e **Valdecir Avila dos Santos**. **Por tudo.**

## ***EPÍGRAFE***

*Como seria bom se a natureza do saber fluísse do mais pleno ao mais carente quando estamos juntos, à maneira da água que escorre do copo mais cheio ao mais vazio através do fio de lã.*

***Platão (O Banquete)***

*Não me iludo  
Tudo permanecerá  
Do jeito que tem sido  
Transcorrendo Transformando  
Tempo e espaço navegando  
Todos os sentidos...*

*Pães de Açúcar, Corcovados  
Fustigados pela chuva E pelo eterno vento...*

*Água mole  
Pedra dura  
Tanto bate Que não restará  
Nem pensamento...*

*Tempo Rei!  
Oh Tempo Rei! Oh Tempo Rei!  
Transformai, As velhas formas do viver  
Ensinaí-me Oh Pai!  
O que eu, ainda não sei  
Mãe Senhora do Perpétuo  
Socorrei!...*

*Pensamento!  
Mesmo o fundamento  
Singular do ser humano  
De um momento, para o outro  
Poderá não mais fundar  
Nem gregos, nem baianos...*

*Mães zelosas  
Pais corujas  
Vejam como as águas  
De repente ficam sujas...*

*Não se iludam  
Não me iludo*

*Tudo agora mesmo  
Pode estar por um segundo...*

*Tempo Rei!  
Oh Tempo Rei! Oh Tempo Rei!  
Transformai  
As velhas formas do viver  
Ensinai-me Oh Pai!  
O que eu, ainda não sei  
Mãe Senhora do Perpétuo  
Socorrei!...*

**(Tempo Rei - Gilberto Gil)**



## RESUMO

As pesquisas já produzidas sobre o ensino de Evolução Biológica apontam que tanto professores como alunos, quando indagados sobre processos evolutivos, compartilham pontos em comum, como o de que a Evolução Biológica é linear, visa ao melhoramento dos organismos e possui um propósito último. Essa variedade de interpretações aponta para uma questão central para o entendimento da Evolução Biológica: a existência (ou não) de progresso. Sobre esse tema debruçaram-se, ao longo do tempo, autores como Charles Darwin, Francisco José Ayala e Stephen Jay Gould, cujos argumentos são debatidos no presente trabalho, constituindo o pano de fundo para uma investigação que visa identificar e caracterizar os entendimentos associados ao progresso biológico/evolutivo, presentes em um dos principais recursos didáticos utilizados na escola, os livros didáticos, neste caso, aqueles selecionados pelo Plano Nacional do Livro Didático 2012. Com base nas resenhas do Guia do Livro Didático de 2012, foram selecionados e analisados dez livros. O percurso metodológico qualitativo da pesquisa baseou-se na Análise de Conteúdo, elegendo como categorias de análise *a priori* as definições de progresso propostas em investigações anteriores, a saber: finalidade, valoração entre seres vivos, mecanismos diretivos, linearidade e aumento de complexidade, e também incluindo uma nova categoria, denominada de melhoria/aperfeiçoamento. A análise dos textos dos dez livros da amostra evidenciou a frequente presença de concepções de progresso que puderam ser relacionadas, individual ou coletivamente, a todas as categorias apontadas, com destaque para as encontradas com maior frequência, que foram as de linearidade e de melhoria/aperfeiçoamento. Em muitos casos, as imagens e exemplos incluídos ao longo dos textos contribuíram adicionalmente para o reforço dessas concepções. Entendendo que a presença de progresso na Evolução Biológica persiste como um tema controverso, são discutidos os impactos que a presença desses elementos pode trazer ao seu ensino. Reitera-se, também, a necessidade de que a formação dos professores de Ciências e de Biologia contemple aspectos relacionados à História e à

Filosofia da Ciência, questões fundamentais para o entendimento da Evolução Biológica.

**Palavras-chave:** Progresso Evolutivo. Progresso Biológico. Ensino de Evolução. Livro Didático.



## **ABSTRACT**

*Investigations about the teaching of Evolutionary Biology have already indicated that both teachers and students, when asked about evolutionary processes, share common views, such as the ideas that Biological Evolution is linear, aims to improve organisms and that it has an ultimate purpose. This variety of interpretations points to a central issue for understanding Biological Evolution: the existence (or not) of progress. Over time, authors such as Charles Darwin, Francisco José Ayala and Stephen Jay Gould have long discussed this theme. In the present research, their arguments constitute a background for an investigation that aims to identify and characterize the understandings associated with biological/evolutionary progress, as presented in secondary level textbooks, a major teaching resource used in schools, in this case those selected by the National Plan of School Textbooks 2012. Based on reviews presented in the official Textbook Guide 2012, ten books were selected and analyzed. The methodological approach of qualitative research was based on content analysis, electing as categories of analysis a priori definitions of progress proposed in previous researches, namely: purpose, valuation between living beings, directive mechanisms, linearity and increase in complexity, and also including a new category, called enhancement / improvement. Text analysis was performed in all ten textbooks, showing the common presence of conceptions of progress that could be related, individually or collectively, to all categories mentioned, especially those found with higher frequency, which were linearity and enhancement / improvement. In many cases, images and examples included along the texts contributed additionally to reinforce those interpretations. Understanding that the existence of progress in Evolutionary Biology remains as a controversial issue, we discuss the impacts that the presence of these elements can bring to their teaching. We also claim for the need of science and Biology teachers' further training in issues related to the History and Philosophy of Science, which constitute fundamental elements for the understanding of Biological Evolution.*

***Key words:*** *Evolutionary Progress. Biological Progress. Teaching Evolution. Textbook*

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**AC** - Análise de Conteúdo

**BSCS** - *Biological Science Curriculum Study*

**EB** - Evolução Biológica

**EM** - Ensino Médio

**ENPEC** - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências

**FNDE** - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

**GLD** - Guia do Livro Didático

**LD** - Livro Didático

**MEC** - Ministério da Educação e Cultura

**PCN** - Parâmetros Curriculares Nacionais

**PNLD** - Programa Nacional do Livro Didático

**PNLEM** - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO E MOTIVAÇÃO</b>	21
<b>CAPÍTULO 1 - ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E O LIVRO DIDÁTICO</b>	25
1.1 SOBRE O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	27
1.2 O LIVRO DIDÁTICO	30
1.3 O PAPEL DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA E DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA	36
<b>CAPÍTULO 2 - DO PROGRESSO BIOLÓGICO</b>	43
2.1 A GÊNESE HISTÓRICA	45
2.2 DEFESA DE PROGRESSO BIOLÓGICO	48
2.3 A BUSCA PELA DEFINIÇÃO CIENTÍFICA DE PROGRESSO: A VISÃO DE FRANCISCO AYALA	53
2.4 PELA NEGAÇÃO DO PROGRESSO BIOLÓGICO: A VISÃO DE STEPHEN JAY GOULD	59
2.5 DOS CONCEITOS QUE PODEM REMETER A UMA IDEIA DE PROGRESSO	65
<b>2.5.1 Seleção Natural</b>	65
<b>2.5.2 Teleologia</b>	69
<b>2.5.3 Adaptação</b>	73
<b>CAPÍTULO 3 - ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	77
3.1 CARÁTER QUALITATIVO DA PESQUISA	79
3.2 A PESQUISA EM DOCUMENTOS	79
3.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO	80
3.4 CATEGORIAS DE ANÁLISE	82
3.5 ESCOLHENDO OS LIVROS A SEREM ANALISADOS	85
3.6 DESCRIÇÃO DO MATERIAL ANALISADO	86

<b>CAPÍTULO 4 - A IDEIA DE PROGRESSO EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO</b>	89
4.1 A EVOLUÇÃO EM LINHA	92
<b>4.1.1 Tempo Linear</b>	92
<b>4.1.2 Sequência ou Gradação</b>	95
<b>4.1.3 Cadeia do Ser</b>	96
4.2 A EVOLUÇÃO COMO MELHORIA OU APERFEIÇOAMENTO	104
<b>4.2.1 Seleção Natural</b>	105
<b>4.2.2 Adaptação (como melhoria)</b>	110
<b>4.2.3 Vantagem</b>	113
4.3 EVOLUÇÃO COMO AUMENTO DE COMPLEXIDADE	116
4.4 EVOLUÇÃO COMO MECANISMO DIRETIVO	119
4.5 EVOLUÇÃO COMO VALORAÇÃO ENTRE OS SERES	120
4.6 EVOLUÇÃO COMO FINALIDADE	122
<b>4.6.1 Adaptação (como finalidade)</b>	122
<b>4.6.2 Tendências</b>	126
<b>4.6.3 Evolução Humana</b>	129
<b>CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	131
<b>REFERÊNCIAS</b>	141
<b>ANEXOS</b>	155

## **APRESENTAÇÃO E MOTIVAÇÃO**

A Evolução Biológica sempre foi um tema que me fascinou. Ainda nos tempos de colégio, saber que cientistas haviam produzido uma explicação para lançar luz a questões sobre como a vida se modificou, como se adaptou aos diversos ambientes, por que ocorreram extinções, que fim levou os dinossauros, como o homem surgiu, etc. me inquietava profundamente.

Durante a graduação do curso de Ciências Biológicas, na Universidade Federal da Santa Catarina (UFSC), esse interesse só aumentou. Durante aqueles anos (2005-2009) não conseguia perceber por que motivo esse assunto me era tão cativante. Justificava esse interesse da mesma forma que uma pessoa expõe sua predileção por um lugar, por uma canção ou uma obra de arte, por exemplo. Era algo que despertava uma afeição, um interesse curioso, simplesmente isso.

No final da graduação, comecei a entender aquilo que considero as causas dessa afeição. As disciplinas em que as teorias evolutivas foram abordadas (Evolução e Filogenia Animal) constituíram-se em espaços de discussão, em choques de ideias, em teorias que se rivalizavam. Percebi que as aulas que tratavam dessa temática tinham alguns aspectos diferentes quando comparadas com as demais disciplinas. E um desses aspectos é que permitia aos alunos maior possibilidade de questionamento e de perceber a ciência como um processo em construção sujeito a críticas, e não como uma junção de modelos dados como certos que deveriam ser decorados para justificar as nossas respostas quando indagados sobre algo.

Principalmente, comecei a perceber que a explicação proposta por Darwin para a Evolução está sujeita a críticas, que teorias rivalizaram – e continuam rivalizando – e que, em suas formulações originais, Darwin propôs aspectos que, se não forem analisados por um viés crítico e histórico, à luz dos conhecimentos atuais, podem ser considerados como “erros”, a exemplo dos caracteres adquiridos, do uso e desuso dos órgãos e da teoria da hereditariedade chamada de pangênese.

No ano de 2010, comecei a entrar em contato com trabalhos de autores que questionam o chamado ensino tradicional da Evolução. Nesse sentido, as pesquisas de Nélio Marco Vincenzo Bizzo e Adela

Molina (2004) e de Bizzo e Charbel Niño El-Hani (2009) tiveram grande influência sobre os rumos pelos quais eu enveredaria. Percebi que as questões da Educação e do Ensino podem ser analisadas para além da instrumentalização. Comecei a entender que a História e a Filosofia podem e devem ser componentes fundamentais na pesquisa de Ensino e para o Ensino de Biologia. O tema da Evolução, pelo *status* que tem como eixo organizador da Biologia e do seu ensino, e também pela polêmica que desperta, é um tema propício para inserir aspectos filosóficos nas investigações sobre o seu ensino.

Nesse mesmo ano de 2010, também entrei em contato com o trabalho de Marandino (2004) e com o referencial teórico da Transposição Didática. Segundo essa teoria, os conteúdos científicos para serem ensinados passam, necessariamente, por transformações. Os livros didáticos são, por exemplo, resultados dessas transformações. Era o que faltava para pensar em um projeto de pesquisa que mesclasse ensino, Evolução, Filosofia e História da Biologia: como certos aspectos da teoria da Evolução são abordados nos livros didáticos do Ensino Médio? Como esses aspectos podem ser investigados a partir de um olhar que contemple a História e a Filosofia da Biologia?

No entanto, a pesquisa ainda necessitava de recortes. Quais aspectos da Evolução seriam escolhidos para análise? O tema Evolução comporta dentro de si um universo inteiro. A delimitação do que seria investigado ocorreu durante o Mestrado em Educação Científica e Tecnológica da UFSC, cujo resultado final é o presente trabalho. E o tema escolhido foi progresso evolutivo.

À primeira vista, tal tema parece obsoleto, afinal, após a teoria darwiniana de Evolução através da Seleção Natural, a ideia de progresso evolutivo, de seres em constante aperfeiçoamento conforme o pensamento da Cadeia do Ser ou Escala Natural, parecia derrubada. Mas essa é apenas a aparência deste debate. Quando nos aprofundamos em questões históricas do pensamento evolutivo, vemos que a noção de progresso permeando a Evolução esteve presente ao longo de praticamente todo o século XX. Em alguns momentos mais forte do que em outros. O que a Filosofia da Biologia nos instiga, nesse ponto, é justamente para sairmos da zona de conforto, da região das respostas prontas. É prático, na condição de professores, darmos respostas peremptórias aos alunos como “**Evolução não é progresso**” ou “**não existe progresso evolutivo**”. Porém, quando assumimos essa palavra de ordem, nos negamos a maiores investigações e nos esquecemos que, assim como em toda ciência, muitas perguntas estão sem respostas ou



ainda permitem múltiplos entendimentos. Os debates acerca da existência de progresso na Evolução não estão encerrados e muitos trabalhos certamente ainda se aprofundarão nessa questão. Aqui, para mim, interessa o ensino de Evolução Biológica, mais especificamente, como aspectos relacionados ao progresso evolutivo podem estar presentes nos livros didáticos de Biologia destinados ao Ensino Médio, e quais as possíveis consequências disso para o ensino e aprendizagem desse tema.

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. No primeiro, exponho, brevemente, um panorama geral das pesquisas na área do ensino de Evolução e do livro didático. Relato alguns aspectos da trajetória do Programa Nacional do Livro Didático e das pesquisas sobre ensino de Evolução que utilizaram o livro didático como mote.

No segundo capítulo exploro com profundidade a controvérsia do progresso evolutivo ou também chamado de progresso biológico. Relato sucintamente sobre a gênese dessa concepção e dou ênfase para visões diametralmente opostas, a de Francisco José Ayala (1988) e a de Stephen Jay Gould (2001). O primeiro defende o ponto de vista de que progresso é um termo atinente ao pensamento evolutivo e pode ser definido em termos científicos. O segundo se posiciona radicalmente contra, pois vê a noção de progresso como um componente axiológico que foi indevidamente introduzido no âmbito da Evolução. Exponho também o ponto de vista que, pela leitura de *A Origem das Espécies* (2009[1859]), Charles Darwin mostrou-se dúbio quanto a essa questão. Há passagens em que ele afirma existir progresso na Evolução e, em outros, nega a presença desse componente no pensamento evolutivo.

No terceiro capítulo exponho os aspectos metodológicos utilizados na pesquisa. Discorro sobre como foi feita a escolha dos livros didáticos analisados e também sobre o referencial teórico utilizado para investigar as concepções de progresso nesses materiais, a Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011). Nesse capítulo também exponho as categorias de progresso que foram utilizadas para guiar a análise.

O quarto capítulo é destinado a mostrar como estão presentes as diferentes concepções de progresso nos livros didáticos.

Por fim, no quinto capítulo, à guisa de considerações finais, falo sobre as possíveis consequências da presença de aspectos relacionados

ao progresso no ensino de Evolução Biológica e como esse assunto deveria ser tratado pelos autores de livros didáticos, pelos professores formadores de futuros professores e por professores do Ensino Médio em exercício.

**CAPÍTULO 1 - ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E O LIVRO DIDÁTICO**



“Um sábado qualquer...”<sup>(B)</sup> (<http://www.umsabadoqualquer.com/>)

*“Enquanto este planeta foi girando, segundo a constante lei da gravitação, desenvolveram-se e se estão desenvolvendo, a partir de um princípio tão singelo, infinidade de formas as mais belas e portentosas.” Charles Darwin (2009, p. 445).*



## **CAPÍTULO 1 - ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA E O LIVRO DIDÁTICO**

Neste capítulo discorro sobre o ensino de Evolução Biológica (EB), sua importância para o ensino e apresento um panorama dos trabalhos já feitos sobre essa temática. Também apresentarei alguns aspectos relacionados ao livro didático (LD), incluindo histórico, pesquisas e a sua vinculação com o ensino de Biologia, em especial ao ensino de EB.

### **1.1 SOBRE O ENSINO DE EVOLUÇÃO BIOLÓGICA**

“[...] enquanto este planeta foi girando segundo a constante lei da gravitação, desenvolveram-se e se estão desenvolvendo, a partir de um princípio tão singelo, infinidade de formas as mais belas e portentosas.” (DARWIN, 2009, p. 445).

É com a frase acima que Charles Darwin finaliza o mais importante de seus escritos, a obra *A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida*. A influência das teorias de Darwin não permaneceu restrita aos naturalistas, ela se estendeu às diversas comunidades científicas, repercutiu na forma de interpretar o mundo, interveio em correntes políticas e ideológicas, direcionou pesquisas científicas e também formas de entender a educação e as sociedades, a exemplo do evolucionismo progressista spenceriano (LUCAS, 2000).

Desde então, a EB vem recebendo destaques e ataques; os primeiros partem daqueles que a compreendem e aceitam as evidências a seu favor, os segundos vêm daqueles que a negam e rejeitam o seu poder explicativo. Para Mayr (2009), por exemplo, a EB foi a ideia mais profunda e abrangente dos últimos dois séculos. Conforme afirmam Selles e Ferreira (2005), sua importância não se restringe ao campo da investigação científica, pois a EB teve papel fundamental na constituição da disciplina escolar de Biologia, como um corpo de conhecimento que mantém ciências como a Zoologia, a Botânica e a Fisiologia unificadas.

No entanto, a importância de se aprender sobre EB ainda vai além. Jared Diamond assim descreve a necessidade de se entender sobre EB na introdução do livro de Ernst Mayr *O que é a Evolução* (2009):

Entretanto, a evolução precisa ser compreendida não só pelos cientistas, mas pelo público em geral. Sem conhecer ao menos alguma coisa a respeito de evolução, não é possível compreender os seres vivos à nossa volta, as características únicas do ser humano, as doenças genéticas e suas possíveis curas e o cultivo de plantas geneticamente modificadas e seus possíveis riscos. Nenhum outro aspecto dos seres vivos é tão fascinante e cheio de enigmas quanto a evolução. (2009, p. 12)

Pode-se afirmar, também, que a EB é, se não o principal, certamente um dos principais paradigmas dentro das Ciências Biológicas, uma vez que essa teoria tem se mostrado bem sucedida em resolver problemas e possibilitar novas pesquisas. O pensamento evolutivo, no meu entendimento, compartilha as características que Kuhn (2011) considera essenciais para o estabelecimento de um paradigma:

Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários, afastando-os de outras formas de atividade científica dissimilares. Simultaneamente, suas realizações eram suficientemente abertas para deixar toda espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo redefinido de praticantes da ciência (KUHN, 2011, p. 30).

A EB contém as características referidas e, entendida como um paradigma, diversas foram as suas contribuições para o estudo dos seres vivos. Ela possibilitou novas formas de classificação dos organismos, levando em consideração não apenas o grau de semelhança entre eles, mas também a sua genealogia a partir de uma origem comum (MAYR, 2008, p. 189). Também possibilitou novas formas de entender as relações ecológicas através de conceitos como competição, exclusão, predação, fecundidade, adaptação, etc. (*ibidem*, p. 280). Permitiu, por fim, colocar perguntas do tipo “por quê?” quanto à estrutura e origem

dos organismos, sem que com isso fosse demandada alguma justificativa teleológica (*ibidem*, p. 238).

A defesa do ensino e da pesquisa em ensino de EB parece, pois, devidamente justificada. Agora, para situar melhor o estado da pesquisa em ensino de EB, cumpre fazer apontamentos sobre alguns dos trabalhos que já adentraram nessa temática. Se tomarmos por base os trabalhos de Mário C. de Amorim e Vivian Leyser (2009) e de Amorim (2011), veremos que pouca atenção tem sido dada a esse tópico de ensino no cenário brasileiro. Ao levantar os trabalhos feitos nas edições de I a VI do Encontro Nacional de Ensino de Ciências (ENPEC), Amorim e Leyser (2009) constataram que somente trinta, em um universo de 2127 trabalhos apresentados, entre 1997 e 2007, tratavam do ensino de EB.

As pesquisas já feitas mostram sérias implicações, seja para o ensino, seja para o aprendizado da EB. Há fortes evidências de dificuldades tanto nas concepções de alunos (BIZZO, 1991; BIZZO; ALMEIDA; FALCÃO, 2007; COSTA; TEIXEIRA; MELO, 2007; COSTA; MELO; TEIXEIRA, 2009; SANTOS, 2002; SILVA; LAVAGINI; OLIVEIRA, 2009), de professores em exercício (ARAÚJO *et al.*, 2007; COIMBRA; SILVA, 2007; GOEDERT, 2004; MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2006; OLEQUES; BARTHOLOMEI-SANTOS; BOER, 2011; TIDON; LEWONTIN, 2004) como de professores em formação (CARNEIRO, 2004), e que ambas coincidem em certos aspectos.

Com base nos trabalhos acima referidos, é possível afirmar que, de forma geral, a concepção de Evolução está associada à melhoria e ao aperfeiçoamento do organismo. Os sujeitos das pesquisas também entendem que a Evolução se processa em indivíduos e não em populações e que os organismos, deliberadamente, se modificam para se adequar ao ambiente. Frente a questões sobre origem do homem, alguns manifestam que este, possuidor de corpo e mente quase perfeitos, não poderia ter se originado pelos mesmos mecanismos que atuaram em outros seres vivos. Alguma inteligência, algum “programador” poderoso e atemporal deveria ter projetado o homem. Outros também enxergam o homem como o ápice da Evolução, o seu termo final, o propósito pelo qual a história da vida na Terra se desenvolveu. Há também aqueles que associam Evolução com os princípios do uso e do desuso e da

transmissão dos caracteres adquiridos. Como um agravante dessas dificuldades e equívocos, ainda evidenciam-se conflitos entre o ensino de Evolução e crenças religiosas.

Todas essas dificuldades encontradas merecem pesquisas detalhadas, todavia, chama-nos a atenção a pertinência do tópico *progresso*, não apenas por ter aparecido em todos os níveis de ensino em que foram realizadas as pesquisas (estudantes do Ensino Médio (EM), professores em formação e em exercício), mas, principalmente, pela polissemia que a expressão abarca, a saber: como sendo sinônimo de modificações que conduzam a um aumento de organismos superiores ou de complexidade (qualquer que seja o significado de organismos superiores e de complexidade); como sinônimo de melhoria; como processo linear; como força diretiva inerente aos organismos; e como meta final (teleologia) (ROSSLENBROICH, 2006; MEGLHIORATTI; CALDEIRA; BORTOLOZZI, 2006). O tópico *progresso biológico* será abordado com mais detalhes no Capítulo 2 deste trabalho.

Se as concepções de alunos, de professores em formação e em exercício se assemelham, isso é um possível indicativo para se investigar os elementos dos processos de ensino e de aprendizagem que sejam comuns a esses atores. Entendendo que esta é uma das vias possíveis para se pesquisar questões como essas, gostaria de deixar claro que esses problemas possuem múltiplos fatores. No presente trabalho, considereei que os instrumentos didáticos, em especial os LDs utilizados no ensino de EB, podem fornecer indicativos para responder a essas semelhanças e convergências de concepções. É sobre esse recurso que é dedicado o tópico a seguir.

## 1.2 O LIVRO DIDÁTICO

Faz-se necessária uma breve contextualização da história e da pesquisa científica sobre esse recurso didático, pois como afirma Nadir Delizoicov (1995, p. 18) “a questão do livro didático tem precedentes históricos, políticos e econômicos, que remontam à década de 30, quando através de decreto-lei, foi definido o que deve ser entendido por livro didático”. De tal maneira que procederemos com a exposição de uma breve trajetória acerca do livro didático e de como esse recurso esteve vinculado, em maior ou menor grau, com a política nacional de educação e às concepções vigentes sobre o ensino de Ciências/Biologia nos diferentes períodos.

Em 1937, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) cria o



Instituto Nacional do Livro com o objetivo de divulgar e distribuir as obras de interesse educacional e cultural. A definição de livro didático na legislação aparece, pela primeira vez, no Decreto-Lei 1006 de 30/12/1938, da seguinte forma: “Livros de leitura de classe os são livros usados para a leitura dos alunos em aula; tais livros também são chamados de texto, livro texto, compêndio escolar, livro escolar, livro de classe, manual, **livro didático**” (SILVA; TRIVELATO, 1999, grifos meus).

Durante grande parte do século passado (1917-1989), o texto descritivo predominava nas coleções didáticas. Por texto descritivo Silva e Trivelato (1999) consideram aquele em que a linguagem predominante é a científica, sem analogia do objeto descrito com a vida cotidiana, ao contrário do texto explicativo, que faz uso de uma linguagem mais simples e mais próxima do cotidiano.

A condição do texto unicamente descritivo começou a se modificar nas décadas de 60-70, quando tópicos intitulados “Discussões” começaram a ser incluídos nos LDs, influenciados por uma nova concepção de ensino de Ciências, e quando também iniciou a emergência das questões relativas ao papel da Ciência e da Tecnologia na sociedade (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007). Como é de se esperar, o ensino de Ciências refletiu o momento político e social de sua época. No contexto brasileiro, entretanto, houve um entrelaçamento aparentemente contraditório. A conjuntura do ensino clamava pela incorporação de novos objetivos, a exemplo da vivência do método científico como necessária à formação do cidadão, e não mais visando exclusivamente à preparação de futuros cientistas (KRASILCHIK, 1987). Contudo, o material didático nacional usado nessa época refletia justamente os anseios das décadas anteriores. Cabe destacar que alguns desses materiais foram adaptações dos livros produzidos nos Estados Unidos de programas curriculares como o *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), cujo intuito era justamente transmitir informações da forma mais eficiente e preparar uma elite apta a contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico. Se, por um lado, o que se preconizava no ensino eram debates maiores sobre a Ciência e Tecnologia para a formação cidadã, por outro lado, o material didático tinha por base:

[...] transmitir informações, apresentando conceitos, fenômenos, descrevendo espécimes e objetos, enfim, o que se chama o produto das Ciências. Não se discutia a relação da Ciência com o contexto econômico social e político e tampouco os aspectos tecnológicos e as aplicações práticas (KRASILCHIK, p. 9, 1987).

Em 1985, por meio do Decreto-lei nº 91.542, é criado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) com o objetivo de distribuir os livros didáticos selecionados para os alunos de escolas públicas (HÖFLING, 2006). Com esse programa também é possibilitada a escolha dos livros a serem adotados nas escolas pelos professores, escolha essa que até então era feita à revelia destes. De acordo com Fracalanza e Megid-Neto (2003), somente em 1994 ocorreu uma efetiva melhoria em relação à qualidade do livro didático brasileiro, após a implantação, por parte do Ministério da Educação e Cultura, de medidas para avaliá-lo. A proposta do PNLD foi expandida em 2003 com resolução do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), nº. 38, de 15/10/2003, que institui o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). A distribuição de livros para o EM ocorreu somente em 2005, inicialmente para as disciplinas de Matemática e Português. Em 2007 ocorreu a primeira distribuição dos livros de Biologia. As cifras atuais, segundo o sítio do MEC, impressionam:

Em 2012, o orçamento previsto para o PNLD é de R\$ 1,48 bilhão, destinado à compra de livros didáticos para os anos iniciais do ensino fundamental e reposição e complementação dos livros anteriormente distribuídos aos anos finais do ensino fundamental e ao ensino médio (BRASIL, 2012).

Conforme Charbel Niño El-Hani, Nádia Roque e Pedro Luís Bernardo da Rocha (2011), o programa vem atingindo seus objetivos gradualmente, pois é notória a melhoria na qualidade do material assim como é cada vez maior o número de alunos beneficiados. Outra melhoria foi observada por Silva e Trivelato (1999) com relação à escrita adotada nos LDs, que passou do estilo textual descritivo para ser predominantemente explicativo a partir da década de 90.

O uso do LD continua sendo consensual, constituindo um dos principais instrumentos em sala de aula e embasando de forma significativa a prática docente (DELIZOICOV, ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011; FRISON *et al.*, 2009; GARCIA; BIZZO, 2010).

Como foi observado por Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Marta Maria Pernambuco (2011), as pesquisas sobre o LD, principalmente as realizadas a partir da década de 70, implicaram em um movimento que culminou com avaliação institucional, a partir de 1994, dos livros distribuídos nas escolas públicas pelo PNLD. As críticas e as fragilidades apontadas por essas avaliações levaram a uma melhoria significativa do material, sobretudo em relação aos erros conceituais e metodológicos. No entanto, ainda há muito o que melhorar, principalmente no que diz respeito à manutenção de uma visão da ciência denominada por Tizioto e Araújo (2008) como “idealismo cego”, que a coloca como sendo objetiva e à margem de ideologias, limitando-se seu papel, principalmente, a uma simples verificação crédula. Além disto, tanto a experimentação quanto os métodos científicos “são postos como caminho que conduzem a uma realidade definitiva” (p. 159).

Essa visão empobrecida de ciência vai de encontro ao que vem sendo proposto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), cujo texto atual prioriza a ciência como uma construção humana:

[...] seus conceitos e procedimentos contribuem para o questionamento do que se vê e se ouve, para interpretar os fenômenos da natureza, para compreender como a sociedade nela intervém utilizando seus recursos e criando um novo meio social e tecnológico. É necessário favorecer o desenvolvimento de uma postura reflexiva e investigativa, de não aceitação, a priori, de ideias e informações, assim como a percepção dos limites das explicações, inclusive dos modelos científicos, colaborando para a construção da autonomia de pensamento e de ação (BRASIL, 1998, p. 22-23).

Os professores vêm incorporando uma cultura de diversificação

quanto ao uso do LD em suas aulas, como aponta a pesquisa realizada por Neto e Fracalanza (2003). Esses autores alegam que o uso do livro didático pelos professores, de forma geral, pode ser enquadrado em três grupos:

Num primeiro grupo, os professores indicam uso simultâneo de várias coleções didáticas, de editoras ou autores distintos, para elaborar o planejamento anual de suas aulas e para a preparação das mesmas ao longo do período letivo. Num segundo grupo, comentam que o livro didático é utilizado como apoio às atividades de ensino-aprendizagem, seja no magistério em sala de aula, seja em atividades extraescolares, visando especialmente à leitura de textos, a realização de exercícios e de outras atividades ou, ainda, como fonte de imagens para os estudos escolares, aproveitando fotos, desenhos, mapas e gráficos existentes nos livros. Por fim, num terceiro grupo, os professores salientam que o livro didático é utilizado como fonte bibliográfica, tanto para complementar seus próprios conhecimentos, quanto para a aprendizagem dos alunos, em especial na realização das chamadas “pesquisas” bibliográficas escolares (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003, p.148).

Independente de classificações que possam ser feitas, é notável a relevância que tais manuais exercem na prática docente. A despeito das especificidades da área de Ciências, principalmente no tocante ao método e à visão de ciência/natureza/sociedade, Megid-Neto e Fracalanza (2003) afirmam que tanto professores como avaliadores das coleções didáticas não estabelecem esses atributos como critérios de apreciação dos livros, de forma que os critérios adotados nas outras disciplinas são os mesmos para os livros de Ciências, ou seja, sem as bases teóricas que demarcam o campo das ciências naturais das demais disciplinas. Diante de tal quadro, a conclusão de Megid-Neto e Fracalanza torna-se preocupante:

Quanto ao conhecimento científico veiculado nos livros didáticos de Ciências, não se nota qualquer mudança substancial nas duas ou três últimas

décadas. As coleções enfatizam sempre o produto final da atividade científica, apresentando-o como dogmático, imutável e desprovido de suas determinações históricas, político-econômicas, ideológicas e socioculturais. Realçam sempre um único processo de produção científica – o método empírico-indutivo –, em detrimento da apresentação da diversidade de métodos e ocorrências na construção histórica do conhecimento científico (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003, p. 154).

Possivelmente, o que muito pode ter contribuído para tal imagem da ciência nos livros distribuídos pelo PNLD foram os critérios eliminatórios e classificatórios adotados pelas sucessivas equipes de avaliação. Conforme nos lembra Ivan A. do Amaral (2006), a seleção das coleções didáticas de Ciências de 1994 até 2002 pautou-se, sobretudo, em aspectos gerais da área da educação, como o projeto gráfico de cada obra, elementos teórico-metodológicos e as características do manual do professor. Tais elementos não mostravam conexões com as concepções de Ciência e de Ambiente. Disso resulta, segundo o autor, uma avaliação deficiente, uma vez que essas concepções determinam e são determinadas pela concepção de Educação adotada.

El-Hani, Roque e Rocha (2011) mostram um quadro mais animador. Ao analisarem as obras de Biologia selecionadas pelo PNLEM 2005 e distribuídas em 2007, constatam maior rigor quanto aos critérios de escolha: “a ferramenta de análise utilizada para padronizar a avaliação continha 15 critérios para aprovação/exclusão de obras didáticas e 45 critérios de classificação das obras aprovadas, com base em sua qualidade comparativa” (EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011, p. 217). Após essa triagem as obras foram avaliadas conforme quatro critérios:

(1) correção e adequação conceituais, e precisão da informação básica fornecida; (2) adequação e coerência metodológicas; (3) **promoção de visões adequadas sobre a construção do conhecimento científico**; (4) princípios éticos/educação para a

cidadania. **A terceira classe de critérios foi exclusiva das ciências naturais** (EL-HANI; ROQUE; ROCHA, 2011, p. 21, grifos meus).

Ao todo foram analisadas vinte coleções didáticas das quais nove foram excluídas, sendo produzido um documento justificando a exclusão dessas obras (ROCHA *et al.*, 2007). Considerando o rigor quanto à precisão de conceitos juntamente com a inclusão de critérios específicos das disciplinas científicas, é de se esperar que a seleção dos livros esteja melhorando e que o programa esteja caminhando, aos poucos, para sua maior efetividade.

Quanto ao tema específico da EB, Amorim (2011) fez um levantamento das dissertações e teses sobre os temas “origem da vida” e “evolução biológica”, produzidas no período de 1991 a 2008 em programas de pós-graduação brasileiros. Nesse trabalho, constatou que o principal foco temático das pesquisas está centrado nas características do professor (dezesete, dos trinta e três trabalhos totais), sendo que as pesquisas com livros didáticos contemplam apenas nove trabalhos, dos quais apenas três tratam da evolução, diretamente. Tendo esses valores como parâmetro, podemos afirmar que pesquisas no tema proposto nesse trabalho, ao menos em nível de dissertações e teses, são particularmente exíguas e ainda não constituem um foco frequente de trabalhos acadêmicos.

No tópico que se segue, são comentadas pesquisas já feitas sobre LD e o tema da EB.

### 1.3 O PAPEL DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE BIOLOGIA E DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

Nesta seção pretende-se fazer um breve panorama de algumas das pesquisas já realizadas com LD e o ensino de EB. Como já se afirmou, o LD é um componente forte dos processos de ensino e de aprendizagem, sendo reconhecida a sua importância no trabalho cotidiano escolar. Com relação aos trabalhos que investigaram esse conteúdo em LDs, podem-se destacar as pesquisas de Luzia Marta Bellini (2006), Rocha e colaboradores (2007), Graça Simões Carvalho e Pierre Clément (2007), Silva-Porto, Luz e Waizbort (2007), Maicon J. C. Azevedo (2007), Fernanda Malta Guimarães Dias e Jehud Bortolozzi (2009), Argus V. de Almeida e Jorge T. da Rocha Falcão (2010), Roma-Navarro (2011) e Zamberlan e Silva (2012).

Dias e Bortolozzi (2009), ao analisarem livros didáticos utilizados pela rede pública de Taubaté e apostilas do mesmo município, constataram que o número de páginas destinadas ao tópico evolução é muito pequeno, não atingindo 5% do total de páginas dos materiais. Não bastasse essa pouca quantidade de páginas destinada ao conteúdo, os únicos materiais que contemplaram todos os conteúdos de EB recomendados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais foram as apostilas, justamente os materiais não utilizados pelas escolas públicas.

Silva-Porto, Luz e Waizbort (2007), Roma-Navarro (2011) e Zamberlan e Silva (2012) propuseram questões de investigação similares, a saber, se a EB está de fato nos LDs e se, nesses, constitui efetivamente um eixo organizador de conteúdos disciplinares.

Silva-Porto, Luz e Waizbort (2007) mostraram que os materiais didáticos atuais, apesar de serem historicamente influenciados pelas coleções norte-americanas BSCS, não seguem as recomendações dessas coleções para situar a EB como um eixo integrador no ensino de Biologia. De certa forma, os materiais manifestam aquilo que foi chamado de “retórica unificadora” da disciplina escolar Biologia (SELLES; FERREIRA, 2005). Segundo Selles e Ferreira (2005), a construção da disciplina escolar Biologia se baseou em uma suposta unificação científica em torno da síntese moderna evolutiva. Embora os debates científicos, ocorridos principalmente nas décadas de 1930 e 1950, sobre uma unificação de fato mostrassem um impasse longe de ser solucionado, ao transpô-la para uma epistemologia escolar, tal temerária unificação resultou em um fortalecimento da disciplina Biologia, afirmam as autoras. Porém, cabe ressaltar que essa unificação não passou de uma quimera recomendada por documentos oficiais; de fato, o que se observa no ensino de Biologia e nos seus materiais didáticos é uma unificação em torno das causas próximas ou fisiológicas e não das causas distantes ou evolutivas.

Roma-Navarro (2011) investigou os LDs aprovados pelos PNLEM dos anos de 2007 e 2009 e constatou que os livros continuam adotando a distribuição tradicional dos conteúdos, sem o uso de estratégias integrativas, como seria o caso da EB.

Zamberlan e Silva (2012) analisaram os conceitos de competição intra e interespecífica e também o tema da origem dos vírus para saber se a EB aparece como um elemento organizador do pensamento

biológico. A pesquisa mostrou que, apesar das proposições dos PCN e das afirmações de pesquisadores como Meyer e El-Hani (2005) sobre a centralidade da Evolução para o ensino de Biologia, a presença da EB em assuntos cujo entendimento demandaria pensamento evolutivo é, quando muito, presente apenas de forma implícita nos LDs.

Bellini (2006) analisou os LDs de Ciências e Biologia disponíveis em uma biblioteca de escola pública do Paraná, para investigar os usos de analogias e metáforas nas explicações evolutivas de Lamarck e Darwin. As principais analogias utilizadas nessas obras foram do tempo linear (ao longo do tempo, ao longo das gerações) e analogia da escada (evolução progressiva, vista como uma sequência de eventos lineares). Segundo Bellini (2006), essas duas analogias, paradoxalmente, são as que mais endossam visões criacionistas:

Tratam de um tempo linear sem história geológica, biológica e humana. Todos – rochas, animais, plantas e o homem – vivem em um mesmo túnel do tempo. A expressão “ao longo do tempo” é corrente nos livros analisados e joga com a abstração das observações dos fósseis, com os argumentos baseados nas evidências empíricas, tão caras à biologia evolucionista. O argumento temporal, nesse caso, atende a noção de “*design inteligente*”, o criacionismo moderno, isto é, “ao longo do tempo”, as formas e a fisiologia dos seres vivos se aprimoram. Nada mais preformista, criacionista do que o ícone tão propalado representando a evolução (linear, em escada) do macaco ao *Homo sapiens*. (BELLINI, 2006, p. 24).

Além desses aspectos, Bellini (2006) ressalta que Lamarck é constantemente lembrado como o cientista que fracassou em sua teoria e, inevitavelmente, relacionando-o ao exemplo do pescoço das girafas (que constitui apenas um aspecto secundário em sua obra) e da herança dos caracteres adquiridos, personalizados na figura do naturalista francês, muito embora fosse um pensamento compartilhado por vários pensadores de toda uma época. Segundo Bellini (2006, p. 25):

[...] a passagem das ciências para os livros didáticos é feita em versão anticientífica, com modelos inconsistentes e com vocabulário



reducionista, que provoca uma adesão imediata à teoria, mas esmorece em seguida, pois não permite novas aberturas para a compreensão de fenômenos evolutivos.

Graça Aparecida Cicillini (1997) analisou o uso que professores de escolas da rede pública de São Paulo fazem do livro didático e do conteúdo nesse material. Nesse trabalho, um dos pioneiros no nosso país, na abordagem do tema do ensino de EB, a autora constatou que a maior parte dos professores usa o livro de forma tradicional, seguindo a sequência e os conteúdos apresentados por esse recurso didático, além de considerá-lo como a principal fonte de atualização dos conhecimentos biológicos. Com relação ao conteúdo de Evolução Biológica, este aparece somente em um tópico do livro e vagamente na parte de Zoologia de Vertebrados. Ademais, nenhum livro daquela época inclui concepções mais modernas sobre Evolução, apresentando-a sempre como livre de contradições e conflitos e mostrando apenas experimentos que estejam seguindo o método científico tradicional, fundamentado em princípios da Física e da Química. Dessa feita, acaba por desconsiderar os procedimentos que Mayr (2005) usa para descrever a Biologia Histórica:

Não há meio de explicar esses fenômenos [taxas evolutivas, origem da diversidade orgânica e novidades evolutivas] com leis. Não podemos fazer experimentos sobre a extinção dos dinossauros ou a origem do homem. Com experimentos indisponíveis para pesquisa em Biologia Histórica, um notável e novo método heurístico foi introduzido: o de narrativas históricas. (MAYR, 2005, p. 48)

Nessa mesma linha acerca dos mitos e equívocos sobre a evolução biológica que são perpetuados nos LDs, Almeida e Falcão (2010) realizaram uma extensa análise dos LDs de Biologia de 1940 a 2006. Tal análise compreendeu aspectos qualitativos e também quantitativos dos principais tópicos do conteúdo de Evolução, usando como critério o cálculo da “área de mancha”, descrito por Bizzo (1991). Como era de se esperar, a área destinada à teoria de Darwin foi a maior,

em boa parte das obras. Os autores ressaltam que as coleções do BSCS (1965, 1973) foram as primeiras nas quais aparece a gravura da girafa esticando seu pescoço como exemplo da evolução conforme Lamarck. Curiosamente, ao se referir à teoria de Darwin, 100% das obras analisadas citam a seleção natural como principal mecanismo subjacente, embora apenas 75% falem sobre o conceito de variação dos indivíduos nas espécies (pensamento populacional), o que é fundamental para a compreensão da teoria.

Uma inconsistência ainda maior das proposições presentes nas obras analisadas por Almeida e Falcão (2010) é percebida nas explicações evolutivas de Lamarck. Embora não seja o argumento principal da sua teoria, 100% dos livros falam da herança dos caracteres adquiridos e apenas 30% falam sobre o conceito de adaptação, uma das principais contribuições do naturalista francês (ALMEIDA; FALCÃO, 2010). Saliente-se que nas primeiras edições dos livros didáticos em que o tópico evolução aparece (anos 40) a dicotomia Darwin *versus* Lamarck não estava configurada. Os autores salientam que tal confronto teórico começou a aparecer justamente com as coleções do BSCS, nas décadas de 1960-1970, rebaixando a teoria de Lamarck a uma especulação infrutífera e apresentando a de Darwin como um modelo ideal de rigor científico e precisão.

Carvalho e Clément (2007) pesquisaram os temas “evolução” e “origem do homem” nos livros didáticos de 19 países com marcadas diferenças políticas e socioculturais: Portugal, França, Reino Unido, Itália, Malta, Alemanha, Polônia, Hungria, Romênia, Lituânia, Estônia, Finlândia, Chipre, Senegal, Marrocos, Argélia, Tunísia, Moçambique e Líbano. Usando a Transposição Didática como referencial e valendo-se de um modelo que busca atribuir a influência de valores culturais e práticas sociais ao conhecimento científico transmitido (KVP, de *knowledge, values e practices*), os pesquisadores encontraram que o tópico origem e evolução do homem não é abordado em Malta, Portugal, Tunísia e Reino Unido. Em países como Argélia e Marrocos o tema EB não é sequer citado nos manuais escolares. Os resultados obtidos mostraram que a evolução é representada de forma linear e finalista, culminando com o surgimento do *Homo sapiens*, este sempre de pele branca (mesmo em países cuja população é predominantemente negra como o Senegal) e do sexo masculino.

Rocha e colaboradores (2007), os autores do 1º Catálogo do PNLD de Biologia, expuseram os principais problemas conceituais que excluíram nove das vinte obras selecionadas pelo programa no ano em

questão. No tocante ao tema da EB, os critérios para exclusão foram agrupados em dois tipos: (1) conceitos errôneos, ou (2) conceitos que, mesmo não explicitados de forma equivocada, pudessem colocar obstáculos para o entendimento das ideias científicas por parte dos estudantes. Entre os conceitos errôneos encontrados, que resultaram na rejeição dos respectivos livros, os autores encontraram, por exemplo: a noção sobre a origem dos animais como resultante da fusão de colônias flageladas; baleias e peixes como descendentes de um ancestral comum terrícola; exemplos de radiações adaptativas de mamíferos como tubarões (peixes) e ictiossauros (répteis aquáticos); e árvore filogenética apresentando humanos e macacos antropóides em ramos distintos. Outros equívocos foram os conceitos de homologia e de evolução, esta última sendo definida equivocadamente como sendo “todo processo de mudança dos seres vivos ao longo do tempo”, uma definição que não permite diferenciar as mudanças evolutivas históricas daquelas associadas à ontogenia, crescimento, sucessão ecológica, entre outras. Problemas maiores foram encontrados com relação a interpretações deturpadas do processo evolutivo, como sendo um fenômeno linear, que resultaria em perfeição ou progresso, e unicamente resultante de processos adaptativos e linguagem teleológica, como características que se originaram para desempenhar funções específicas.

Azevedo (2007) investigou explicações teleológicas em LDs e a forma pela qual professores percebem ou não essas explicações, nesses materiais. Baseado em perspectivas as quais assumem que alguns conhecimentos dos professores só podem ser desenvolvidos a partir da prática, esse pesquisador identificou que o uso da linguagem teleológica pode ter fins didáticos no contexto escolar, especialmente nas aulas de Ciências. Nesse sentido, a teleologia constitui um recurso pedagógico, uma ferramenta heurística, “e não a raiz elucidativa para um fenômeno biológico” (AZEVEDO, 2007, p. 87). Azevedo (2007) propõe, assim, uma simbiose entre o conhecimento biológico acadêmico e o conhecimento sobre a disciplina escolar Biologia.

Das pesquisas descritas acima, é possível apontar alguns padrões, como a busca pela centralidade da EB ao longo dos livros, ou, em outros casos, a precisão conceitual de termos e conceitos atinentes à EB. No entanto, não encontrei, na literatura consultada, trabalhos que investigassem, através dos conteúdos veiculados nos LDs, a presença de

uma determinada visão evolutiva que permeasse a totalidade de cada obra e que constituísse, mesmo que de forma subjacente, um fio condutor para os conteúdos e conceitos específicos de EB.

Portanto, baseado nesse sucinto panorama sobre a presença, as características e os problemas da EB no ensino de Biologia, e em especial sua inclusão nos LDs dessa disciplina, é possível formular a seguinte questão de pesquisa:

- Quais os entendimentos associados ao progresso biológico/evolutivo presentes nos LDs selecionados pelo PNLD 2012?

O presente trabalho tem, assim, como objetivo principal:

- Identificar as concepções de progresso biológico/evolutivo presentes nos LDs.

Os objetivos específicos podem ser assim expressos:

- Investigar, nos LDs de Biologia selecionados pelo PNLD 2012, quais as passagens, explicações, definições e imagens que veiculam uma conotação progressiva para a EB;
- Demarcar, de que forma, e em quais aspectos dos LDs, essas concepções estão presentes;
- Categorizar as concepções de progresso, com base em trabalhos pretéritos que investigaram essa temática;
- Discutir as possíveis repercussões desses entendimentos no ensino de EB.

Ressalto que a presente pesquisa assume um caráter de ineditismo, uma vez que pretende investigar a persistência de uma ideia – **a do progresso** – que não se manifesta unicamente em conceitos estanques, mas que pode até mesmo orientar todo um entendimento do processo evolutivo. Essa ideia, controversa em boa parte da história dos estudos sobre a Biologia Evolutiva, será detalhada no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 2- DO PROGRESSO BIOLÓGICO



“Um sábado qualquer...”<sup>®</sup> (<http://www.umsabadoqualquer.com/>)

*"A mudança é indubitável, mas o progresso é uma questão controversa." Bertrand Russell*



## CAPÍTULO 2 - DO PROGRESSO BIOLÓGICO

Neste capítulo pretendo discutir alguns aspectos relativos à ideia de progresso na EB, ideia esta que é controversa e certamente demanda uma discussão ampla a seu respeito. Aqui, meu objetivo é resgatar alguns aspectos históricos da gênese dessa ideia e de como ela já foi discutida dentro dos processos evolutivos. Darei ênfase, em especial, às visões de Ayala (1988) e de Gould (2001). O primeiro autor é defensor de uma conceituação científica de progresso; já o segundo, assume uma posição de negar que essa ideia possa ser defendida cientificamente. Esses dois pontos de vista servirão como subsídio às análises que serão feitas. Pretendo, por fim, apresentar algumas expressões recorrentes na Biologia evolutiva que, devido à sua pluralidade semântica (SEPÚLVEDA; EL-HANI, 2007), relacionam as explicações evolutivas a alguma concepção de progresso.

### 2.1 A GÊNESE HISTÓRICA

Segundo Ana Barahona (1998), a ideia de progresso, aplicada tanto à natureza quanto à humanidade, começa a se desenvolver no Renascimento. Até o século XVI, o mundo era interpretado em termos de ciclos eternos, e foi só a partir desse século que se começou a cogitar a possibilidade que a história da natureza e da humanidade tivesse um desenvolvimento progressivo.

Para a Biologia, a ideia de progresso esteve ligada ao conceito de *scala naturae* ou ‘cadeia do ser’, um arranjo linear para organizar, desde objetos inanimados até seres celestes como anjos e arcanjos, em uma única linha, indo do simples ao mais elaborado (BARAHONA, 1998). No entanto, esse arranjo dos seres na *scala naturae* era estático, uma vez que ele havia sido criado de forma perfeita e qualquer mudança dos seres seria considerada uma degradação (BARAHONA, 1998). Foi Lamarck (1744-1829) que temporalizou a cadeia do ser, assumindo que a organização hierárquica dos seres representava etapas distintas rumo a um estado de maior perfeição (MAYR, 2003). Um grande impulso para a ideia de que a vida havia se desenvolvido de maneira progressiva foi dado por Georges Cuvier (1769-1832), através da Paleontologia Comparada. Mesmo sendo criacionista, Cuvier explicava o progresso

das formas vivas como diretamente determinado pelas condições físicas e cambiantes da superfície da Terra. Assim, nos períodos geológicos mais antigos, as formas superiores de vida não poderiam sobreviver. Dentro dessa interpretação, quando as condições ambientais mudaram, Deus foi capaz de criar formas de vida mais avançadas e, então, a vida “progrediu” (BARAHONA, 1998).

No entanto, foi a partir do século XIX que a ideia de progresso alcançou grande popularidade, pois evidenciava um paralelo com a crença no progresso social:

Os filósofos sociais do século XIX viam o progresso da vida como um corolário perfeito das suas próprias crenças no progresso social. Esta ideia teve mais influência no século XIX graças à teoria da evolução, que inclui o homem dentro da natureza (BARAHONA, 1998, p. 130).

Outro exemplo do reflexo da ideia de progresso na sociedade pode ser encontrado na doutrina positivista de Auguste Comte (1798-1857). Para ele, a sociedade reflete os diversos estágios da vida de um homem e a ela também corresponderia tal mudança, determinando o progresso geral da humanidade. Ribeiro (2006) coloca nos seguintes termos a visão do progresso social comtiano:

O progresso da sociedade é caracterizado, assim, pela incessante especialização das funções, como todo desenvolvimento orgânico, para maior aperfeiçoamento na evolução dos órgãos particulares (RIBEIRO, 2006, p. 24).

É nesse contexto do século XIX que aparece a teoria darwiniana de evolução por seleção natural. Se Darwin (1809-1882) efetivamente defendia a existência de progresso na evolução ainda é um tema inconcluso. Alguns autores (GOULD, 2001; MEGLHIORATTI; BORTOLOZZI; CALDEIRA, 2005) defendem que Darwin manteve um conflito entre aquilo que ele propunha como mecanismo para a evolução das espécies e o contexto social e histórico no qual ele estava inserido, contexto esse, apropriado para uma “atmosfera de progresso associado às questões ideológicas” (MEGLHIORATTI; BORTOLOZZI; CALDEIRA, 2005). E, conforme algumas análises da obra de Darwin



(BARAHONA, 1998; ROSSLENBROICH, 2006), a questão é realmente dúbia. Se, por um lado, o mecanismo proposto por Darwin para explicar o surgimento das diferentes espécies eliminava a necessidade de qualquer desígnio divino ou finalidade, por outro, é possível interpretar uma tendência da vida em direção ao progresso, ao menos como produto indireto da seleção natural (BARAHONA, 1998). Por exemplo:

Ainda que não temos nenhuma prova boa de que exista nos seres orgânicos uma tendência inata para o desenvolvimento progressivo, no entanto, isto se segue necessariamente, como tentei demonstrar no capítulo quarto, da ação contínua da seleção natural, pois a melhor definição que se deu de um tipo superior de organização é o grau em do que os órgãos se especializaram ou diferenciado [*sic*], e a seleção natural tende para este fim, quanto que os órgãos são deste modo capazes de realizar suas funções mais eficazmente (DARWIN, 2009, p. 193).

Outro trecho na obra *A Origem das Espécies* em que se encontra essa ambiguidade sobre progresso é no capítulo IV, no tópico *Sobre o grau a que tende a progredir a organização* (DARWIN, 2009, p. 112-115). Nessa seção, Darwin afirma que como resultado da seleção natural “todo ser vivo tende a aperfeiçoar-se mais e mais” e que “este aperfeiçoamento conduz inevitavelmente ao progresso gradual da organização do maior número de seres vivos” (DARWIN, 2009, p. 112). Todavia, Darwin reconhece que entra “num assunto complicadíssimo, pois os naturalistas não definiram, de maneira satisfatória para todos, o que se entende por progresso na organização” (DARWIN, 2009, p. 112). No parágrafo seguinte da mesma página, Darwin (2009) parece deixar claro alguns critérios possíveis para comparar a organização: no caso dos vertebrados “o grau de inteligência e a aproximação à conformação do homem” (DARWIN, 2009, p. 112). Mais à frente, Darwin (2009) parece admitir que o critério de Karl Ernst Baer (1792-1876), a saber, o grau de diferenciação das partes do mesmo ser orgânico, parece ter maior aplicação para se estabelecer o aumento de progresso na organização. E, então, Darwin (2009) faz um adendo a esse critério,

colocando a especialização para funções diferentes e o aperfeiçoamento na divisão do trabalho fisiológico como possíveis guias para a ideia de progresso.

Ao analisar as ideias anteriores retiradas de *A Origem das Espécies*, parece ficar clara a defesa darwiniana da ideia de progresso. No entanto, na próxima página desse livro é colocada a seguinte pergunta: “Por que as formas mais aperfeiçoadas não suplantaram nem exterminaram em todas as partes as inferiores?” (p. 113). E eis a resposta do naturalista:

Segundo a nossa teoria, a persistência de organismos inferiores não oferece dificuldade alguma, pois a seleção natural, ou a sobrevivência dos mais adequados, não implica necessariamente desenvolvimento progressivo; tira somente proveito das variações à medida que surgem e são benéficas para cada ser em suas complexas relações de vida (DARWIN, 2009, p. 113).

Uma hermenêutica profunda da obra de Darwin seria necessária para esclarecer questões como essa. Para o presente trabalho importa afirmar que considero dúbia a posição de Darwin quanto a esse ponto. No tópico a seguir veremos como foi feita a apropriação do conceito de progresso no pensamento evolutivo. Consideraremos autores que buscaram defendê-lo e outros que o combateram.

## 2.2 DEFESA DE PROGRESSO BIOLÓGICO

A defesa da ideia de progresso biológico é histórica, independente da definição que seja dada para essa expressão, que, como veremos, podem ser múltiplas. Como uma das defesas mais representativas de tal ideia, retomemos a obra de Herbert Spencer (1820-1903), biólogo, filósofo, sociólogo e contemporâneo de Darwin, intitulada *Do progresso – sua lei e sua causa*, publicada em 1857. Para esse pensador, autor da expressão “sobrevivência dos mais aptos”, o progresso é uma lei geral que comanda tanto a estrutura física do planeta, quanto a natureza orgânica; governa tanto as estruturas sociais, quanto as artes, as línguas e o desenvolvimento de uma criança rumo à fase adulta. Essa lei seria regida por uma tendência intrínseca a uma maior heterogeneidade dos sistemas:

Está fora de qualquer discussão o fato de o progresso orgânico consistir na passagem do homogêneo para o heterogêneo. Assim, propomos demonstrar, em primeiro lugar, que esta lei do progresso orgânico é a lei de todo progresso; quer se trate das transformações da terra, do desenvolvimento da vida à sua superfície ou do desenvolvimento das instituições políticas, da indústria, do comércio, da língua, da literatura, da ciência, da arte, dá-se sempre a mesma evolução, do simples para o complexo, mediante sucessivas diferenciações. Desde as mais remotas transformações cósmicas, de que ainda existem sinais, até aos mais recentes resultados da civilização, vê-se que o progresso consiste essencialmente na passagem do homogêneo para o heterogêneo (SPENCER, 1939, p. 15).

Herbert Spencer foi o grande divulgador da expressão “evolução”. Todavia, para esse autor, além da passagem do homogêneo para o heterogêneo, evolução designava, sobretudo, um fundamento para uma teoria social baseada na luta pela existência. Essa teoria, chamada de darwinismo social, pleiteava uma

guerra dos fortes contra os fracos, dos ricos contra os pobres, deveria seguir seu curso natural, pois seria através dela que a sociedade humana alcançaria aquele patamar de pleno desenvolvimento, purgando-se dos pobres e dos fracos (STRAUSS; WAIZBORT, 2008).

Por extensão, era necessário também justificar os diferentes tipos humanos ou raças e o predomínio do homem europeu sobre os demais. A passagem a seguir, da obra de Spencer referida anteriormente, deixa isso claro:

É inegável que, desde o período em que a Terra foi povoada, aumentou a heterogeneidade do organismo humano entre os grupos civilizados da

espécie; também a heterogeneidade desta última, considerada como um todo, aumentou por virtude da multiplicação das raças e da sua diferenciação entre si. Como prova da primeira tese, podemos citar o fato de que no desenvolvimento relativo dos membros, os homens civilizados se afastam muito mais dos tipos placentários que as raças humanas inferiores. As pernas dos *papuas*, que têm frequentemente os braços e o corpo bem desenvolvidos, são muito curtas, lembrando os quadrúmanos, que não oferecem grande contraste no tamanho das extremidades torácicas [*sic*] e abdominais. Nos europeus, pelo contrário, é muito visível o maior comprimento e robustez das pernas, apresentando-se neles, portanto, uma maior heterogeneidade entre estas extremidades e as superiores. Outro exemplo da mesma verdade é a diferente relação que existe entre o desenvolvimento dos ossos do crânio e os da face, no selvagem e no homem civilizado (SPENCER, 1939, p. 27, grifos do autor).

O pensamento progressista da evolução persistiu no século XX. Entre os seus defensores podemos citar Pierre Teilhard de Chardin (1966), Julian Huxley (1946) e Ernst Mayr (1988; 2003).

Chardin (1881-1955), como jesuíta, propôs um evolucionismo teológico-filosófico (SEVERINO, 1994). Nessa visão, o homem é o ápice da evolução e, mais especificamente, a emergência do pensamento é que coroa essa evolução. Apesar de Chardin (1966) considerar o homem como resultado de um processo de especiação que se deu em todo o ramo dos Primatas (*ibidem*, p. 188), é o pensamento, a característica distintiva, que sela a posição do homem na evolução:

Para dar ao homem o seu verdadeiro lugar na natureza, não basta abrir nos quadros da Sistemática uma secção suplementar, mesmo uma ordem, mesmo um ramo a mais. Pela hominização, apesar das insignificâncias do salto anatômico, uma nova Idade começa. A Terra “muda de pele”. Melhor ainda, encontra a sua alma. [...] Na série dos escalões sucessivamente franqueados pela Evolução, o nascimento do Pensamento segue diretamente e só é comparável,

em ordem de grandeza, à condensação do quimismo terrestre ou ao próprio aparecimento da Vida (CHARDIN, 1966, p. 191).

Essa passagem da obra de Chardin (1966) aponta para o antropocentrismo que guiou a sua perspectiva evolutiva. Também é perceptível a ideia de *scala naturae* presente no pensamento de Chardin, uma vez que ele fala em “escalões sucessivamente franqueados pela Evolução”.

Nessa perspectiva de EB como progresso, Huxley (1887-1975), um dos proponentes da Síntese Moderna, também propõe seus critérios para sua definição. Porém, diferentemente de Chardin, a proposição de Huxley não é teleológica, mas pautada em critérios mais objetivos. Segundo Huxley (1946), progresso pode ser inferido a partir de propriedades que os organismos apresentam, as quais, em seu conjunto, podem ser tomadas como dois tipos: aquelas que permitem maior controle sobre o ambiente e aquelas que proporcionam maior independência desse ambiente. No entanto, embora proponha esses critérios mais objetivos para se mensurar o progresso evolutivo, Huxley (1946) não esconde o seu antropocentrismo:

O homem é o último tipo dominante que evoluiu, e sendo assim, está justificado que chamemos de progressivas as direções que conduziram ao seu desenvolvimento. Devemos, entretanto, guardarmos do subjetivismo e de descobrir valores humanos nas primeiras fases do progresso evolutivo. Os valores humanos são, sem dúvida, critérios essenciais para dar os passos em direção a um futuro progresso, mas antes que o homem aparecesse, unicamente se poderiam atuar valores biológicos (HUXLEY, 1946, p. 657).

Mayr (1988, 2003, 2008), por sua vez, teve uma opinião oscilante sobre a existência de progresso na EB. No livro *Toward a New Philosophy of Biology* (1988) afirmou claramente a existência de progresso postulando, inclusive, critérios pelos quais julgou que o progresso poderia ser objetivamente investigado, ao menos, para alguns grupos de seres vivos. O primeiro seria cuidado parental, pois possibilita a

transferência de informação não genética entre gerações. O segundo é o aumento do sistema nervoso central que, juntamente com o primeiro critério, formam a base da cultura e “cultura juntamente com diálogo [*speech*] colocam o homem relativamente distanciado dos demais seres vivos” (MAYR, 1988, p. 252).

Em *The Growth of Biological Thought* (2003), Mayr segue afirmando a existência de progresso: “Rejeitar a progressão de infusórios às angiospermas e vertebrados pode bem implicar a rejeição da evolução como um todo” (MAYR, 2003, p. 531). Entretanto, nessa obra, não foi encontrado um parâmetro para se estabelecer progresso de forma mais objetiva.

Por fim, em *Isto é Biologia* (2008), Mayr continua aventando a possibilidade de que exista progresso na EB. No entanto, agora, o autor reconhece a dificuldade em se definir progresso e considera que tal conceito pode abarcar múltiplos significados. Para Mayr (2008), o progresso seria uma consequência, um resultado inevitável dos mecanismos evolutivos, pois a mudança na história da vida:

É virtualmente uma necessidade dentro do conceito de seleção natural, porque as forças combinadas da competição e da seleção natural deixam poucas alternativas além da extinção ou da progressão evolutiva. [...] Não há, simplesmente, nenhuma indicação, na história da vida, de uma tendência universal ou capacidade de progresso evolutivo. O aparente progresso, onde ele é encontrado, é simplesmente um subproduto de mudanças provocadas pela seleção natural (MAYR, 2008, p. 266-267).

Houve, no entanto, dentro do domínio das Ciências Biológicas, autores que buscaram conceituar progresso cientificamente e, de alguma forma, criar uma taxonomia para diferenciar os tipos de progresso. Nesse aspecto, merece destaque o trabalho de Ayala (1988). Como esse trabalho demanda uma discussão mais detalhada, o tópico a seguir destina-se a ele.

### 2.3 A BUSCA PELA DEFINIÇÃO CIENTÍFICA DE PROGRESSO: A VISÃO DE FRANCISCO JOSÉ AYALA

Mais recentemente, outros pensadores se ocuparam com esse tema e buscaram uma forma de defender e conceituar a ideia de progresso. Um dos biólogos e filósofos que dedicou grande parte dos seus trabalhos, no século passado, à pesquisa sobre progresso biológico, foi Francisco José Ayala. Para Ayala (1988), a evolução aparenta ser claramente progressiva, uma vez que os primeiros organismos não eram mais complexos do que bactérias e cianofíceas, mas passados alguns bilhões de anos, os descendentes desses seres incluem organismos compostos por trilhões de células, por tecidos diversificados, por órgãos e estruturas especializados, apresentam cuidados parentais, organização social e mecanismos de percepção ambiental complexos, dentre outras características.

No entanto, segundo o autor, a questão se torna menos óbvia ao constatarmos que as bactérias e cianofíceas encontradas hoje em dia não são muito diferentes das primeiras formas de vida existente, ou seja, algumas linhagens de seres tiveram pouca variação, o que não quer dizer que não evoluíram. Nesse sentido, torna-se possível questionar a existência de um processo progressivo na evolução. A manutenção das formas é apenas uma das características a ser analisada, posto que a ideia de progresso assume diferentes interpretações. Uma delas, por exemplo, poderia ser vista em relação à dependência de outros seres vivos: algumas bactérias conseguem obter energia para suas funções através de reações metabólicas que utilizam compostos inorgânicos; seres humanos, por sua vez, dependem de outros organismos para obter energia.

Mesmo sendo um defensor da ideia, Ayala (1988) reconhece que o termo pode não ser prontamente claro. As frases e expressões em que a palavra progresso ocorre, comportam uma série de conotações e, portanto, deve-se ter claro desde o início sobre qual sentido atribuído à palavra ou ideia de progresso. Para tanto, Ayala (1988) busca outras expressões que possam auxiliar no entendimento da palavra progresso, como por exemplo, mudança/variação, evolução e direcionalidade.

Progresso implica necessariamente em mudança, embora o contrário não seja verdadeiro, pois nem todas as mudanças são

progressivas. Por exemplo, a mutação de um determinado alelo funcional para outro não funcional é uma mudança, mas não pode necessariamente ser considerada progressiva. O termo evolução também se distingue de progresso, embora ambos impliquem na ocorrência de mudança. A mudança evolutiva não é necessariamente progressiva. Ela pode, por exemplo, levar espécies à extinção, e, neste caso, tal mudança não é progressiva. A ideia de progresso também pode ocorrer sem mudança evolutiva: a quebra de dormência de sementes e a passagem de endósporos bacterianos para uma forma mais ativa metabolicamente, são exemplos de fenômenos que podem ser considerados progressivos, embora nenhuma mudança evolutiva tenha ocorrido.

Já o conceito de direcionalidade implica em mudanças que ocorrem linearmente, de forma que essas possam ser sequenciadas. A ideia de direcionalidade pode ser associada à de irreversibilidade (AYALA, 1988), pois o progresso evolutivo é tido como direcional, uma vez que se torna irreversível. Os seres vivos modernos não sofrerão mudanças de forma a se transformarem em seus antepassados biológicos: as aves modernas não virarão dinossauros assim como os seres humanos não se transformarão nos hominídeos que os antecederam.

Ayala (1988) ressalta que é possível falar em direcionalidade tanto no mundo orgânico quanto no inorgânico, a exemplo da segunda lei da termodinâmica, aplicada em todos os processos da natureza, a qual descreve sempre um aumento de entropia em sistemas fechados. A ideia de direção também é aplicada em Paleontologia, nas chamadas “tendências evolutivas”. Uma tendência ocorre em determinadas linhagens quando uma característica muda persistentemente ao longo do tempo, nos membros de uma dada sequência. A distinção entre direcionalidade e progresso justifica-se pelo fato de que algumas tendências representam mudanças direcionais, mas certamente essas mudanças não podem ser taxadas de progressivas, caso contrário, precisaríamos assumir que a mudança foi para melhor, em certo sentido. Dessa forma, teríamos que considerar que os membros mais recentes de certa sequência apresentam, segundo alguns padrões, melhorias em relação aos seus antepassados. Assim sendo, colocaríamos os mamíferos em condição de superioridade aos peixes, mesmo que estes dominem os oceanos e tenham seus crânios constituídos de forma muito mais complexa do que aves e mamíferos (MAYR, 2003).

Juntando esses elementos (mudança, evolução e direcionalidade), Ayala (1988) define progresso como uma sequência de eventos



históricos que mostram uma alteração sistemática nas propriedades ou estado dos elementos sequenciados. O progresso ocorre quando a mudança direciona para uma melhor condição ou estado, de tal forma que o conceito abarca dois elementos: um descritivo, que uma mudança direcional ocorreu, e outro axiológico, ou seja, que essa mudança implicou em uma melhoria do organismo. A noção de progresso, dessa forma, requer um julgamento conforme padrões axiológicos sobre o que é melhor, pior, superior ou inferior. Embora autores como Gould (1988) discordem dessa ideia (como apontarei mais adiante neste mesmo capítulo), Ayala (1988) afirma que esse padrão axiológico não envolve um julgamento moral, ou seja, algo pode ser melhor ou pior em um sentido de maior/menor eficiência, abundância ou complexidade sem que seja necessário adentrar em questões morais.

Além da pluralidade de sentidos em relação ao conceito de progresso, há que se diferenciar também os tipos de progresso. Ayala (1988) postulou quatro formas diferenciadas de progresso. A primeira foi chamada de **progresso uniforme**, a qual ocorre quando cada membro de uma sequência filética é melhor do que cada um dos seus antecessores, para uma dada característica. O **progresso líquido**, por sua vez, não implica que cada membro de uma dada sequência seja melhor do que cada um dos seus antecessores ou pior do que seus sucessores, mas sim requer que os membros mais modernos de uma sequência são melhores, na média das características, dos que os mais antigos. Isso vai de encontro ao argumento de que a evolução não é progressiva porque, independente da característica escolhida, flutuações dessa característica sempre são encontradas em uma determinada linha evolutiva. Tal argumento é totalmente válido contra a ideia do progresso uniforme, mas não contra a existência de progresso líquido. Frise-se aqui que nem o progresso uniforme nem o progresso líquido implicam em metas específicas a serem alcançadas. Progresso implica em melhorias graduais, mas essa taxa de melhoria pode diminuir com o tempo de modo que seria possível representá-la através de uma curva assintótica, a qual se aproxima sempre do eixo gráfico, porém nunca o toca. Ou seja, é possível melhorar infinitamente sem nunca chegar ao estado ideal.

Além desses dois tipos de progresso, Ayala (1988) também diferenciou os termos **progresso geral** e **progresso particular**. O

primeiro diz respeito a progressos ocorridos em todas as linhagens históricas para uma dada característica, ao passo que progresso particular ocorre somente em uma ou algumas linhagens históricas ou durante intervalos temporais específicos dessas linhagens. Ou seja, se pudéssemos escolher uma característica que ocorresse nos seus primórdios até o presente, tal processo seria um progresso geral. Se tal progresso ocorreu em algumas, mas não em todas as linhas evolutivas, então ele é chamado de progresso particular. A evolução de formas parasitantes é particularmente interessante quanto a esse aspecto: algumas características são retrogressivas, como a redução do sistema digestório, enquanto que algumas mudanças morfológicas e outras relacionadas aos ciclos biológicos permitiram que esses organismos atingissem o seu atual patamar de desenvolvimento. Essa é uma crítica feita para se negar a existência de progresso no processo evolutivo, uma vez que a evolução pode ser regressiva. Tal crítica é pertinente ao progresso geral, mas não às reivindicações de progresso particular, uma vez que tal redução lhes poderia ser benéfica.

Apesar de todas as categorizações expostas até aqui, Ayala (1988) assume a dificuldade em definir progresso como um conceito puramente biológico. Ele indica trabalhos de outros cientistas, como Thoday e Kimura, que também tentaram estabelecer critérios objetivos para essa conceitualização. No entanto, a posição de Ayala (1988) é a de que nenhuma dessas tentativas, brevemente explicadas a seguir, foi plenamente sucedida.

Para Thoday (1953, 1958 *apud* AYALA, 1988), o progresso poderia ser mensurado em virtude do aumento da aptidão (*fitness*) para a sobrevivência de uma espécie. De tal forma, as mudanças evolutivas são progressivas somente se elas aumentam a probabilidade de deixar descendentes depois de longos períodos de tempo. Essa aceção de progresso foi criticada por dar margem à ideia de que todo grupo de espécies é mais progressivo do que qualquer um de seus antecessores, pois, afinal os seres que vivem hoje sobreviveram às dificuldades pelas quais outros seres sucumbiram. Além disso, a definição de Thoday carece de critérios válidos de operacionalidade, pois, ao se estimar a probabilidade que algum mamífero moderno deixe descendentes, também deveríamos estimar essa probabilidade para mamíferos de outros períodos geológicos. Thoday enumerou os critérios que poderiam ser levados em conta para essa avaliação, como adaptação, estabilidade genética, flexibilidade fenotípica, estabilidade ambiental, entre outros. Entretanto, não é claro como esses componentes poderiam ser

quantificados, nem qual seria o peso de cada um para os parâmetros avaliados.

Outro cientista que buscou uma definição de progresso em caráter estritamente biológico foi Kimura (1961 *apud* AYALA, 1988), estabelecendo uma conceituação para progresso baseada na quantidade de informação genética que um organismo poderia armazenar. Tal modelo apresentou diversas falhas apontadas por Ayala (1988), como a ideia de um acúmulo constante de informação genética por geração, o que levaria à conclusão que organismos com tempos gestacionais curtos têm mais informação acumulada do que aqueles com tempos maiores. Segundo tal visão, toupeiras e quirópteros seriam mais evoluídos do que equinos e cetáceos, por exemplo, proposta que não encontra sustentação se outros parâmetros evolutivos forem considerados.

Ayala (1988) reconhece que as tentativas para definir progresso falharam por sempre tomarem pressupostos axiológicos como base. No entanto, esse autor não inviabiliza uma busca por essa definição, desde que duas decisões sejam mantidas sob vigilância: a escolha de características objetivas, de acordo com as quais os eventos podem ser ordenados, e qual polo desses eventos ordenados representaria uma melhoria. Embora essas decisões tenham um critério subjetivo, elas não devem ser arbitrárias, pois o conhecimento biológico em questão pode guiá-las. Por exemplo, ele desconsidera a possibilidade de progresso uniforme, pois as características não seguem um padrão rígido de mudança, as flutuações sempre estão presentes. A questão então permaneceria na existência de critérios pelos quais se poderia afirmar que progresso líquido é uma característica geral do processo evolutivo, ou mesmo se o progresso poderia ser encontrado em certas linhagens e em determinados períodos históricos.

Mas, e

se a evolução for interpretada como uma tendência da expansão da vida, de preenchimento e espaços disponíveis nos ambientes habitáveis incluindo aqueles criados pelo próprio processo de expansão? (SIMPSON, 1949 *apud* AYALA, 1988, p. 85).

Algumas considerações poderiam ser critérios distintos para os quais a expansão da vida poderia ser mensurada, quais sejam: aumento do número de espécies, aumento do número de indivíduos, aumento da massa de matéria viva e expansão da taxa total de fluxo energético. Embora todas essas tentativas tenham sido feitas, Ayala (1988) afirma que a palavra progresso, antes de uma definição estritamente científica, é uma ideia carregada de valor, ou seja, o conceito de progresso envolve uma avaliação entre elementos a serem considerados bons ou ruins, melhores ou piores. Apesar disso, o próprio Ayala (1988) busca estabelecer critérios pelos quais o progresso biológico poderia ser investigado cientificamente. Para ele, o progresso evolucionário estaria na habilidade de os organismos processarem informação sobre o ambiente. Mesmo com o seu próprio critério, Ayala (1988) reconhece que não há um padrão considerado ideal para todas as linhagens. Os critérios não poderiam ser escolhidos *a priori*, mas sim dependeriam dos contextos particulares e do propósito em discussão. Ademais, a distinção entre progresso uniforme e líquido, por um lado, e progresso geral e particular, por outro, torna possível o reconhecimento de um determinado sentido para o progresso biológico, mesmo que todos os membros de um determinado grupo não sejam progressivos em relação aos seus precedentes, ou mesmo que um grupo seja melhor que outro. Também possibilita entender a ocorrência de progresso em determinados períodos, mas não na integridade temporal.

Ayala (1988) encerra seu trabalho de maneira antropocêntrica, ao considerar que o *Homo sapiens* seria o ápice evolutivo de acordo com seu critério estabelecido para progresso: o de obter informação do ambiente e reagir de acordo com essas informações. Dessa forma, haveria espécies mais adaptadas do que outras na medida em que as adaptações permitiriam buscar ambientes mais adequados e evitar os menos adequados. Tal condição de percepção atingiu o ápice com a humanidade, o que colocaria a espécie *Homo sapiens* além dos outros animais, uma vez que os demais organismos se adaptariam ao ambiente, enquanto que os seres humanos criam as condições para que o ambiente se adapte às suas limitações. Algumas das características que Ayala (1988) sugere para fazer tal distinção são: linguagem simbólica, organização social complexa, controle sobre o ambiente, habilidade para projetar e trabalhar no futuro, valores e ética. Dessa forma, as capacidades de obter e processar informação também estariam relacionadas ao desenvolvimento de um sistema nervoso complexo, o que colocaria, por exemplo, animais como celenterados em uma escala

inferior aos platelmintos, e todos os vertebrados acima desses dois. Carregado de antropocentrismo, Ayala (1988) reconhece que o seu critério utilizado para o estabelecimento de progresso biológico não é melhor ou mais objetivo do que os demais, mas que deixa suas contribuições no sentido de fornecer uma possibilidade avaliativa de progresso biológico, tendo a certeza de que uma miríade de outros critérios a ser utilizada não posicionaria o *Homo sapiens* como o mais progressivo dos seres.

## 2.4 PELA NEGAÇÃO DO PROGRESSO BIOLÓGICO: A VISÃO DE STEPHEN JAY GOULD

O paleontólogo, biólogo e historiador da ciência Stephen Jay Gould assume uma postura peremptoriamente contra qualquer ideia de progresso em Biologia Evolutiva:

Progresso é uma ideia nociva, culturalmente embutida, não testável, não operacional e não tratável a qual deve ser substituída se nós quisermos entender os padrões da história. [...] Progresso é um mau exemplo de uma generalidade crucial a qual devemos atentar - o estudo de mudança direcional na história (GOULD, 1988, p. 319).

A crítica de Gould (1988) dirige-se principalmente para a ideia de progresso como uma meta cujo fim, para muitos autores, inexoravelmente conduziria ao ser humano. Metaforicamente, o *Homo sapiens sapiens* ocupa apenas um microssegundo da história do mundo, quando se leva em consideração toda uma existência de bilhões de anos, o que coloca em cheque a noção de superioridade humana em relação aos demais seres vivos. Nas palavras de Gould (1988):

Nosso confinamento geológico a um momento final do registro histórico pode levantar suspeitas de que somos apenas um acidente fortuito, uma reflexão tardia ao invés da meta de toda criação. [...] Progresso é uma doutrina que dissipa esse pensamento - toda a vida move-se

inexoravelmente para frente [...], rumo a sua última personificação na consciência humana [...] tudo o que veio antes (do *Homo sapiens*) pode ser interpretado como parte de um processo programado para produzir a nossa forma desde o começo (GOULD, 1988, p. 319).

Ou seja, a ideia de progresso rechaçada por Gould (1988) é a que coloca todos os outros seres como substitutos imperfeitos, em uma escalada rumo ao estado atual do homem. Dessa forma, a sua crítica à noção de progresso se fundamenta, principalmente, contra a ideia de teleologia (no sentido cósmico), de questões axiológicas e, principalmente, de linearidade. Esse autor considera que a noção de progresso é um conceito cultural imanente a um tipo particular de sociedade – a que nós vivemos. As raízes dessa ideia são antigas, no entanto, tornam-se cada vez mais fortes através da chamada *cultura pop*, na qual representações lineares que levam do macaco ao homem ou similares, nos indicam uma concepção de evolução como sinônimo de progresso ou melhoria.

Apesar de suas críticas, Gould (1988) reconhece a possibilidade de existência de fenômenos identificados como progresso no registro fóssil, como sendo:

[...] tendências persistentes nos clados baseadas em características interpretadas como avanços estruturais levando a um aumento na representação dos táxons portadores de tais características (usualmente assumindo que seus competidores não as possuíam) (GOULD, 1988, p. 324).

A possibilidade de tais fenômenos aumenta consideravelmente se levarmos em consideração a ortodoxia neodarwinista de adaptacionismo e de competição como elementos da substituição de alguns organismos por outros. Se mantivermos essas premissas *a priori*, poderemos julgar os conjuntos de dados do registro fóssil como ideias convencionais de progresso. No entanto, desde a década de 60 e 70 do século passado, o programa adaptacionista vem sendo contestado. As críticas são baseadas na constatação tanto da importância de eventos contingenciais na evolução dos seres (Kimura e a teoria neutra da evolução) quanto por características que foram herdadas paralelamente e que se mantiveram

em uma população sem uma origem por seleção natural (GOULD; VRBA, 1982).

Segundo Gould (1988), outro fator que deve ser considerado é a substituição da fauna como uma evidência literal de melhoria ou competitividade entre espécies. No entanto, as extinções em massa e a consequente substituição de organismos por outros não ocorreram através de declínios graduais concomitantemente com a ascensão de outros grupos. A substituição não competitiva talvez seja a regra, e não a exceção na história da vida. Possivelmente, nossa existência é contingencial pela substituição de dinossauros por mamíferos, ou seja, não foi devido à competição que tal substituição faunística ocorreu, mas sim devido a eventos estocásticos<sup>1</sup>. Outro fator que leva Gould (1988) a negar a existência de progresso é a impossibilidade de se afirmar que uma determinada característica é melhor do que outra quando essas características são analisadas em organismos que viveram em tempos distintos, o que tornaria tal comparação anacrônica:

Um caramujo, com uma concha espessa, é melhor do que seu ancestral que possuía uma concha mais fina porque o aumento da capacidade desses caramujos em superar predadores requer tal mudança para alcançar o mesmo objetivo que seus ancestrais conseguiam com uma concha mais frágil? O mundo atual certamente é diferente devido a tal “corrida armamentista”, mas em qual sentido podemos proclamá-lo melhor? (GOULD, 1988, p. 325).

Gould (1988) identifica duas causas principais pelas quais os pesquisadores afirmam encontrar tendências progressivas. A primeira é ver valores médios de determinada característica como tendências para indicar uma possível adaptação da espécie. Gould (1988) propõe que o valor médio de um clado<sup>2</sup> não constitui uma adaptação central, mas sim

---

<sup>1</sup>Eventos estocásticos - diz-se dos processos que não estão submetidos senão a leis do acaso. Definição retirada do Dicionário Priberam da Língua Portuguesa. Disponível em < <http://www.priberam.pt/>>.

<sup>2</sup> Clado - um grupo de organismos que inclui o ancestral e todos os seus descendentes.

<sup>2</sup> Clado - um grupo de organismos que inclui o ancestral e todos os seus descendentes.

uma abstração, uma média entre várias espécies (na definição paleontológica), cada qual adaptada ao seu ambiente. A alteração no valor dessas médias ocorre porque há mudança na variância dos indivíduos que portam tal característica, e não devido a uma tendência adaptativa. A segunda causa é o tamanho e flexibilidade do chamado “potencial exaptativo”. São as possibilidades exaptativas (relacionadas à estrutura do organismo) que resultariam em fontes de mudanças. Essas mudanças não poderiam ser encaradas como melhorias, uma vez que as características seriam cooptadas para novas funções. Dessa forma, os padrões de estrutura e de desenvolvimento selariam as fronteiras e as possibilidades de progresso. Em trabalho anterior, Gould juntamente com Elisabeth Vrba (1982) propuseram o que pode ser uma das principais contribuições para explicar a Biologia evolutiva: cunharam o termo exaptação, que se baseia em características úteis aos organismos que, em virtude de sua estrutura, foram cooptadas para outras funções, e dessa forma não tiveram uma origem adaptativa por seleção natural. A contribuição foi de extrema importância não apenas para proporcionar uma nova explicação que fuja do padrão ortodoxo adaptacionista, mas também por ampliar a possibilidade de vocabulário em uma área em que a ambiguidade das expressões tem sido motivo de debate. A ampliação do léxico proporciona maior precisão para os fenômenos a serem explicados.

Stephen Jay Gould é muito crítico quanto à visão de evolução como progresso, e um marco com relação a esse posicionamento foi um livro inteiro dedicado ao tópico, intitulado *Lance de Dados* (2001). Nessa obra, Gould (2001) retrata de forma extensiva porque o progresso não pode guiar o processo evolutivo. Sua argumentação assenta-se na má interpretação feita às tendências, quando estas são vistas como valores médios que se deslocam temporalmente. Por sua vez, essa má interpretação decorre por não se considerar toda uma *full hand*<sup>3</sup>, ou seja, a variação total das características e incluir apenas valores que erroneamente são tomados como representativos, como médias e valores extremos (máximos e mínimos) de uma linhagem. Nas palavras de Gould (2001, p. 60):

Contudo, as médias podem ser grandemente enganadoras – e em nenhum caso mais

---

<sup>3</sup> No livro em questão, Gould faz uma analogia com o jogo de pôquer (*Full House*). A *full hand*, aqui, significa a “necessidade de focalizar a variação dentro de sistemas completos, nem sempre medidas abstratas de valor médio ou de tendência central” (GOULD, 2001, p. 75).



enganadora do que no exemplo propositadamente aqui escolhido; quando a variação se expande acentuadamente em uma direção e pouco ou nada na outra. Aí a média desliza para a extremidade aberta e dá a impressão (geralmente falsa) de que toda a população se deslocou naquela direção.

A relevância da observação de Gould (2001) deve-se ao fato de que mesmo que um sistema expanda ou contraia (em variação), ele pode estar sujeito a uma moda (valor mais comum) constante e, em virtude dessa expansão ou contração, tem-se a falsa impressão de que existem valores que se deslocam propositadamente a uma direção. Em virtude de tal interpretação, a metáfora da árvore da vida de Darwin seria mais apropriadamente entendida como um arbusto da vida, no qual a grande ramificação ocorre na base e a diversidade dos seres justifica-se mais pela horizontalidade do que pela verticalidade. Um dos exemplos mais ilustrativos que Gould traz em seu livro é sobre a evolução dos cavalos, equivocadamente interpretada como uma tendência para aumento de tamanho, redução do número de dígitos e complexificação dos dentes. Observando o registro fóssil, encontramos que o provável ancestral dos cavalos modernos possuía essas características. No entanto, é enganosa a interpretação de que se pode traçar uma linha reta, ligando o *Hyracotherium* (até o momento, o ancestral mais antigo dos cavalos modernos) até o *Equus* (gênero ao qual pertencem os cavalos modernos) atual. Gould (2001) ressalta que o único representante atual dos cavalos não pode ser visto como uma tendência, mas sim como uma linhagem realmente malsucedida, uma vez que a maior parte dos representantes sucumbiu e não deixou representantes. Dessa forma, Gould (2001, p. 94) diz que:

A evolução raramente progride pela transformação de uma população única que vai de um estágio para outro. Esse estilo evolutivo, tecnicamente denominado anagênese, permitiria que usássemos uma escada, uma cadeia ou uma metáfora de linearidade semelhante, como um ícone adequado para representar a mudança. Em vez disso, a evolução progride através de uma série de eventos elaborados e complexos, que vão

se ramificando ou episódios de diferenciação (tecnicamente chamados de cladogênese, ou ramificação). Uma tendência não é marcha ao longo de um caminho, mas uma série complexa de transferências, ou passos para o lado, de um evento de diferenciação a outro.

A outra má interpretação com relação às tendências diz respeito à crescente complexificação da vida. Para Gould (2001), a “complexidade” crescente que é observada cronologicamente no registro fóssil não é uma tendência, mas antes uma consequência acidental de uma variação crescente que se afasta de uma parede (simbólica) que impede a expansão da vida em outro sentido, abaixo do qual não seria possível a existência de vida. Dessa forma, torna-se lógico que os primeiros organismos a surgirem no planeta foram formas simples, pois uma simplificação maior não permitiria a existência da vida (ou, ao menos, não da vida como a conhecemos). Todavia, Gould (2001) ressalta que a verdadeira tendência da vida nunca se alterou: as bactérias (os primeiros seres) dominam o ambiente, seja em número de indivíduos, seja em biomassa. Caso representássemos os dados absolutos de biomassa ou número de indivíduos do planeta em um gráfico, observaríamos uma curva na qual a moda (o valor mais representativo) seria destinada aos procariotos, deixando apenas uma pequena “cauda” onde estariam os demais seres vivos. Interpretar a evolução como um evento que objetivou a formação dessa pequena cauda, deixando de lado toda a maior parte dos outros seres, nesse caso os procariotos, seria, no mínimo, presunção da nossa espécie.

Não fosse suficiente o número de indivíduos e a biomassa total, as bactérias são os únicos seres realmente ubíquos, pois são esses organismos que possuem adaptações que permitem que ocorram espécies num enorme espectro de condições ambientais, desde fossas oceânicas, lagos hipersalinos, geleiras, fontes hidrotermais até locais com total ausência de luz. Como podemos invocar uma suposta superioridade dos seres multicelulares, em especial, a da nossa espécie, se a real tendência da vida nunca se alterou? Uma forma de vida chamada “simples” que, de tão bem sucedida, pouco se modificou desde o aparecimento da vida na Terra parece ser o verdadeiro padrão da história biológica.

## 2.5 DOS CONCEITOS QUE PODEM REMETER A UMA IDEIA DE PROGRESSO

Pretendo aqui discorrer sobre expressões ligadas tanto à evolução postulada por Darwin (2009) como outras que são inerentes ao pensamento biológico, e também sobre como essas expressões, quando mal interpretadas, podem conduzir a uma (ou diversas) conotação(ões) de progresso na natureza. A escolha dos conceitos que serão abordados foi realizada com base nas dificuldades de alunos e professores em entender a EB relatadas em pesquisas feitas por Bizzo (1994), Ana Paula Netto Carneiro (2004), Licatti e Diniz (2003; 2005), Sepúlveda e El-Hani (2007), Azevedo (2007), Maria Luiza Gastal *et al.* (2009) e Oleques, Bartholomei-Santos e Boer (2011).

### 2.5.1 Seleção Natural

Um dos maiores filósofos da Biologia, Ernst Mayr, afirmou em seu tratado *Toward a New Philosophy of Biology*, que nenhum outro conceito em biologia evolutiva é tão importante quanto o de seleção natural. Tamanha foi a importância de tal conceito que a resistência para a sua aceitação foi igualmente grande (MAYR, 1988). Parte dessa resistência ocorreu por não se tratar de um objeto concreto ou processo que pudesse ser examinado fisicamente, embora para Darwin a ideia pudesse ser definida de forma bastante lacônica:

A esta conservação das diferenças e variações individualmente favoráveis e a destruição das que são prejudiciais chamei eu de seleção natural ou sobrevivência dos mais fortes (DARWIN, 2009, p. 78).

A teoria da seleção natural é pedra de toque do mecanismo evolutivo darwiniano. Ernst Mayr (2005), em seu livro que relata a autonomia da Biologia como Ciência, afirma que o pensamento darwiniano foi composto por cinco teorias principais e independentes, em função do duplo componente da evolução orgânica: transformação no tempo e diversificação no espaço (ecológico e geográfico). Essas

cinco teorias seriam: a evolução propriamente dita (a inconstância do mundo orgânico); a descendência comum (novas espécies surgem de espécies preexistentes); o gradualismo (a natureza não dá saltos, as grandes mudanças evolutivas seriam acúmulos de mudanças menores – o mais provável é que tal ideia seja uma extensão do uniformitarismo geológico<sup>4</sup> de Charles Lyell para o mundo orgânico); a multiplicação de espécies (a variação que ocorre dentro de uma espécie dá origem a espécies distintas); e a seleção natural (o mecanismo que explica a mudança evolutiva). De todas essas teorias, a da seleção natural foi a que encontrou maior resistência. Conforme atestam Meyer e El-Hani (2005):

A partir da década de 1870, a ideia de evolução gozou, ao menos na comunidade científica, de grande aceitação. No caso da outra grande contribuição de Darwin, a teoria da seleção natural, a história foi um pouco mais conturbada. Para muitos cientistas do final do século XIX, restavam dúvidas sobre o papel da seleção natural. Dois problemas eram particularmente sérios: a ausência de um mecanismo convincente de herança (essencial para a operação da seleção natural) e a aparente falta de direção do processo evolutivo, conforme proposto por Darwin (MEYER, EL-HANI, 2005, p. 43-44).

Parte dessa resistência ocorreu por uma guinada do pensamento evolutivo do século XIX: o darwinismo em sua concepção original era flexível, admitindo outros mecanismos evolutivos como os efeitos do uso e desuso. Mas ao final do século XIX, a partir da defesa de August Weismann, de que a teoria da seleção natural seria o único mecanismo possível para explicar a evolução, um conjunto de teorias evolutivas antidarwinistas surgiu. Nas palavras de Meyer e El-Hani (2005):

Tinha início, então, a partir da década de 1890, um período marcado pelo surgimento na comunidade científica de formas de

---

<sup>4</sup> Uniformitarismo geológico – segundo Mayr (2003), o uniformitarismo comporta seis ideias diferentes. Aqui interessa o atualismo (as mesmas causas (leis físicas) atuaram ao longo do tempo geológico), a intensidade de forças causais (as mesmas forças com as mesmas intensidades) e o gradualismo (as mudanças históricas na superfície da Terra foram graduais).

evolucionismo explicitamente antidarwinistas e por uma queda tão grande na aceitação da teoria darwinista que o historiador de Biologia Peter Bowler chegou a denominá-lo “eclipse do darwinismo” (MEYER, EL-HANI, 2005, p. 44-45).

Ernst Mayr (2009) fez uma abordagem simplificada dos principais pontos da teoria da seleção natural os quais seriam: a) as espécies são férteis e aumentam exponencialmente de tamanho, na ausência de restrições; b) o tamanho das populações tende a permanecer estável; c) os recursos disponíveis para as espécies são limitados, de forma que uma luta pela sobrevivência ocorre entre os próprios membros de uma espécie; d) todos os indivíduos são diferentes uns dos outros (pensamento populacional), de forma que não há dois indivíduos com a mesma probabilidade de sobrevivência; e) as diferenças entre os indivíduos são hereditárias, de forma que aqueles que sobrevivem e se reproduzem possuem atributos que tornam mais provável a sua sobrevivência.

Cabe ressaltar que a seleção natural é um processo duplo, que tanto seleciona os indivíduos mais aptos (que possuam características que lhes proporcionem algum êxito reprodutivo diferencial) quanto elimina aqueles que apresentam menor aptidão. Esses processos ocorrem simultaneamente e permitem uma manutenção de variação abundante, uma vez que possibilitam a reprodução dos indivíduos considerados mais aptos e a manutenção de todos aqueles que não apresentam características deletérias a ponto de comprometer a sua existência. Conforme indiquei anteriormente, Mayr (2003; 2005) considera controversa a possibilidade de se afirmar que a seleção natural resultará em algum tipo de progresso para os organismos. Todavia, a existência de processos orgânicos que sejam orientados por metas exclui a necessidade de forças sobrenaturais explicativas, uma vez que os programas que dirigem esses processos orgânicos já apresentam uma meta possível e parcialmente codificada no material genético. Além do maior número de descendentes, durante a história evolutiva foram introduzidas inovações que tornaram os processos funcionais mais eficientes. Apesar disso, o autor considera que existem linhagens que

apresentam tendências regressivas na história evolutiva, como dos parasitas ou dos seres cavernícolas e subterrâneos.

Talvez aqui estejamos em frente a um ardil, não apenas teórico, mas também semântico. A princípio, não haveria nenhum erro em falar que organismos “melhores” obtêm vantagem na luta pela sobrevivência, aliás, faz pleno sentido, ainda mais se pensarmos nessa expressão com o uso que fazemos dela cotidianamente, no sentido de superioridade. O que falta especificar é o que seria esse organismo “melhor” dentro da teoria darwiniana: organismos com maiores taxas de sobrevivência e reprodução. Essas taxas, no entanto, são sempre relativas a outros organismos da mesma população em um ambiente (em constante mudança) de uma determinada época, e nunca em um sentido absoluto. Ou seja, a seleção natural selecionaria organismos ótimos somente se todas as variações possíveis estivessem presentes em uma população em um dado momento histórico. Conforme Meyer e El-Hani (2005):

Assim, as características selecionadas são sempre as mais favoráveis dentro de um espectro de variações disponíveis numa população, e não características que se mostram perfeitas diante de desafios que o ambiente apresenta para os organismos (MEYR, EL-HANI, 2005, p. 69).

Outro elemento a ser considerado é que os ambientes estão em constante mudança, seja através de fatores que não dependem dos organismos, como alterações geológicas, climáticas e até mesmo catastróficas (como o impacto de corpos celestes), como também alterações provocadas pelos próprios organismos no ambiente em que vivem. Dessa forma, a seleção natural constitui um processo que persegue um alvo móvel, pois as condições ambientais não são estáticas. A analogia feita por Van Valen (1973), da situação dos organismos frente às adversidades de um mundo inconstante comparada à situação narrada por Lewis Carroll no livro *Através do espelho*, é exposta como o “paradoxo da Rainha Vermelha”. Nesse livro, a rainha de um jogo de xadrez precisa correr o tempo todo para permanecer no mesmo lugar. Assim se processa a seleção natural, para manter os organismos adaptados a condições ambientais sempre cambiantes. Conforme Meyer e El-Hani (2005)

os organismos, para se manterem adaptados ao ambiente no qual vivem, têm de perseguir o tempo todo um alvo móvel, ou seja, condições ambientais que estão, elas próprias, sempre mudando (p. 69).

É importante ressaltar que essa situação é uma analogia para explicar o ajuste dos organismos a um ambiente mutável. Caso os organismos perseguissem um alvo móvel, estaríamos fornecendo subsídios para uma justificação teleológica de todo o processo. Sobre teleologia, falaremos de forma mais aprofundada no item a seguir.

### **2.5.2 Teleologia**

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

o termo ‘teleologia’, em latim, foi introduzido pelo filósofo alemão Christian Wolff em 1728, para se referir à parte da filosofia natural que explicaria os fins das coisas (*finis rerum explicat*), em contraste com a filosofia natural que estudaria as causas das coisas (CARMO; NUNES-NETO; EL-HANI, 2012, p. 28).

No domínio das Ciências Biológicas, uma explicação teleológica é aquela que faz referência às noções de propósito, de meta, de objetivo e outras semanticamente similares.

A teleologia talvez tenha sido uma das mais antigas doutrinas que acompanhou o pensamento humano, não apenas o biológico, mas o pensamento científico de modo geral. Podemos encontrar algumas das raízes dessa doutrina no pensamento aristotélico, pelo qual, para se efetivar o estudo de algo, necessitava-se buscar quatro causas distintas, quais sejam: a causa material, ou do que é feita uma coisa; a causa formal, o que a coisa vai ser; a causa eficiente, aquilo com que a coisa é feita, e a causa final, aquilo para qual é feita (CHASSOT, 1994). Um dos autores que mais publicou sobre a teleologia, especificamente no campo biológico, foi Ernst Mayr, que reforça que essa ideologia foi uma

das que mais influenciou a Biologia (MAYR, 2005). Esse pensamento estava no cerne de uma das principais visões de mundo até o século XIX, a de que o mundo teria uma longa duração ou mesmo eternidade e no qual as forças operacionais sempre levariam a uma tendência de melhoramento ou perfeição. Essa visão foi disseminada por muitas religiões, as quais viam uma tendência intrínseca para uma meta final, tendendo a excelência no seu mais alto grau. O conceito de *scala naturae*, mencionado anteriormente, refletia a crença em uma ordenação ascendente dos objetos naturais. Tal ideia chegou a influenciar pensadores evolucionistas, como Lamarck.

Embora a teoria da evolução de Darwin tenha trazido luz às interpretações teleológicas presentes na natureza, a teleologia continuou sendo um problema para a filosofia, como afirma Mayr (2005):

Para os cartesianos, qualquer invocação de processos teleológicos era terminantemente impensável. Vindos da matemática e da física, nada tinham em seu repertório que lhes permitisse distinguir entre processos aparentemente orientados por fins na natureza inorgânica e processos aparentemente orientados por metas na natureza viva. [...] fazer tais distinções abriria a porta para considerações metafísicas, não empíricas (MAYR, 2005, p. 60).

Dessa forma, houve um esforço crescente da filosofia para eliminar a linguagem teleológica das descrições e análises, buscando evitar, por exemplo, afirmativas como “a tartaruga vai à praia para pôr seus ovos”. Ao contrário das ciências físicas, nas quais perguntas que começam com o “o quê” e “como” são suficientes para buscar explicações, Mayr (2005) considera que depois do lançamento de *A Origem das Espécies*, nenhuma explicação em Ciências Biológicas estaria completa até que perguntas do tipo “por que” fossem levantadas. Isso demonstra o fator de causalidade evolutiva que tais perguntas suscitam, ou seja, o cientista que elimina esse tipo de questão de seu vocabulário estará fechando portas para uma grande área na pesquisa biológica. Assim sendo, Mayr (2005) defende o uso de uma linguagem que possa assumir conotações teleológicas sem que isso levante questões de natureza metafísica, desde que fique especificado o que se entende por teleológico (p. 62).



Parte desse equívoco a respeito da teleologia deve-se ao próprio significado da palavra. *Télos* significa termo final ou meta. Embora possam ser entendidas como sinônimos, para o evolucionista há uma diferença entre *télos* como meta e *télos* como termo final. Mayr (2005) expõe da seguinte forma essa diferença de significados:

A palavra *télos* tem sido usada na literatura filosófica em dois sentidos muito diferentes. Aristóteles a usa para se referir a um processo que tem uma meta muito definida, uma meta em geral antevista quando o processo é iniciado. O *télos* do ovo fertilizado é o adulto no qual ele se desenvolve [...] Mas *télos* também tem sido usada para se referir à terminação de um processo com um final. O *télos* da tempestade vem quando para de chover. O dia é o *télos* da noite. Todos os processos causados por leis naturais, cedo ou tarde têm um termo final, mas é equivocado usar, para essa terminação, a mesma palavra *télos* ordinariamente empregada para a meta de um processo dirigido a uma meta (MAYR, 2005, p. 64).

Não fosse somente a ambivalência de significados da expressão, Mayr (2005) ressalta que muitos filósofos a empregam com sentido unitário, mesmo para fenômenos biológicos distintos. Esse autor propõe então a adoção de uma tipologia quádrupla para o significado de teleologia. A primeira delas ele denominou de processos teleomáticos, processos dirigidos a um fim de maneira automática que acarretam em mudança de estado e que tais mudanças obedecem a leis estritamente naturais. É exemplo de processo teleomático o decaimento radioativo. Tal processo ocorre por leis naturais, não sendo controlado por nenhum programa que seja dirigido a um fim.

A segunda tipologia diz respeito aos processos teleonômicos, processos que devem sua orientação para uma meta à influência de um programa. Esses processos são comuns no comportamento de organismos. Tais processos são guiados por programas e dependem da existência de um termo final previsto nos programas que regulam esses processos. Esses programas inexistem na matéria inanimada e são

explicados, em sua grande parte, por mecanismos genéticos. Essa proposta não cai no chamado reducionismo genético, uma vez que aceita plenamente a incorporação de informações provenientes do meio, pelo aprendizado, condicionamento ou outras experiências. São exemplos de processos teleonômicos: a ontogenia, o comportamento instintivo de alguns animais e os *feedbacks* negativos na fisiologia.

A terceira tipologia é chamada de comportamentos propositais e teve sua influência a partir de estudos sobre comportamento animal, do campo da etologia. As observações mostraram que uma série de atitudes é planejada e visa a um determinado fim, como por exemplo, estratégia de caça e armazenamento ou ocultação de alimento.

A quarta tipologia consiste das características adaptativas. Embora exista uma discussão a respeito de caráter teleológico no processo de adaptação, para Mayr (2005) isso é fruto de uma má compreensão desse fator evolutivo. A adaptação é um resultado *a posteriori*, e não a busca *a priori* de uma meta, de tal forma que a expressão teleologia não pode ser empregada para características adaptativas.

A quinta e última tipologia é a teleologia cósmica, a crença de que toda e qualquer mudança no mundo se deve a uma força interior que levaria os organismos e sistemas rumo ao progresso sempre crescente.

De que forma a questão da teleologia se relaciona com o progresso biológico? No entendimento (equivocado) de que o processo evolutivo teria uma finalidade (seja ela qual for).

Há que se ressaltar um problema de ordem semântica quando o assunto é teleologia, uma vez que as explicações dadas como evolutivas, podem claramente denotar um objetivo final, uma meta a ser atingida por organismos cientes desse fim. Mayr (2005) traz o seguinte exemplo:

Quando um autor diz que uma espécie desenvolveu mecanismos de isolamento para proteger sua integridade genética, isso quer dizer apenas que indivíduos que evitaram hibridizar com indivíduos de outra espécie tiveram sucesso reprodutivo maior do que aqueles que hibridizaram [...] A seleção natural lida com propriedades de indivíduos de determinada geração; **ela simplesmente carece de uma meta de longo alcance, embora assim pareça quando se olha para trás, abrangendo uma longa série de gerações** (MAYR, 2005, p. 82, grifos meus).

Esse exemplo é relevante, pois denota a necessidade da linguagem teleológica (por exemplo, de que um dado organismo desenvolveu mecanismos para tal fim) como um componente explicativo de um traço, porém fazendo oposição à teleologia pura como explicação em si (não há teleologia no sentido de meta, embora assim possa parecer).

Quando pensamos no ensino de EB, podem-se perceber nitidamente as possíveis dificuldades, pois afinal nosso papel como professores é possibilitar que nossos alunos entendam algo que aparentemente é o contrário daquilo que é visualizado. O problema não reside mais na conceituação de expressões como seleção natural ou adaptação, mas sim na possível interpretação de um texto utilizado no ensino, que pode justamente conduzir o aluno para um entendimento contrário daquilo que se quis dizer. Tomemos um exemplo para deixar mais clara essa situação: “os pulmões existem para respirar”. Essa frase está imbuída de uma finalidade, afinal vários organismos respiram graças à presença desse órgão. No entanto, tal finalidade pode ter o que Mayr (2008) chamou de causas próximas (funcionais) ou últimas (evolutivas). Como descrição de processos fisiológicos, podemos dizer que os pulmões existem para respirar, no entanto tal afirmação não implica na sua gênese histórica (evolutiva), uma vez que os processos que resultaram na atual forma e função dos pulmões não foram guiados por uma meta pré-determinada, nem por forças sobrenaturais.

Gostaria de ressaltar, por fim, que autores como Azevedo (2007) consideram que, didaticamente, a teleologia pode desempenhar um papel importante, sobretudo nos anos iniciais de escolarização. Porém, nesses casos, os professores que porventura lançarem mão dessa possibilidade, deverão fazê-lo unicamente como um recurso metafórico e não considerando que a explicação finalista seja a “raiz elucidativa para um fenômeno biológico” (AZEVEDO, 2007, p. 87).

### **2.5.3 Adaptação**

Entre defesas e críticas, conceituar adaptação e o seu poder explicativo tem sido recorrente na filosofia da Biologia (GODFREY-SMITH, 1999; LEWONTIN, 1978; MAYR, 2009; SEPÚLVEDA;

MEYER; EL-HANI, 2011). Adaptação também é um termo polissêmico. Como os organismos parecem funcionar extremamente bem em determinadas regiões e possuem órgãos complexos para a realização de atividades específicas, durante os séculos XVII e XVIII as adaptações eram vistas como provas inequívocas da atividade de um criador que projetou cada organismo com estruturas e comportamentos adequados para ocupar o seu lugar certo e preciso na natureza (MAYR, 2009).

Sem a pretensão de esmiuçar esse debate, usaremos uma definição mais objetiva, feita por Mayr (2009) para conceituar adaptação:

[...] é uma propriedade de um organismo, quer seja uma estrutura, um traço fisiológico, um comportamento ou qualquer outro atributo cuja existência favorece o indivíduo na luta pela sobrevivência. Acreditamos que esses traços tenham sido adquiridos pela seleção natural ou, caso tenham surgido por acaso, sua manutenção tenha sido favorecida pela seleção (MAYR, 2009, p. 182).

Esse autor ainda ressalta o duplo sentido na qual a expressão é usada: adaptação como traço/característica e adaptação como processo. Essa segunda interpretação não é considerada válida na visão de Mayr (2009), uma vez que dá abertura para um entendimento teleológico, a crença de que os organismos se aperfeiçoam por alguma razão intrínseca a estados ótimos. A adaptação seria o resultado *a posteriori* de um processo de eliminação (seleção natural ou sexual), o qual ocorre sem metas ou propósitos.

Organismos não ótimos são eliminados, e organismos com melhores traços, preservados. Essa simplificação grosseira da teoria darwiniana tem causado inúmeras interpretações equivocadas a respeito da evolução. Uma delas é a de que por esse processo de exclusão, formas constantemente mais adaptadas (sejam na sua morfologia, fisiologia ou comportamento) dominarão as paisagens naturais, o que, invariavelmente, levará ao progresso evolutivo. O paleontólogo Stephen Jay Gould foi um diligente crítico dessa ideia de evolução, escrevendo inúmeros artigos e livros a essa respeito. Em uma de suas obras encontramos a seguinte passagem:

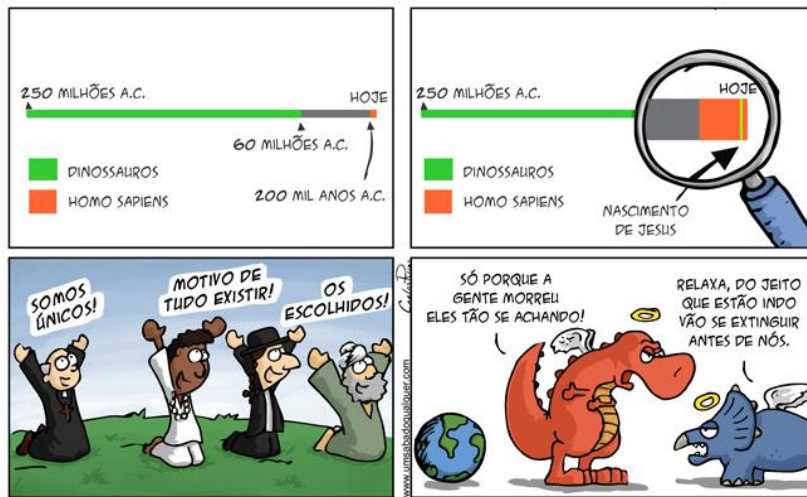
Uma vulgarização de evolução, presente em muitas narrativas populares, tem a seleção como um princípio de aperfeiçoamento, tão preciso em suas operações e tão sem peias em sua ação, que os animais passam a incorporar um jogo de plantas de engenharia para otimizar sua forma. Em vez de substituir a antiga “argumentação pelo projeto” – a noção de que a existência de Deus pode ser provada através da harmonia da natureza da inteligência na construção dos órgãos –, a seleção natural deriva para o antigo papel desempenhado por Deus, o do princípio do aperfeiçoamento (GOULD, 1992, p. 159).

Pedagogicamente, autores como Sepúlveda e El-Hani (2007) afirmam que a polissemia relacionada à noção de adaptação causa grandes dificuldades no entendimento dos alunos. A despeito das várias críticas que o programa adaptacionista sofreu e vem sofrendo (GOULD; LEWONTIN, 1979; GOULD; VRBA, 1982; LEWONTIN, 1978), ainda assim, Sepúlveda e El-Hani recomendam que essa abordagem deva ser mantida, pois: 1) propicia a aplicação do raciocínio selecionista e fornece evidências empíricas da ação da seleção natural; 2) o conceito de adaptação tem aplicação prática e ajuda os cidadãos a compreenderem fenômenos de evolução adaptativa como a resistência bacteriana a antibióticos e de pragas agrícolas a inseticidas e; 3) representa um importante marco no discurso científico do século XIX e um papel histórico-filosófico no estabelecimento de uma compreensão naturalista de universo (SEPÚLVEDA; EL-HANI, 2007).

Como ressaltamos, há uma série de interpretações para a existência ou não de progresso no processo evolutivo, assim como há explicações evolutivas que, devido ao seu caráter de difícil entendimento, podem causar complicações para sua compreensão, por parte de alunos e professores. A partir do próximo capítulo, em que abordarei o percurso metodológico da pesquisa, farei uso desses entendimentos sobre progresso para poder investigar como eles estão presentes nos LDs. Para tanto, buscarei apoio nas categorias de progresso assumidas por Rosslenbroich (2006) e por Meghioratti, Bortolozzi e Caldeira (2006). Essas categorias foram definidas não com o propósito de definir cientificamente a noção de progresso, mas sim de

estabelecer um significado dentro do qual as explicações evolutivas podem ser incluídas, e de como essa noção pode ser descrita dentro de um contexto evolutivo.

### CAPÍTULO 3- ASPECTOS METODOLÓGICOS



“Um sábado qualquer...”<sup>®</sup> (<http://www.umsabadoqualquer.com/>)

*“Descobrimos, então, que não há uma única regra, ainda que plausível e solidamente fundada na epistemologia, que não seja violada em algum momento. Fica evidente que tais violações não são eventos acidentais, não são o resultado de conhecimento insuficiente ou de desatenção que poderia ter sido evitada. Pelo contrário, vemos que são necessárias para o progresso.” Paul Feyerabend*





## CAPÍTULO 3 - ASPECTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo apresentarei o percurso metodológico realizado para efetuar a presente pesquisa. Organizei o capítulo nos seguintes tópicos: caráter qualitativo da pesquisa, a pesquisa em documentos, análise de conteúdo (AC), categorias de análise, procedimentos para a definição do *corpus* de análise e descrição do material investigado.

### 3.1 CARÁTER QUALITATIVO DA PESQUISA

Nesta pesquisa optou-se pela abordagem qualitativa na medida em que ela prioriza a análise em profundidade dos dados ao invés da sua quantificação. Como se objetiva ver a presença de possíveis ideias de progresso em LDs de Biologia aprovados pelo PNLD 2012, o que resulta um número amostral pequeno, a ênfase desta pesquisa recai sobre a descrição dos dados coletados, sobre a ênfase no processo de investigação e sobre o significado que se atribui aos dados coletados. Essas são algumas das características marcantes da pesquisa qualitativa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986).

### 3.2 A PESQUISA EM DOCUMENTOS

Os LDs podem ser categorizados como documentos. Na concepção de Lüdke e André (1986), documentos são quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação sobre o comportamento humano e incluem desde leis, regulamentos, normas, pareceres, cartas, memorandos, diários, autobiografias, jornais, revistas, roteiros de televisão e rádio, livros e arquivos escolares.

A pesquisa em documentos elimina, ao menos em parte, a eventualidade de influências exercidas pela presença ou intervenção do pesquisador (CELLARD, 2010). Para se proceder à investigação nos documentos, utilizaremos a metodologia de AC, proposta por pesquisadores como Lüdke e André (1986), Moraes (1999), Antonio Chizzotti (2010), Romeu Gomes (2011) e Laurence Bardin (2011).

### 3.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Os trabalhos de Wuo (2000), Azevedo (2007) e Jacques (2008) indicam que a AC é um caminho apropriado para as pesquisas em Educação, sobretudo aquelas cujo enfoque é o LD. Wuo (2000) investigou as características dos saberes físicos presentes em LDs e como se manifesta a Transposição Didática desses saberes; Jacques (2008) analisou as concepções de energia presentes em LD do 9º ano do Ensino Fundamental; Azevedo (2007) analisou as explicações teleológicas presentes em LDs de Biologia.

Na literatura podem-se encontrar diversas definições para AC assim como as etapas e os procedimentos a serem seguidos em cada etapa. Inicialmente, define-se AC segundo Bardin (2011) como:

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

Existe uma pluralidade de procedimentos metodológicos da AC, embora não haja nenhum protocolo rígido a ser seguido. Conforme Bardin (2011) ressalta, o método da análise pode ser descrito simplificadamente da seguinte forma: pré-análise, codificação, categorização e inferência. Já Gomes (2011) afirma que geralmente é realizada a seguinte ordem: 1) decompor o material em partes que por sua vez dependem do tipo de unidade escolhida para análise (registro ou contexto); 2) distribuir as partes em categorias; 3) descrever o resultado da categorização; 4) fazer inferência dos resultados tendo por base as premissas aceitas pelo pesquisador e, finalmente, 5) interpretar os resultados obtidos com auxílio da fundamentação teórica. No entendimento de Moraes (1999), a análise consiste nos seguintes passos: preparação das informações; unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; categorização ou classificação das unidades em categorias; descrição e interpretação.

Dessa forma é possível ver que a AC, em seu aspecto qualitativo, consiste em codificar o material (fragmentá-lo para buscar as unidades

de interesse conforme o objetivo da pesquisa); categorizar as unidades, agrupando-as segundo as afinidades de sentido, ressaltando que as categorias podem tanto ser definidas *a priori* quanto podem emergir durante o processo de análise; e depois fazer inferências a partir dos sentidos manifestos ou tácitos no texto, que a simples leitura não seria capaz de percebê-los.

É na interpretação (inferência) que ocorre o trabalho principal da AC, onde o pesquisador se assume como autor, pois:

[...] interpretar é construir novos sentidos e compreensões, afastando-se do imediato e exercitando uma abstração. Interpretar é um exercício de construir e de expressar uma compreensão mais aprofundada, indo além da expressão de construções obtidas a partir dos textos e de um exercício meramente descritivo (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 36).

Para organizar os registros em categorias é necessário trabalhar com os “dados brutos do texto” (BARDIN, 2011, p. 133), codificando-os em unidades de registro que servirão para compor as categorias. Como neste trabalho a análise objetiva buscar as possíveis conotações de progresso evolutivo, e sabendo que essas conotações podem estar expressas tanto em palavras isoladas quanto em períodos frasais inteiros e ainda em imagens ou tabelas, optei pelo “tema” como unidade de registro. Segundo Bardin (2011) o tema é:

Uma afirmação acerca de um assunto. Quer dizer, uma frase, ou uma frase composta, habitualmente um resumo ou uma frase condensada, por influência da qual pode ser afetado um vasto conjunto de formulações singulares (BARDIN, 2011, p. 135).

Para efeito da categorização das unidades no presente trabalho, partiremos dos significados de progresso postulados por Meghioratti, Caldeira e Bortolozzi (2006), que seriam linearidade; aumento de complexidade; mecanismos diretivos internos e/ou externos; valoração crescente entre seres vivos; e finalidade. Além desses, proporei aqui

também, a categoria de melhoria ou aperfeiçoamento. No item a seguir, explicaremos melhor cada uma das categorias adotadas.

### 3.4 CATEGORIAS DE ANÁLISE

Conforme já foi explicitado no capítulo 2, a ideia de progresso biológico esteve, em momentos históricos distintos, ligada à concepção de EB. Rosslenbroich (2006) afirma que o termo progresso tem três raízes históricas. A primeira é o conceito de *scala naturae*, visão predominante na organização do mundo nos séculos XVIII e XIX. A segunda raiz é o conceito de progresso social e cultural, desenvolvida durante o Iluminismo e que teve em Herbert Spencer um dos seus defensores. A terceira raiz é a teoria da recapitulação, a analogia feita entre a embriogênese e a filogenia. Essas três raízes conduziram o entendimento da EB como um processo predominantemente linear de progressão e objetivando melhoramento dos seres (*ibidem*, p. 42).

A noção de progresso, então, acompanhou o desenvolvimento do pensamento evolutivo. Mas, de acordo com entendimentos mais atuais sobre o processo evolutivo, a ideia de progresso parece carregada de uma “carga” não científica, e mesmo aqueles que se propuseram a defender tal ideia, como Ayala (1988), reconheceram a dificuldade para definir progresso de forma não arbitrária. Rosslenbroich (2006), por sua vez, muda o foco da questão: o ponto a ser discutido não deve ser mais a retirada de termos não científicos (como é o caso de progresso) ao se tratar de EB, mas sim, se algumas expressões dificilmente podem ser evitadas, como, então, essas expressões podem ser definidas e que sentido se atribui a elas quando se referem à ideia de progresso.

Com base no trabalho de Rosslenbroich (2006), Meglhioratti, Caldeira e Bortolozzi (2006) investigaram as concepções de professores de Biologia que apresentam componentes progressivos associados ao conceito de EB. As categorias de progresso foram assim reestruturadas: (1) linearidade; (2) aumento de complexidade; (3) mecanismos diretivos internos e/ou externos; (4) valoração crescente entre seres vivos; (5) finalidade. Essas categorias serviram de base para a análise dos LDs feita no presente trabalho. Incluí, também, uma categoria a mais, aqui chamada de (6) melhoria ou aperfeiçoamento. A seguir, será feita a descrição de cada uma delas.

**Teleologia:** é a ideia de finalidade ou meta. A evolução vista como um caminho pré-determinado ou como tendências. Também foram incluídas nessa categoria as passagens dos LDs que exprimem o

fenômeno de adaptação como um processo pelo qual o organismo modifica-se, intencionalmente, para superar as dificuldades que o meio lhes impõe.

**Melhoria:** indicativo de aperfeiçoamento ou de seres considerados superiores ou inferiores a outros. Nesta categoria pode estar incluído tanto o aperfeiçoamento funcional de um traço fisiológico, como, por exemplo, os mecanismos para obtenção de alimento, como questões valorativas que estejam relacionadas à estética ou outro critério axiológico escolhido pelo autor do LD. A seleção natural, por ser um mecanismo frequentemente mal compreendido, geralmente é associada com a ideia de produzir organismos melhores pelo acúmulo de modificações úteis. Outros temas que se incluem nesta categoria são a adaptação e a evolução vista como um processo intrinsecamente vantajoso. Nesta visão, um traço ou comportamento existe porque, necessariamente, trouxe e/ou ainda traz vantagens aos seus portadores.

**Aumento de complexidade:** complexidade é um termo amplamente empregado nas Ciências Biológicas e, a despeito desse emprego, é um dos termos mais vagos conceitualmente. Uma via metabólica pode ser complexa, assim como um órgão, um comportamento social (etológico), uma comunidade ecológica ou um bioma. Darwin (2009), no seu livro *A Origem...*, de certa forma mostrou-se preocupado com essa questão, particularmente na seção intitulada *Sobre o grau a que tende a progredir a organização* (DARWIN, 2009, p. 112-115), na qual se pode inferir que organização é um possível sinônimo para complexidade. Para efeito de análise no presente trabalho, passagens que remetam a ideias como aumento de organização, diferenciação celular e tissular, aumento dos componentes estruturais e de suas inter-relações, aumento do número de componentes anatômicos e outras, nas quais haja referência explícita à complexidade do organismo, serão classificadas dentro desta categoria.

**Linearidade:** é a analogia da evolução biológica como escada, na qual cada ser vivo representa um degrau e, a partir dele e necessariamente dele, se originará o próximo grupo da sequência evolutiva. É a ideia da *scala naturae* (LOVEJOY, 2005), representada por uma grande cadeia em que os seres vivos estão arranjados em uma fila única. Essa ideia de evolução biológica em linha é frequentemente encontrada em afirmações equivocadas como “o homem surgiu do

macaco” ou “se a evolução ocorre, por que ainda existem macacos que não evoluíram para o ser humano?”. A noção de linearidade também pode ser apontada quando se atribui à evolução uma sequência de passos gradativos, reduzindo todas as mudanças ao processo de anagênese. Outra ideia geralmente relacionada à linearidade é a questão do tempo evolutivo: espécies mais recentes são, apenas por serem mais recentes, melhores que as antecessoras. Este tema foi chamado de tempo linear, sem qualquer adjetivação da sua escala geológica, uma espécie de “túnel” pelo qual os organismos atravessam e ao final do qual, sairão modificados.

**Mecanismo diretivo:** nesta categoria foram incluídos os excertos dos LDs cujo entendimento conduz, necessariamente, a se atribuir à evolução biológica uma força, uma direção, seja interna ou externa ao organismo. Como se o organismo, por uma força interna, ou o meio, através de agentes intencionais, conduzisse à mudança necessária.

**Valoração entre seres vivos:** esta categoria inclui as passagens que, **sem relacionar diretamente mecanismos evolutivos, emitem juízos sobre os seres vivos.** Afirmar que um ser é mais primitivo ou mais evoluído em relação a outros, por exemplo. É também o caso de se atribuir certas faculdades de seres mais recentes como superiores àquelas dos organismos mais primevos.

Uma observação se faz importante quanto às categorias. Por se tratarem de uma mesma questão (progresso) poderá ocorrer sobreposição de algumas categorias, sendo que um mesmo excerto pode ser interpretado como pertencendo a categorias distintas. Algumas categorias, para efeito de organização dos resultados, foram divididas em subcategorias que serão explicadas na exposição dos resultados no capítulo 4. As categorias e subcategorias foram organizadas conforme a Tabela 1.

TABELA 1- Categorias e subcategorias de análise

<b>Categoria</b>	<b>Subcategoria</b>
Linearidade	Tempo Linear
	Sequência ou Gradação
	Cadeia do Ser
Melhoria/Aperfeiçoamento	Seleção Natural
	Adaptação (como melhoria)
	Vantagem
Aumento de Complexidade	-
Mecanismo Diretivo	-
Valoração entre Seres	-
Finalidade	Adaptação (como meta)
	Tendências
	Evolução Humana

No próximo item, descreverei como foi feita a escolha dos LDs analisados.

### 3.5 ESCOLHENDO OS LIVROS A SEREM ANALISADOS

Para efetuar a escolha dos LDs analisados, verifiquei no Guia do Livro Didático (GLD) PNLD 2012 de Biologia (BRASIL, 2011) as obras que seriam mais indicadas. O Guia do Livro Didático é um documento elaborado por equipes de avaliação recomendadas pelo Ministério da Educação e Cultura (MEC), composto das resenhas de cada obra aprovada e, posteriormente, disponibilizado às escolas participantes pelo FNDE. As resenhas são compostas pelas seguintes seções:

I. Visão geral: esta seção apresenta aspectos genéricos das obras, por exemplo, como ela está estruturada, qual a proposta pedagógica, se os conceitos e procedimentos são adequados ao nível de ensino destinado, assim como o projeto gráfico-editorial.

II. Descrição: esta seção traz a divisão dos conteúdos nos livros, a descrição de cada volume e aspectos diferenciais, como

textos de divulgação científica, boxes com informações, textos complementares, exercícios, etc.

III. Análise: aqui ocorre uma descrição mais crítica de vários aspectos do livro, como a visão de ciência que ele veicula, se são e como são abordados temas polêmicos, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, as abordagens metodológicas e pedagógicas.

IV. Em sala de aula: esta seção ressalta os aspectos positivos de cada livro e dá sugestões para o professor utilizar melhor o LD e também sugere práticas pedagógicas.

No GLD do PNLD 2012 estão as resenhas das oito coleções aprovadas naquele processo. Para estabelecer quais livros foram analisados, procedeu-se à leitura de todas as oito resenhas, buscando localizar, através delas, em que volume se situa o tópico sobre Evolução (objeto de análise) e se a temática evolutiva é abordada em outros tópicos das coleções. Estabeleceu-se, assim, um total de dez livros que compõem o *corpus* da presente pesquisa, os quais serão descritos no item a seguir.

### 3.6 DESCRIÇÃO DO MATERIAL ANALISADO

Os livros com as respectivas informações (autores, editora, ano, número total de páginas e número de páginas destinadas à evolução) estão elencados na Tabela 2. Os exemplares foram requeridos em maio de 2012 junto à Secretaria Estadual de Educação de Santa Catarina e gentilmente cedidos por esse órgão.

TABELA 2- Lista dos livros didáticos analisados.

Nº do Livro	Título	Autor	Editora	Ano	Nº de páginas	Nº páginas sobre Evolução
1	Bio Volume 3	Sérgio Rosso; Sônia Lopes	Saraiva	2010	480	44*
2	Bio	Sérgio	Saraiva	2010	480	52



	Volume 2	Rosso; Sônia Lopes				
3	Biologia Volume 3	Júnior; Sasson; Caldini	Saraiva	2010	384	59
4	Biologia Volume 3	Pezzi; Gowdak; Mattos	FTD	2010	208	39
5	Biologia para nova geração Volume 3	V. Mendonça J. Laurence	Nova Geração	2010	264	47
6	Biologia Volume 3	Gilberto Rodrigues Martho; José Mariano Amabis	Moderna	2010	376	82
7	Biologia Volume 3	Fernando Gewandsna jder; Sérgio de Vasconcellos Linhares	Ática	2010	368	83
8	Novas bases da Biologia	Nélio Bizzo	Ática	2010	264	79

	Volume 3					
9	Novas bases da Biologi a Volume 2	Nélio Bizzo	Ática	2010	480	44*
10	Ser protago nista Biologi a Volume 3	Fernando dos Santos; João Batista Aguilar; Maria Martha de Oliveira	SM	2010	320	65

\*os conteúdos de Evolução estão distribuídos em várias páginas, ao longo dos capítulos em que os seres vivos são descritos.

**CAPÍTULO 4- A IDEIA DE PROGRESSO EM LIVROS**  
**DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO**



“Um sábado qualquer...”<sup>®</sup> (<http://www.umsabadoqualquer.com/>)

*"Se a Torre Eiffel representasse a idade do mundo, a camada de tinta que recobre a saliência da parte mais elevada de seu topo representaria o período de tempo que corresponde à presença humana. Qualquer pessoa perceberia que a torre foi construída por causa da película de tinta. Eu acho que perceberia, não sei." Mark Twain*



## **CAPÍTULO 4 - A IDEIA DE PROGRESSO EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO**

Nesta seção apresentarei os resultados da pesquisa. Para tornar mais clara a exposição, optei por dividi-la conforme as categorias adotadas *a priori*, já identificadas e explicadas no terceiro capítulo. Tendo em vista que a presente pesquisa teve por objetivo fazer uma investigação qualitativa dos LDs, a constatação do predomínio de certas categorias em determinados livros está baseada unicamente na frequência e características de sua aparição, exemplificadas em trechos (excertos) escolhidos, e não em qualquer tipo de análise estatística.

Colocados esses termos, agrupei os dez LDs analisados em dois blocos principais: aqueles onde foi possível identificar as explicações e exemplos que se alinharam na categoria linearidade (LDs 3, 4, 7 e 10) e aqueles em que foi possível identificar a predominância da categoria aperfeiçoamento (LDs 1, 2, 5, 6, 8 e 9).

Todos os tópicos sobre Evolução, de todos os dez LDs selecionados, foram cuidadosamente lidos e, nos casos onde foi constatado o uso de expressões ou de explicações que porventura se encaixaram nas categorias escolhidas, os trechos/excertos<sup>5</sup> correspondentes a essas expressões/explicações foram copiados para depois serem reorganizados conforme a categoria em que se encontram.

As imagens presentes nos LDs também foram analisadas e, caso o seu significado pudesse ser atribuído a alguma categoria, foram digitalizadas, mencionadas no texto e incorporadas aos anexos do trabalho.

Além das partes específicas referentes à evolução, caso o GLD do PNL D 2012 (BRASIL, 2011) indicasse a presença de outras seções em que a EB fosse abordada, tais seções foram igualmente analisadas conforme a descrição já referida na metodologia.

---

<sup>5</sup> Nos excertos transcritos, os grifos são meus.

## 4.1 LINEARIDADE

A EB entendida como uma sequência linear de eventos predominou nos livros 3, 4,7 e 10. Essa conotação de progresso só não esteve presente nos livros 1 e 9, o que não causa estranhamento uma vez que esses livros não abordam, diretamente, o tópico da EB, mas sim a classificação dos seres vivos.

Três foram os temas principais que fizeram com que os excertos fossem incluídos nessa categoria: tempo linear, sequência ou gradação de eventos e cadeia do ser (*scala naturae*). Os subtópicos a seguir explicitarão cada um desses temas.

### 4.1.1 Tempo Linear

A dimensão de tempo está intrinsecamente vinculada à concepção de EB. Conforme Mayr (2005) a “transformação evolutiva sempre procede gradualmente” (p. 119), o que denota a importância do tempo, como entidade que envolve uma sequência e uma duração para eventos como o fenômeno da transformação das espécies. Todavia, o “tempo evolutivo” é um tempo geológico, que foge a simples percepção imediata que temos da passagem do tempo. A EB, e principalmente a macroevolução, opera numa escala chamada de tempo profundo, que “é tão estranho a nós que só podemos realmente compreendê-lo por metáforas” (GOULD, 1991b, p. 15).

Sobre a transposição do tempo profundo para os LD, Bellini (2006) afirma que:

O tempo para os autores dos manuais é algo que aparece como uma entidade à parte, pela qual passam os seres vivos. “Ao longo do tempo”, de um tempo linear, os animais e plantas passam em um túnel, o do tempo, como determinante da evolução, mas é um tempo genérico, sem os aspectos geológicos e biológicos (BELLINI, 2006, p. 18).

Tal como afirmado por Gould (1991b), sobre a necessidade do emprego de metáforas para entender o tempo profundo, Bellini (2006) utiliza o termo “túnel” para designar essa passagem do tempo pela qual os organismos, uma vez inseridos, inexoravelmente irão se transformar

em espécies distintas daquelas que eram no início. Os excertos a seguir mostram o quanto essa ideia está presente em alguns dos LDs que compõem o *corpus* de análise do presente trabalho:

*“A evolução é um fato que aconteceu e continua acontecendo. É consenso entre os biólogos, na atualidade, a ideia de que as espécies vivas se **modificam ao longo do tempo**, de forma muito lenta.”* (livro 3, p. 202)

*“Com a teoria da evolução procuramos explicar como todas essas espécies surgiram na Terra, como elas podem se **transformar ao longo do tempo** e originar outras espécies.”* (livro 7, p. 129)

*“A evolução pode ser definida como **uma mudança, ao longo do tempo**, da frequência dos alelos de uma população.”* (livro 7, p. 163)

*“Aqueles cuja coloração conferisse alguma camuflagem seriam menos predados que os demais e transmitiriam sua coloração aos descendentes. Dessa maneira, **ao longo de muitas gerações**, os indivíduos mais bem camuflados foram selecionados.”* (livro 10, p. 148)

É possível afirmar que, na ausência de uma adjetivação mais precisa do substantivo “tempo”, a noção de evolução vista como modificação das espécies *ao longo do tempo/com o passar do tempo* apresenta algumas fragilidades. A primeira é a impossibilidade de distinguir mudanças evolutivas que ocorrem numa escala geológica do tempo das modificações que ocorrem em processos ontogenéticos, por exemplo. Outra fragilidade é que “modificação ao longo do tempo” remete a uma ideia de **linearidade**, ou seja, desde a sua origem, as espécies vão sucessivamente agregando modificações.

*“A evolução biológica, vimos no capítulo anterior, é **um processo de mudanças que ocorre ao longo do tempo nos seres vivos**. Também dissemos que, de maneira geral, as mudanças são percebidas pelo surgimento de características que deixam os grupos biológicos mais adaptados ao ambiente em que vivem.”* (livro 3, p. 211)

Uma noção linear do tempo também é transmitida de forma pictórica, como, por exemplo, nas ilustrações que retratam as eras geológicas da Terra, nos LDs 3, 5 e 10 (Anexo, figuras 1, 2, 3 e 4). Os

eventos são retratados de forma sucessiva e contínua. Representações como essas podem induzir, nos alunos que utilizam esse material didático, à ideia de que organismos que apareceram em períodos mais antigos simplesmente deixaram de existir, ou pararam de evoluir para dar “sequência” aos demais seres. Tais representações gráficas, caracterizadas pela sua uniformidade, também não levam em consideração a proporção de domínio de cada grupo em diferentes etapas da história, omitindo informações de muita relevância, como, por exemplo, que “os mares pré-vertebrados cobrem quase metade da história da vida animal multicelular” (GOULD, 2001, p. 25).

Essas explicações de tempo linear são também frequentes quando se introduz o tópico nos LDs, explicando o que é a evolução, embora não apareçam somente nessas ocasiões.

*“Isso [o pensamento evolutivo] porque existem fortes evidências que corroboram o processo evolutivo, ou seja, evidências de que ocorrem modificações nos organismos **ao longo do tempo**, podendo levar ao surgimento de novas espécies e à extinção de outras.”* Quadro destaque - *“Recorde-se. Evolução: conjunto de processos que levam a modificações nos seres vivos **ao longo do tempo**, podendo dar origem a novas espécies.”* (livro 5, p. 213)

*“A essência da teoria evolucionista, ou evolucionismo, é a ideia de que os seres vivos **modificam-se ao longo do tempo**, com novas espécies surgindo a partir de espécies ancestrais.”* (livro 6, p. 145)

*“Atualmente, admite-se que todos os seres vivos têm sua origem em organismos preexistentes, ancestrais comuns que **acumularam modificações ao longo do tempo**.”* (livro 4, p. 70).

*“Entretanto, foi a partir da publicação do livro de Darwin que se começou a aceitar **o fato de que as espécies mudam ao longo do tempo**, originando outras espécies. Atualmente está claro que os fenômenos biológicos são altamente dinâmicos, **que as populações mudam ao longo do tempo**, que há muitas variações entre os indivíduos de uma mesma população, e que essas variações podem ser relevantes.”* (livro 2, p. 470).

Reforço aqui que essas passagens não constituem equívocos conceituais, uma vez que o tempo, entendido como entidade sequencial e contínua, é uma noção fundamental para a EB. Como Gould (1991b) bem afirma, a ideia de tempo como uma seta, ou como uma sequência de eventos, é necessária para o entendimento da história da vida no



planeta. No entanto, essa ideia de tempo, quando aplicada aos processos evolutivos, necessita de adjetivação, sem a qual se limita a ser entendida como uma agente que, atuando continuamente sobre os organismos, por si só e necessariamente os conduzirá a transformações em vários níveis e escalas, incluindo a macroevolução.

#### 4.1.2 Sequência ou Gradação

Neste tema foram incluídos os excertos que, embora não façam relação direta com a passagem do tempo, remetem à ideia de que a evolução, necessariamente, se processa por seqüências. Os excertos a seguir deixarão essa conotação mais clara.

*“A história evolutiva das baleias a partir de um ancestral terrestre está bem documentada por uma **seqüência de fósseis em que se percebe progressiva adaptação ao ambiente aquático**. Do exame desses fósseis pode-se notar, por exemplo, que **as aberturas nasais migraram para o topo da cabeça** – o que permite que as baleias respirem sem precisar emergir totalmente. Além disso, o corpo adquiriu um formato hidrodinâmico; **os membros dianteiros modificaram-se em nadadeiras; os membros posteriores diminuíram até desaparecer.**”* (livro 7, p. 178)

Nesse fragmento, a evolução das baleias é vista como uma seqüência de modificações, ressaltadas pelo adjetivo “progressiva”. É interessante ressaltar a delicadeza dessa situação específica. *Pakicetus* e *Ambulocetus* mostrados em ilustração no livro didático, Figura 5, (vide anexos) são aparentados das baleias modernas, pois os três compartilham ancestrais comuns que, teoricamente, são próximos entre si. Esse mesmo exemplo é ressaltado por Richard Dawkins (2009, p. 164):

[...] ninguém pode afirmar, por exemplo, que o *Ambulocetus* descende do *Pakicetus*. [...] as baleias descendem de um primo contemporâneo do *Ambulocetus*, provavelmente parecido com este (e que até poderia ser o *Ambulocetus*).

Uma via é explicar que as baleias modernas compartilham ancestrais em comum com o *Ambulocetus* e o *Pakicetus*, outra é afirmar que as estruturas desses, inevitavelmente deram origem às estruturas daquelas. Uma explicação como a que foi sugerida no LD também poderia ser encaixada segundo a perspectiva da *scala naturae*.

“*Na ausência da doença [malária], o alelo s [condicionante da anemia falciforme] tenderá a ser **progressivamente** eliminado da população, pois as pessoas homozigóticas para a siclemia continuarão a morrer de anemia.*”

“*Nos afro-americanos descendentes dessas populações, a frequência do alelo s vem **diminuindo progressivamente ao longo das gerações.***” (livro 6, p. 169)

Embora esteja especificando a frequência alélica, o uso do termo “progressivamente” dá ideia de linearidade. Ou seja, bastando a ausência do agente seletivo, a evolução inequivocamente caminhará para um destino especificado, determinado geneticamente. Essas formulações não abrem possibilidade de se discutir o papel contingente da evolução.

“*Os fósseis mais antigos de H. erectus indicam que seu volume craniano era da ordem de 850 cm<sup>3</sup>. Fósseis mais recentes apresentam volume craniano superior a 1000 cm<sup>3</sup>, **mostrando que houve aumento significativo** do tamanho do encéfalo do H. erectus durante seu período de existência.*” (livro 6, p. 215)

Embora tenha ocorrido aumento do volume craniano na linhagem dos hominídeos, essa formulação não pode ser vista como uma tendência do grupo. Como Gould (2001) aponta, as tendências e as médias devem ser preferencialmente entendidas como expansões ou contrações da amplitude das características e não como valores que indicam um caminho evolutivo que, inexoravelmente, deve ter ocorrido.

#### 4.1.3 Cadeia do Ser

Neste tema estão todos os excertos que justificam a EB com a visão de mundo segundo a *scala naturae*. O conceito de *scala naturae*, ou escada natural, ou cadeia do ser, pode ser traçado até os filósofos gregos antigos. Conforme Mayr (1988), Aristóteles foi o primeiro a

observar uma gradação na natureza, gradação essa que durante séculos pareceu ser a única forma concebível de trazer ordem à diversidade de seres vivos. Essa escada de seres começaria pelos mais simples e atingiria o seu ápice no homem moderno.

Inicialmente a *scala naturae* foi entendida como algo estático e se temporalizou no século XVIII em teorias evolutivas como a de Lamarck (MAYR, 1988). A ideia de que os seres vivos podem ser organizados em uma sequência linear cuja lógica é o aumento da perfeição impregnou tão fortemente o pensamento biológico que foi utilizada até mesmo por visões antagônicas de mundo. Conforme ressalta Mayr (1988), se a natureza pode ser hierarquicamente ordenada em uma única corrente de complexidade, cujos elos são passos intermediários, essa ordem pode ser justificada pela intervenção de uma força sobrenatural, como advogavam os seguidores da teologia natural, ou pode ter sua origem em uma espécie de força intrínseca, que conduz para estágios mais avançados da corrente, como defendiam as correntes evolutivas ortogeneticistas.

A ideia de que a EB é um evento linear e que se traduz na forma da *scala naturae* é, erroneamente, retratada por frases como “o homem veio do macaco”, ou, “onde estão os intermediários entre os macacos e o homem?”. A seguir, apresento alguns excertos que manifestam essa ideia nos LD.

*“Os répteis deram origem às aves e aos mamíferos. As principais modificações ocorridas durante o processo foram a homeotermia e a transformação das escamas reptilianas em penas e pelos.”* (livro 4, p. 98)

*“Os peixes com nadadeiras lobadas, os crossopterígio, cujos representantes atuais são os celacantos, teriam originado os animais de quatro pernas, os tetrápodes (do grego téttares, quatro, e poús, pés, pernas), grupo ao qual pertencem os anfíbios, os répteis, as aves e os mamíferos atuais.”* (livro 6, p. 195)

*“Gradativamente no processo de evolução, foram selecionados os indivíduos com modificações mais adaptativas às condições do meio aéreo e suas nadadeiras evoluíram, transformando-se em pernas. Essa foi a provável origem dos anfíbios, que surgiram entre 408 e 360 milhões de anos atrás.”* (livro 6, p. 195)

“*Trechos de DNA que orientariam a produção de um RNA ou de uma proteína mas que, ao longo do processo evolutivo, se tornaram inativos, isto é, tornaram-se incapazes de orientar essa produção, são chamados pseudogenes. A presença desse pseudogene [que produz proteína presente na gema de ovo de répteis e aves] em mamíferos é mais uma evidência de que o grupo descende dos répteis, pois ele deve ter sido herdado de um antepassado comum aos dois grupos.*” (livro 7, p. 185)

“*Os répteis desenvolveram-se dos anfíbios durante aquele período, que foi seguido pelo Permiano.*” (livro 7, p. 195)

“*Dos primeiros répteis surgiram: os terapsidas, que originaram os mamíferos; os ictiossauros e os plesiossauros (répteis aquáticos); os tecodontes, dos quais se originaram os dinossauros, os pterossauros (répteis alados) e as aves.*” (livro 7, p. 196)

“*As aves devem ter surgido de dinossauros bípedes (grupo dos terópodes), [...]. A época em que esses fósseis de transição foram encontrados está de acordo com o que se espera se tomarmos por base a teoria da evolução. [...] Então, fósseis de transição entre os dois grupos, isto é, com características de dinossauros e de aves, como o arqueópteryx, deveriam ser encontrados em camadas de terreno com idade intermediária, o que de fato ocorreu.*” (livro 7, p. 197)

“*Os primeiro mamíferos surgiram no final do Triássico, de um grupo de répteis, os terapsidas.*” (livro 7, p. 197)

Todos os exemplos mostrados referem-se ao aparecimento de grandes grupos animais, principalmente os tetrápodes, as aves e os mamíferos, e merecem uma análise mais cuidadosa, pelo risco que oferecem de serem interpretados equivocadamente por alunos e professores usuários de tais LDs. Sobre a origem dos tetrápodes, Pough, Janis e Heiser (2003) afirmam que o grupo ao qual pertencem os celacantos não originou, de fato, os tetrápodes modernos. Eles apenas compartilham, distantemente, ancestrais comuns. O grupo mais próximo aos tetrápodes, segundo Pough, Janis e Heiser (2003) é dos elpistostegídeos<sup>6</sup>, o qual já mantém relativo afastamento filogenético ao grupo dos celacantos. Ou seja, não foi do grupo dos crossopterígeos, em sua totalidade, que descendem os anfíbios, mas sim de um pequeno

---

<sup>6</sup> Elpistostegidae – o mais provável grupo irmão dos tetrápodes. Formado por peixes com cabeça plana, focinho alongado, órbitas no topo do crânio e corpo achatado. No entanto não possuíam nadadeiras anais e dorsais e sua nadadeira caudal era muito reduzida (POUGH; JANIS; HEISER, 2003).

ramo dessa árvore filogenética, os elpistostegídeos (POUGH; JANIS; HEISER, 2003).

Com relação à origem das aves, segundo Pough, Janis e Heiser (2003), a hipótese de que elas sejam descendentes dos dinossauros não pode ser testada, pois não existem fósseis de transição. O *Archaeopteryx* é considerado a primeira ave existente. Para Dawkins, o próprio uso da expressão “fósseis de transição” é desaconselhável, pois

o suposto desafio [fóssil de transição entre répteis e aves] que parece ser respondido pelo *Archaeopteryx* baseia-se em uma concepção ultrapassada, que era considerada como a Grande Cadeia dos Seres [...] (DAWKINS, 2009, p. 145).

As penas são derivadas de escamas reptilianas, mas o seu surgimento não se deu por substituição das escamas, nem por uma única linha de dinossauros emplumados. Ancestrais do *Archaeopteryx* (considerada a ave mais antiga) já possuíam plúmulas e penas com vexilos (haste central das penas) e talvez parte considerável dos dinossauros Theropoda (de cujo grupo derivou as aves) fosse emplumada (POUGH; JANIS; HEISER, 2003). Cabe ressaltar ainda que, o mais correto do ponto de vista filogenético, seria incluir as aves dentro do grupo dos répteis. Se assim fôssemos acostumados a interpretá-las, questões de organismos transicionais e explicações evolutivas lineares seriam menos frequentes. Sobre isso, argumenta Dawkins:

Mas o que há de especial nas aves que nos tenta separá-las dos répteis? O que parece justificar que se dê às aves a honraria de “classe” quando, evolucionariamente falando, elas são apenas um ramo de répteis? É o fato de que os répteis imediatamente ao redor delas, seus vizinhos próximos na árvore da vida, por acaso estão extintos, e só as aves, as únicas de seu grupo, continuaram vivas. Os parentes mais próximos das aves encontram-se todos entre os dinossauros, extintos há tanto tempo. Se uma grande variedade de linhagens de dinossauros houvesse

sobrevivido, as aves não se destacariam: não teriam sido elevadas à condição de uma classe específica de vertebrados, e ninguém estaria fazendo perguntas como “onde estão os elos perdidos entre répteis e aves?” (DAWKINS, 2009, p. 154).

Sobre a origem dos répteis, Gould (1993, p. 69) afirma que:

Os primeiros répteis fósseis têm mais ou menos a mesma idade dos primeiros anfíbios que podem ser claramente enquadrados no grupo que acabaria gerando as rãs e as salamandras de hoje. Assim, no lugar de uma escada em que os répteis viriam um degrau acima dos anfíbios, tanto os registros fósseis quanto o estudo da anatomia dos vertebrados modernos sugerem a existência de uma divisão primordial do tronco tetrápode, produzindo dois ramos primários – de um lado os Amphibia e do outro os Amniota (répteis, aves e mamíferos).

As explicações dadas para o surgimento dos mamíferos também reforçam a ideia de uma escala. Para Pough, Janis e Heiser (2003), os mamíferos não descendem de répteis, eles compartilham um ancestral distante. Mamíferos descendem dos Therapsida, grupo com um determinado padrão de fenestração no crânio, ao passo que répteis e aves descendem de organismos com outro padrão de fenestração. Além disso, os grupos não se sucederam, mas sim conviveram no mesmo período histórico, o Carbonífero (POUGH; JANIS; HEISER, 2003). Mamíferos e répteis possuem ancestrais em comum separados pelo tipo de fenestração do crânio (mamíferos são sinapsídeos, enquanto que répteis e aves são diapsídeos). Ademais “os sinapsídeos nunca apresentaram uma cobertura escamosa típica dos répteis modernos” (POUGH; JANIS; HEISER, 2003, p. 482).

O livro 4 foi particularmente marcante quanto à ênfase conferida à *scala naturae*. Vejamos o exemplo dado para a evolução do cavalo:

*“Começou com o Eohippus, um animal herbívoro do tamanho de um cão perdigueiro, que teria sofrido, progressivamente, grande aumento de tamanho, alongamento dos pés, desenvolvimento dos dedos médios com simultânea redução dos laterais e alargamento dos*

*dentes molares. Essas mudanças produziram o atual cavalo.*” (livro 4, p. 91)

Na página 90 do mesmo livro há uma representação pictórica da evolução do cavalo (Figura 6, vide anexo). Tanto a representação quanto a explicação remetem àquilo que Gould (2001) chamou de erro na interpretação das tendências evolutivas. A expressão “progressivamente” reforça o aspecto de linearidade, de que um gênero deu origem ao próximo através de mudanças graduais. Esse exemplo da evolução dos cavalos é tão emblemático que mereceu um capítulo inteiro no livro *Lance de Dados*, de Gould (2001). Conforme o autor:

O arbusto evolutivo dos cavalos possui muitos brotos terminais, e cada um deles pode ser rastreado até o *Hyracotherium* [sinonímia de *Eohippus*] através de um labirinto de eventos ramificados. Nenhuma rota que leva até o *Hyracotherium* é reta e nenhum dos numerosos caminhos labirínticos pode alegar precedência no que diz respeito à centralidade. [...] Nós passamos um rolo compressor sobre um terreno fascinantemente complexo quando adotamos a convenção iconográfica que retrata o caminho que leva do *Hyracotherium* ao *Equus* [atual gênero dos cavalos] como sendo uma linha reta. (GOULD, 2001, p. 94)

Ainda segundo Gould (2001), uma série de argumentos pode ser invocada para esclarecer essa representação conceitualmente incorreta. Primeiro, as mudanças dos cavalos não ocorreram rumo a uma melhoria, mas é possível, sim, considerar o ramo inteiro dos cavalos como mal sucedido, pois de uma imensa variedade de gêneros existentes no passado apenas um sobreviveu. Um segundo argumento é o de que os vários gêneros originais foram coetâneos, e não subsequentes. Além disso, em vários gêneros foi observada a diminuição das linhagens, e não o aumento linear como normalmente é sugerido. O gênero *Nannippus* não era maior do que um pônei e conviveu juntamente com os cavalos modernos.

Outros pontos que reforçam a ideia de *scala naturae* também estão presentes nos LDs analisados, quando se exemplifica o atavismo e o desenvolvimento embrionário:

*“Considera-se manifestação atávica o reaparecimento, num indivíduo, de alguma característica dos antepassados da espécie. Por exemplo, potros podem nascer com listras como as da zebra, e crianças, com uma pequena cauda ou excesso de pelos no corpo. O atavismo deve-se à manifestação de genes raros, que foram importantes para a espécie no passado e ainda se encontram presentes na população.”* (livro 4, p. 91)

*“Um mamífero, ao iniciar seu desenvolvimento como célula-ovo, recapitula a fase unicelular e passa pela organização geral dos invertebrados marinhos, nas primeiras fases embrionárias. Depois atinge o estágio dos protocordados, quando desenvolve a notocorda; passa pela organização dos peixes quando apresenta fendas branquiais; e, por último, desenvolve as características próprias da sua espécie.”* (livro 4, p. 92)

O atavismo não está necessariamente ligado a genes que em tempos remotos puderam ser considerados importantes em uma população. A manifestação atávica pode ocorrer em alelos considerados “atuais” e não necessariamente relacionados à sua importância. Hall (2003) define atavismo como

uma característica que esteve presente em linhagens ancestrais mais distantes e que aparece em baixa frequência em membros individuais de uma população, usualmente em um ou poucos indivíduos.

É o caso de características que se manifestam como herança extra cromossômica, ou ainda quando estão relacionados outros tipos de fenômenos genéticos como a epistasia e a expressividade de um gene.

Contudo, o principal equívoco do respectivo excerto é o de se referir a crianças nascendo com caudas e/ou com pelos em excesso pelo corpo como manifestação atávica ligada aos antepassados dos humanos. Tal ideia remete diretamente à noção de Cadeia do Ser (LOVEJOY, 2005). Ainda que, porventura, aconteçam teratogêneses (malformações durante o desenvolvimento) como as exemplificadas, atribuí-las a um



possível atavismo dos humanos em relação aos primatas com os quais compartilham um ancestral comum é compêlir um raciocínio linear à evolução. A separação entre os homínídeos e demais primatas ocorreu há aproximadamente 5,2 milhões de anos, e a separação dos Hominoidea (grupo que inclui os humanos e símios modernos, estes últimos com cauda ausente ou muito reduzida) dos demais antropóides há aproximadamente 23 milhões de anos (POUGH; JANIS; HEISER, 2003). Portanto, atribuir uma “cauda” humana ao resultado de processos atávicos, é comparar equivocadamente características de clados distintos, algo somente ponderável dentro de uma lógica, também equivocada, de evolução em escala.

Em relação ao desenvolvimento embrionário, a ideia que a ontogenia recapitula a filogenia é, originalmente, de Ernst Haeckel (1834-1919):

Ontogenia é a rápida e curta recapitulação da filogenia [...] Durante seu próprio rápido desenvolvimento [...] um indivíduo repete as mais importantes mudanças na forma evoluídas por seus ancestrais durante seus longos e demorados desenvolvimentos paleontológicos (HAECKEL, 1822 *apud* GOULD, 2003, p. 77).

Embora ocorram semelhanças embrionárias entre diversos animais, tais semelhanças não se estendem indefinidamente entre todos os grupos. Elas são maiores e mais evidentes em grupos filogeneticamente próximos. A forma como se estruturou a explicação acerca da reconstituição embrionária de um mamífero, leva a entender que desenvolvimento embrionário em questão repete a sequência de todos os seres que o antecederam paleontologicamente. O mais problemático nesse raciocínio é não citar qual organismo invertebrado tem seu estágio reproduzido ao longo do desenvolvimento embrionário de um mamífero. Pode-se inferir que os autores que incluem essas concepções nos LDs estejam se referindo a um anfioxo, modelo padrão para explicar o desenvolvimento animal. Mas também se pode pensar em crustáceos ou poliquetos, invertebrados marinhos com nenhuma proximidade filogenética dos mamíferos.

Outras passagens que foram marcantes quanto a um possível entendimento da EB em escala foram as relativas à evolução humana:

“O homem de Neanderthal se extinguiu há cerca de 30 mil anos, talvez por causa da competição com a espécie atual do ser humano, o **Homo sapiens, que pode ter surgido do Homo erectus há cerca de 100 mil anos.**” (livro 7, p. 204)

“Em algum momento, apareceram os primeiros representantes do gênero Homo. Um deles foi o Homo habilis, que provavelmente iniciou a fabricação de ferramentas. Surgiram, a seguir, o H. ergaster e o H. erectus, que descobriu e utilizou o fogo, **um importante passo em direção ao homem moderno.**” (livro 3, p. 257)

“Esquema da provável sequência evolutiva do ser humano. Homo erectus -> homem de Neanderthal -> homem de Cro-Magnon -> homem atual.” (livro 4, p. 102). (Figura 7, vide anexo)

Embora os registros fósseis dos hominídeos sejam escassos, o que dificulta a reconstituição filogenética dos homens, sabe-se que não ocorreu um processo linear: “Remanescentes ósseos de Java foram datados entre 27 e 53 mil anos [...], tornando o *H. erectus* um contemporâneo dos neandertais e dos *H. sapiens* modernos” (POUGH; JANIS; HEISER, 2003). Ou seja, todos os três foram coetâneos e não sucessivos. O homem de Cro-Magnon é um *H. sapiens* moderno. Suas diferenças anatômicas em relação ao *H. sapiens* são equivalentes às diferenças que se observa atualmente entre as diferentes etnias.

Existe a opinião de que os humanos modernos se diferenciaram a partir de populações isoladas e diferenciadas de *H. erectus* (MAYR, 2008); outros autores sustentam que o *H. neanderthalensis*, o *H. sapiens* e o *H. erectus* foram contemporâneos (POUGH; JANIS; HEISER, 2003). Há evidências, ainda, de que o *H. habilis* e o *H. erectus* tenham convivido lado a lado e não possuam uma relação de ancestralidade (MAYR, 2008). O mais apropriado seria afirmar que essas espécies de hominídeos compartilham um ancestral comum, pois da forma como está informado nos LDs 3, 4 e 7 possivelmente os estudantes concluem que um grupo originou outro.

#### 4.2 A EVOLUÇÃO COMO MELHORIA OU APERFEIÇOAMENTO

Nesta categoria foram incluídas todas as passagens que, direta ou indiretamente, fizeram menção à EB como um fenômeno que resulta em

organismos perfeitos ou que estão em constante processo de melhoria. Todos os LD analisados tiveram, em algum momento, explicações que remetem a essa categoria. Os temas selecionados dizem respeito à seleção natural, à adaptação e à vantagem, vista como condição imanente para a EB. Embora os temas possam se sobrepor, uma vez que todos se relacionam à melhoria, creio que essa divisão tornará a análise a seguir mais clara.

#### 4.2.1 Seleção Natural

Antes de proceder à análise, considero necessário esclarecer o que se entende por seleção natural, e, nesse sentido, há duas possibilidades. A primeira é a ideia de seleção natural tal como foi formulada originalmente por Darwin, no seu livro *A Origem das Espécies*. Para Darwin (2009), a seleção atua, predominantemente, mas não unicamente, nas características vantajosas, podendo melhorar os organismos. A outra é uma interpretação moderna de seleção, cuja fundamentação principal utilizada neste trabalho encontra-se em Mayr (2005; 2009) e Meyer e El-Hani (2005). Para esses autores, a seleção natural não implica em melhoria nem na ênfase em características vantajosas. Ela é predominantemente um processo de exclusão. A seguir, os excertos:

*“A partir de 1842 Darwin passou a viver em uma pequena cidade onde realizou estudos que visavam entender a seleção artificial realizada pelo ser humano na domesticação de espécies de interesse. Esses estudos reforçaram sua ideia de que a seleção artificial atuava de maneira semelhante ao que ocorre na natureza, onde os indivíduos que têm as características mais vantajosas são selecionados para a reprodução.”* (livro 2, p. 442).

*“Darwin supôs que os fatores alimento e espaço controlariam o tamanho das populações, sobrevivendo apenas os mais aptos, num processo de seleção natural. Segundo ele acreditava, a variabilidade seria inerente às populações, e apenas os mais aptos sobreviveriam.”* (livro 4, p. 72).

*“Esse exemplo [origem das aves peraltas] é totalmente hipotético, mas é possível perceber que a natureza seleciona as formas mais bem*

*adaptadas, favorecendo a sua sobrevivência, em detrimento das formas menos adaptadas, que tendem a perecer. Note que a natureza não cria formas para escolher; ela escolhe, seleciona, entre as formas existentes.”* (livro 5, p. 224)

*“Darwin considerava a população como unidade evolutiva. Ele identificou e estudou as variações que ocorrem nas diferentes populações de uma comunidade e, como ponto alto do seu estudo, elaborou o que hoje é conhecido como teoria da evolução por seleção natural, explicando que **as variações vantajosas para a sobrevivência dos organismos em um determinado ambiente eram selecionadas positivamente.** Assim, os portadores dessas variações tinham sua sobrevivência e reprodução favorecidas e maior probabilidade de deixar descendentes.”* (livro 5, p. 240)

*“Darwin concluiu que nem todos os organismos que nascem conseguem sobreviver ou – o que é mais importante – **reproduzir-se.** Os indivíduos com mais oportunidade de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientes; **eles teriam maior probabilidade de se reproduzir** e deixar descendentes férteis. **Nessas condições, as características favoráveis tenderiam a ser preservadas e as desfavoráveis, destruídas.** Darwin afirmou: ‘Essa preservação de variações favoráveis e rejeição de variações prejudiciais eu chamo de seleção natural’.”* (livro 7, p. 136).

De fato, esses excertos são condizentes com o pensamento darwinista, a exemplo da seguinte citação retirada de *A Origem das Espécies*:

Vendo que indubitavelmente se apresentaram variações úteis ao homem, pode, pois, parecer improvável que, do mesmo modo, para cada ser, na grande e complexa batalha da vida, tenham que se apresentar outras variações úteis em decorrência de muitas gerações sucessivas? Se isto ocorre, podemos duvidar – recordando que nascem muito mais indivíduos dos que talvez podem sobreviver – **que os indivíduos que têm vantagem, por menor que seja, sobre outros, teriam mais probabilidade de sobreviver e procriar sua espécie?** Pelo contrário, podemos estar certos de que toda variação no menor grau prejudicial tem que ser rigorosamente destruída. **A**

**esta conservação das diferenças e variações individualmente favoráveis e a destruição das que são prejudiciais a chamei eu seleção natural ou sobrevivência dos mais fortes** (DARWIN, 2009, p. 78, grifos meus).

Mais adiante, na mesma obra, encontramos a seguinte passagem:

Metaforicamente pode-se dizer que seleção natural procura a cada dia momento [*sic*], em todo lugar, as mais tênues variações, rejeitando as nocivas, **conservando e ampliando todas as que forem úteis**, trabalhando silenciosa e imperceptivelmente, quando e onde quer que se ofereça a oportunidade, **pelo aperfeiçoamento de cada ser vivo** com relação a suas condições de vida orgânica e inorgânicas (DARWIN, 2009, p. 81, grifos meus).

Todavia, é prudente fazer ressalvas: a formulação de Darwin é datada. Atualmente o que é defendido em termos de seleção natural é a reprodução diferencial e, principalmente, a exclusão de organismos que possam apresentar características deletérias.

Num primeiro momento, parece não haver problema em identificar o pensamento darwinista sobre a seleção natural, desde que ocorra sua devida contextualização histórica. O problema, do ponto de vista do aprendizado sobre a EB, encontra-se em reduzir o processo de seleção a essa “escolha” das características unicamente positivas. É o caso dos seguintes excertos:

*“Tendo em vista o acesso diferencial desses indivíduos a uma nova fonte de alimento rica em nutrientes, esses certamente passaram a deixar mais descendentes que seus competidores, espalhando na população, nas gerações seguintes, suas características, que podem ter sido acentuadas com o tempo, pelas mesmas razões. Quando uma nova característica física ou comportamental atinge alta frequência ou frequência total em uma população, diz-se que o traço foi então fixado por seleção natural.”* (livro 1, p. 468)

“Encontrar carniças primárias devia, entretanto, envolver caminhadas extensas pelo interior das savanas, à procura das melhores oportunidades. Nesse contexto, a fixação de braços mais curtos e de pernas mais longas certamente seria **favorecida pela seleção natural**, se essas variantes já existissem, ainda que modestamente, nas populações que pioneiramente tentaram explorar os recursos alimentares nas paisagens abertas, recém-generalizadas (sic) no continente africano.” (livro 1, p. 468)

“O crescimento populacional seria controlado, portanto, por limites impostos pelo meio. A falta de recursos disponíveis para todos levaria a disputas, e **aqueles indivíduos com características mais vantajosas para aquele ambiente teriam maiores chances de sobreviver e de se reproduzir**, passando as características vantajosas aos seus descendentes. Essa é a essência da teoria da seleção natural. **O meio ambiente atuaria, então, como um agente que seleciona os organismos com características mais vantajosas.**” (livro 2, p. 445)

“Assim, entre os descendentes de um casal de animais haveria uma seleção natural, **sobrevivendo os mais aptos e se reproduzindo apenas os que vencessem a competição por espaço e alimento. Nessa competição seriam favorecidos os indivíduos de uma população que melhor se adaptassem às condições ambientais. Os outros seriam eliminados.**” (livro 4, p. 74)

“[...] a seleção natural atua sobre a variabilidade, **‘selecionando’ os mais aptos em cada contexto evolutivo.**” (livro 6, p. 163)

“Explica-se essa semelhança de coloração como **resultado de um processo de adaptação** da falsa-coral, cujos ancestrais provavelmente se **beneficiavam** por serem parecidos com as corais verdadeiras, com as quais conviviam. Falsas-corais com padrão de coloração mais semelhantes às corais-verdadeiras **eram beneficiadas pela seleção natural** e sua frequência na população tendia a aumentar, geração após geração.” (livro 6, p. 173)

“Em resumo, a mutação ocorre independentemente do seu valor adaptativo. A chance de uma mutação aparecer não é afetada pela vantagem que ela poderá conferir ao seu portador. Como disse o evolucionista Theodosius Dobzhansky, os genes não sabem como ou quando seria bom sofrer uma mutação. Mas não devemos esquecer que, **se por acaso aparecer alguma mutação favorável, ela será selecionada positivamente e o número de indivíduos com a mutação aumentará com o tempo.** Isso significa que, ao contrário da mutação, a seleção

*natural não é um processo aleatório: não é por acaso que os insetos resistentes a inseticidas ou as bactérias resistentes a antibióticos aumentam de número em ambientes com esses produtos. **Por isso não se pode dizer que a evolução ocorra ao acaso.***” (livro 7, p. 147)

*“De forma simplificada, podemos dizer que os genes sofrem mutações aleatórias (no sentido de que seu aparecimento não é determinado por uma possível vantagem adaptativa); os indivíduos são selecionados em função de suas vantagens adaptativas; as populações evoluem.”* (livro 7, p. 148)

*“Nas regiões de alta latitude, há pouco sol durante boa parte do ano, a seleção natural deve ter atuado no sentido de favorecer os indivíduos que mantinham os genes codificadores da lactase ativos durante toda a vida. Com isso não apenas os bebês mas também os jovens e adultos não tinham falta de vitamina D (veja no capítulo 1), que existe no leite, junto com o cálcio. Ambos são essenciais para o desenvolvimento dos ossos, para a contração muscular e outros processos.”* (livro 8, p. 237)

*“Ocorre que os indivíduos heterozigotos, que apresentam a doença [talassemia] de forma quase sem sintomas, são resistentes à malária, doença presente na região mediterrânea da Europa até antes da utilização do DDT, por volta da década de 1940. O homozigoto normal, portanto, não era plenamente favorecido pela seleção natural, pois sucumbia de malária mais do que o heterozigoto. [...] **O genótipo heterozigoto NT era favorecido, ou seja, a seleção natural atuava favorecendo o heterozigoto.**”* (livro 8, p. 238)

Nessas passagens, torna-se expresso que, mesmo num contexto diferente do de Darwin, a ênfase para as explicações evolutivas sempre é dada na seleção de características úteis, que favoreçam o organismo de alguma forma. No livro 4, inclusive, é expresso equivocadamente que o poder da seleção natural pode levar um organismo à perfeição para determinado traço.

Outros aspectos merecem destaque, como é o caso do livro 2, que afirma ser o ambiente o agente da seleção. Sobre essa reificação da seleção natural, Mayr (2008) nos alerta que:

Na produção da variação o acaso domina, enquanto a seleção propriamente dita opera guiada

em grande parte pela necessidade. No entanto, a escolha por Darwin do termo “seleção” foi infeliz, por sugerir que há algum agente na natureza que deliberadamente seleciona. Na verdade, os indivíduos “selecionados” são simplesmente aqueles que continuam vivos depois que todos os indivíduos menos adaptados ou com menos sorte foram eliminados da população (MAYR, 2008, p. 256).

Pode-se dizer que a EB não ocorre unicamente ao acaso, uma vez que a reprodução dos organismos não é um processo aleatório. Mas reforçar a ideia de que a natureza é um agente que opera sobre essa reprodução individual, pode induzir a interpretação de que os organismos tidos como mais aptos são aqueles deliberadamente escolhidos. Ademais, a EB não se resume unicamente à seleção natural, pois eventos estocásticos podem, muitas vezes, ser determinantes. A grande expansão e diversificação dos mamíferos, por exemplo, ocorreu somente após a extinção massiva dos dinossauros (POUGH; JANIS; HEISER, 2003). E extinções em massa, embora possam ter causas prováveis, são eventos contingenciais.

Esses casos foram suficientes para mostrar que, entre os mais variados exemplos encontrados nos LD, sempre é reforçado o papel de aperfeiçoamento exercido pela seleção natural. Nos exemplos selecionados, também fica reforçado, reiteradamente, a ideia de que ocorre o beneficiamento de alguns indivíduos, e não a exclusão daqueles que não possuem determinadas características.

#### **4.2.2 Adaptação (como melhoria)**

A adaptação, como já se falou, é um processo passivo, resultado da reprodução diferenciada causada pela seleção natural. Sendo resultado da seleção natural e visto que esta tem um papel contextual conforme o ambiente, a adaptação não resulta em organismos ótimos. A seguir serão expostos os trechos em que a adaptação é vista, em vários dos LDs analisados, como uma melhoria do organismo.

*“Essas mudanças **quase sempre tornam as espécies mais aptas a sobreviver no seu ambiente. A palavra-chave, aqui, é adaptação. Note que não estamos falando da adaptação de um indivíduo ao ambiente, e sim, da adaptação da população. Ficarmos bronzeados quando nos expomos ao Sol é um exemplo de adaptação individual. Isso não tem***



*nenhuma relação com adaptação evolutiva, que é muito lenta e torna as populações mais ‘encaixadas’, ajustadas em seu ambiente com o passar do tempo. Em outras palavras, torna-as mais adaptadas.”* (livro 3, p. 202)

*“A evolução biológica, vimos no capítulo anterior, é um processo de mudanças que ocorre ao longo do tempo nos seres vivos. Também dissemos que, de maneira geral, as mudanças são percebidas pelo surgimento de características que deixam os grupos biológicos mais adaptados ao ambiente em que vivem.”* (livro 3, p. 211)

*“Assim, organismos que apresentarem variações mais favoráveis em determinado ambiente terão maiores probabilidades de sobrevivência e reprodução do que os demais. Além disso, transmitirão essas características aos seus descendentes. Dessa forma, cada geração ficará mais adaptada às condições ambientais.”* (livro 3, p. 214)

*“Uma vez que, a cada geração, sobrevivem preferencialmente os mais adaptados, eles tendem a transmitir aos descendentes as características relacionadas a essa maior aptidão para sobreviver, isto é, essa maior adaptação. Em outras palavras, a seleção natural favorece, ao longo das gerações sucessivas, a permanência e o aprimoramento de características relacionadas à adaptação.”* (livro 6, p. 148)

*“Segundo esse princípio [seleção natural], os organismos mais bem adaptados teriam maiores possibilidades de sobreviver e de reproduzir-se. A prole desses organismos herdaria essas características vantajosas. Esse processo se repetiria ao longo das gerações, podendo levar à melhor adaptação ou à formação de novas espécies.”* (livro 10, p. 138)

*“Os organismos que apresentam características vantajosas para competir pelos recursos escassos têm mais possibilidade de sobreviver e de reproduzir-se. Assim, os descendentes herdam essas características. Com o passar das gerações, o processo se repete. Indivíduos portadores das características vantajosas sobrevivem e se multiplicam, deixando mais descendentes, cada vez mais adaptados às condições ambientais.”* (livro 10, p.146)

*“Durante o processo de evolução, a seleção natural atua sobre a variabilidade existente nas populações, favorecendo os indivíduos que apresentam características hereditárias mais vantajosas no novo*

*ambiente. Esses indivíduos conseguem sobreviver e reproduzir-se com maior sucesso, deixando um número maior de descendentes, ao longo das gerações, que tendem a ficar cada vez mais adaptados àquele novo ambiente.”* (livro 10, p. 147)

São bastante explícitas as passagens que afirmam que os organismos tendem a ficar cada vez mais adaptados ao seu ambiente, e que tal adaptação equivale a uma melhoria. O último excerto, citado acima, mostra várias conotações possíveis para o progresso que ultrapassam o conceito de adaptação, como linearidade, obtenção de vantagens, adaptação crescente. Além de pressupor que o ambiente tende a permanecer constante, é reforçada a ideia de que a adaptação é um processo, uma busca, sempre tendendo a uma melhoria do organismo que “está se adaptando”. Sobre isso Meyer e El-Hani (2005) afirmam:

as características selecionadas são sempre as mais favoráveis dentro de um espectro de variações disponíveis numa população, e não características que se mostram perfeitas diante de desafios que o ambiente apresenta para os organismos (p. 69).

Gould (1993) compara o poder da seleção natural e o da adaptação com o de uma peneira e não ao do escultor que, caprichosamente, modela cada uma das partes de sua obra.

A respeito desse resultado da evolução, de tornar organismos cada vez mais aptos a explorar o meio ambiente, ou, em outras palavras, torná-los cada vez mais adaptados, a posição assumida por Gould nos parece mais ponderada:

Nosso mundo não é um mundo absolutamente ótimo, minuciosamente regulado por forças de seleção onipotentes. Ele é uma massa caprichosa de imperfeições funcionando razoavelmente bem (muitas vezes de modo admirável); um conjunto de **adaptações de uso temporário**, construído por partes curiosas, **tornadas disponíveis por histórias passadas em diferentes contextos**. [...] Um mundo adaptado de forma absolutamente ótima a meios ambientes presentes é um mundo sem história, e um mundo sem história poderia ter

sido criado tal como o encontramos (GOULD, 1990, p. 42, grifos meus).

A noção de EB como sendo o resultado de níveis de adaptação cada vez maiores conduz à formulação de um processo que busca perfeição ou que, mesmo não buscando, de alguma forma, acaba atingindo-a. Segundo essa interpretação, um mundo perfeito não necessita da evolução; um mundo perfeito pode ter sido criado como tal.

### 4.2.3 Vantagem

Neste tema foram incluídas todas as passagens que, embora não mencionem o mecanismo da seleção natural, inferem que a EB ocorre unicamente através de características vantajosas aos seus portadores. Além disso, alguns LDs também buscam oferecer contraexemplos, de características raras e desvantajosas, para ressaltar, não sem equívocos, que a seleção natural operaria no sentido de uma pretensa melhoria dos organismos e das populações.

*“Como em qualquer população biológica há muita variação tanto física quanto comportamental, alguns indivíduos mais ousados podem ter começado a adentrar as savanas em busca de novos recursos alimentares, mediante incursões curtas. Se entre esses variantes (ou mutantes, como as pessoas em geral gostam de dizer) houvesse alguns que também tivessem uma capacidade manual mais refinada do que a média e que conseguia lascar de forma controlada, produzindo lascas cortantes, certamente esses indivíduos **teriam tido mais facilidade para explorar** o ‘filé mignon’ emergente das savanas: as carniças.” (livro 1, p. 467)*

*“Com bactérias e antibióticos ocorre fenômeno semelhante ao da resistência de insetos a inseticidas. Eventualmente aparece no ambiente, por mutação, um gene que confere resistência ao antibiótico; a bactéria com esse gene é capaz de, por exemplo, fabricar uma enzima que destrói a substância antibiótica.”*

*“Se não houver antibiótico no meio em que essa bactéria mutante se encontra, a **característica não lhe traz nenhuma vantagem**. Pelo contrário, o tempo e a energia gastos para fabricar a enzima diminuem sua velocidade de reprodução. Portanto, esse indivíduo é menos*

*adaptado, não aumenta de número na população e perde-se por seleção natural.”* (livro 7, p. 149)

*“Os olhos reduzidos de animais que vivem em cavernas ou sob o solo também são órgãos vestigiais. **A atrofia dos olhos, nesse caso, pode ter representado uma vantagem adaptativa, pois seu desenvolvimento significaria desperdício de energia** (uma vez que não há luz no ambiente desses animais) e, além disso, **são órgãos que podem se ferir com facilidade em tais condições.**”* (livro 7, p. 182)

*“São considerados órgãos rudimentares ou vestigiais aqueles que estão em via de desaparecer, **pois perderam a importância inicial para a sobrevivência da espécie.** São exemplos o segundo e o quarto dedos dos pés do cavalo, os membros posteriores da baleia e o apêndice vermiforme do ceco intestinal do ser humano.”* (livro 4, p. 91)

*“A presença do apêndice vermiforme em nossa espécie é interpretada como uma evidência da evolução. Esse órgão foi importante em nossos ancestrais remotos, que tinham dieta predominantemente herbívora; neles, o ceco (porção inicial do intestino grosso, na qual se abre o intestino delgado) e o apêndice abrigavam microrganismos auxiliares da digestão de celulose. Com o desenvolvimento de outros tipos de dieta, na linhagem que originou nossa espécie, o ceco e o apêndice vermiforme **deixaram de ser vantajosos** e regrediram durante o processo evolutivo, restando apenas como vestígios de sua existência passada.”* (livro 6, p. 158)

*“Ao considerar a evolução como fenômeno populacional que ocorre entre gerações, é necessário reconhecer que os indivíduos de uma mesma espécie não são idênticos e que nem todos os indivíduos deixarão igual número de descendentes. **Assim, algumas variações serão favorecidas ao longo das gerações, o que vai modificar gradualmente a população.**”* (livro 8, p. 222)

*“É pouco provável que essas características [celoma e metameria] tenham permanecido apenas por obra do acaso, e muitos cientistas acreditam que elas de fato **conferem alguma vantagem** a seus possuidores. O celoma permite que a parede do corpo, onde está a musculatura do animal, se movimenta de maneira independente do sistema digestório. [...] Permite ainda que o líquido em seu interior funcione como um esqueleto hidrostático, aumentando a eficiência da contração muscular, o que confere mais controle sobre o movimento do animal.”* (livro 9, p. 286)

*“No desenvolvimento embrionário a duplicação de segmentos é mais provável do que o aparecimento de estruturas totalmente*

*originais. No entanto, ao mesmo tempo, isso traz diversas vantagens. Um corpo constituído com segmentos que se repetem tem compartimentos que podem ser controlados de maneira independente. O controle das contrações musculares é mais detalhado, o que permite movimentos mais preciso (figura 9.22.)” (livro 9, p. 287)*

*“Assim, populações com maior variabilidade têm chance maior de sobrevivência quando submetidas à ação da seleção, favorecendo indivíduos que apresentem **características mais vantajosas** para determinado ambiente. Esses indivíduos selecionados têm maior probabilidade de sobreviver, transmitindo aos descendentes as características genéticas favoráveis.” (livro 10, p. 152)*

Todos os exemplos citados, embora no contexto do respectivo LD façam referência à teoria da seleção natural, não a mencionam, ou, ao menos, não a enfatizam como sendo o mecanismo responsável pela evolução. A evolução torna-se, assim, um fenômeno que ocorre pela aquisição ou perda de certas vantagens. E, nesse sentido, vantagem pode ser entendida como um benefício, uma qualidade daquilo que está adiante ou superior. O desenvolvimento e a atrofia de órgãos ou comportamentos estariam, assim, unicamente relacionados ao ganho, no primeiro caso, ou à perda, no segundo, de certas vantagens em relação aos demais organismos. A maioria dos LDs analisados não abre espaço para o papel do acaso na evolução, nem para estruturas orgânicas que não tragam vantagens, mas que, por exemplo, são determinadas pelo desenvolvimento do organismo.

Em última análise, esses LDs parecem defender que tudo seria justificado de antemão: pode-se não saber o como algo evoluiu, mas, certamente, sabe-se o porquê de sua evolução: alguma vantagem trouxe ao organismo que o possui. Torna-se simples, então, fornecer a explicação para qualquer evento biológico. Analisemos o exemplo abordado pelo livro 7 na página 182. O exemplo da redução dos olhos em organismos cavernícolas ou subterrâneos é clássico e o próprio Darwin não conseguia desvinculá-lo do uso e desuso:

Os olhos das toupeiras e de alguns roedores cavadores são rudimentares por seu tamanho, e em alguns casos estão por completo talheres por pele e cabelos. Este estado dos olhos se deve

provavelmente a redução gradual por desuso, ainda que ajudada talvez por seleção natural. [...] como os olhos, seguramente, não são necessários aos animais que têm hábitos subterrâneos, uma redução no tamanho, unida à aderência das pálpebras e ao crescimento de cabelo sobre eles, pôde neste caso ser uma vantagem, e se é assim, a seleção natural ajudaria nos efeitos do desuso (DARWIN, 2009, p. 125-126).

Abordagens mais modernas, no entanto, mostram que essa questão da regressão ou perda dos olhos em animais cavernícolas está longe de ser resolvida e que, provavelmente, uma resposta adaptativa está longe de ser consensual.

Monika e Luis Espinasa (2008) desenvolveram um trabalho em que comparam oito diferentes possibilidades evolutivas para explicar a perda dos olhos em peixes cavernícolas. O interessante é que todas as possíveis explicações até o momento carecem de suporte empírico ou apresentam restrições lógicas. Por exemplo, os autores cogitam as hipóteses de seleção positiva no caso de gasto de energia e seleção negativa no caso de ferimentos. Ambas as hipóteses são descartadas; a primeira porque o gasto para produzir a camada adiposa e óssea que recobre os olhos desses animais requer mais gasto do que para produzir as proteínas funcionais da visão; a segunda, porque peixes de superfície necessitam, igualmente, de mecanismos de proteção para os olhos. Ademais, a linha lateral é capaz de prevenir eventuais colisões, seja no claro ou no escuro. A forma como o livro didático aborda o tema permite unicamente a interpretação de que um traço tem sua existência garantida só, e somente só, trazer vantagens aos organismos portadores.

#### 4.3 EVOLUÇÃO COMO AUMENTO DE COMPLEXIDADE

Esta categoria abarca as definições/explicações presentes nos LDs que, embora não implicando, necessariamente, em melhoria ou metas finais, em última instância defendem que a EB é um processo que conduz do simples ao complexo, independente do significado que se dê ao termo “complexidade”. Os LDs que apresentaram essa categoria foram os livros 3, 4 e 6.

Para análise, foram selecionados todos os excertos que indicam a existência de seres mais simples ou mais complexos, ou, de que a história da vida na Terra percorreu, de forma inerrante, esse caminho.

*“Na diversificação dos eucariontes a partir da linhagem procariótica, **houve aumento da complexidade** da célula e do material genético presente no núcleo.”* (livro 1, p. 22)

*“A fauna australiana contrasta fortemente com a de todo o resto do planeta. Essa característica poderia ser explicada pelo fato de a Austrália estar isolada das demais terras há mais de 50 milhões de anos. **Os mamíferos placentais, os mais complexos**, não são encontrados na região – exceto o ser humano, os ratos, os coelhos (introduzidos pelo homem) e os animais domesticados.”* (livro 3, p. 210)

*“Segundo os evolucionistas, os primeiros seres vivos a aparecer teriam sido **os mais simples**. As espécies não seriam fixas e imutáveis, mas transformar-se-iam de modo gradual e contínuo, podendo aparecer novas espécies a partir de outras preexistentes.”* (livro 4, p. 71)

*“A comparação da sequência de seres vivos, **desde as formas mais simples e remotas, até as mais complexas e recentes**, permitiu que fosse montada a história da vida na Terra.”* (livro 4, p. 96)

*“Os primeiros seres vivos **deviam ser muito simples**, constituídos por uma única célula com organização procariótica, ou seja, desprovida de envoltório nuclear e de organelas membranosas no citoplasma. Outro passo importante na história da vida foi o aparecimento dos seres eucarióticos multicelulares, isto é, constituídos por muitas células. Nessa estratégia, células resultantes da multiplicação de uma célula inicial passaram a viver juntas e a dividir as tarefas de sobrevivência. **Com o tempo, surgiram organismos com células cada vez mais especializadas no desempenho de funções diferentes**, o que permitiu o aparecimento dos tecidos e dos órgãos nos organismos multicelulares.”* (livro 6, p. 194)

O aumento de complexidade entre os seres pode de fato ocorrer, mas, como ressalta Gould (2001), tal evento é um acidente e não pode ser considerado como nenhum tipo de tendência na história da vida. Afirma Gould (2001, p. 231) que:

Não nego a afirmação de que uma criatura mais complexa tem uma tendência a aumentar sua complexidade ao longo do tempo, mas rejeito firmemente a ideia de que este fato muito limitado possa servir de argumento para se considerar o progresso geral como um impulso definidor na história da vida.

Ainda consoante com Gould (2001), outro motivo que pode levar a uma identificação equivocada dos padrões de diferenciação das formas de vida na Terra é a tradicional iconografia do cone crescente, isto é, formas simples num ponto inicial que, conforme “a passagem do tempo”, assumem padrões corporais mais elaborados e diversificados. Essa representação, presente por exemplo nos LDs 7 e 10, é tendenciosa pois passa a ideia de que a evolução tem um caminho a seguir e que atinge o seu máximo de complexidade e expansão nos tempos atuais. Gould (2001) sugere que o mais adequado seria uma representação invertida, com a parte maior do cone na base,

com a máxima amplitude anatômica [...] sendo alcançada no início da história da vida [a explosão Cambriana] seguida pela extinção da maior parte dos experimentos iniciais, e da acomodação da diversidade da vida em apenas umas poucas possibilidades originais (p. 297).

O aumento de complexidade (estrutural e genética) ocorreu na história da vida na Terra, todavia, esse aumento não pode ser interpretado como uma tendência ou como impulso organizador da vida, mas sim como um fenômeno fortuito. Sobre isso afirma Gould (2001): “o [...] progresso da vida é realmente um movimento aleatório que se afasta de começos simples, não um ímpeto dirigido para a complexidade, inerentemente vantajosa” (p. 237). Ou seja, a partir de um ponto inicial, necessariamente simples para permitir a existência da vida e abaixo do qual esta não seria possível, ocorreu uma expansão das formas orgânicas que, cronologicamente, podem ser alinhadas segundo algum critério pelo qual se defina complexidade. No entanto, essa não é uma tendência de organização da vida.



#### 4.4 EVOLUÇÃO COMO MECANISMO DIRETIVO

Os LDs que apresentaram esta categoria para a EB foram os identificados como 4, 7 e 10. Foram incluídas nesta categoria basicamente as passagens que, ao citar o fenômeno da adaptação, o fazem como processo pelo qual os organismos buscam meios para determinar o padrão corporal ou comportamento, como se, com isso, pudessem determinar o rumo da evolução.

*“A atuação de pressões seletivas intensas pode ter vários efeitos nas populações: **adaptação rápida às novas condições**, mudança para outro ambiente ou, se a pressão não for suportada, extinção.”* (livro 4, p. 82)

*“Ocasionalmente, alguns descendentes desse grupo [aves do grupo dos tentilhões] migraram para outras ilhas do arquipélago. Em cada ilha **a população se adaptou a um tipo de comida disponível.**”* (livro 7, p. 171)

*“Analisando oito espécies de tentilhões, Podos [pesquisador] descobriu que os pássaros com bico menor produzem trinos mais rápidos e com variedade maior de notas que os pássaros com bico maior, que parecem tocar um ‘instrumento musical’ mais grosseiro. A pesquisa mostra que, **à medida que os bicos se adaptavam a diferentes tipos de alimentação**, o canto dos pássaros também se modificava.”* (livro 7, p. 174)

*“A radiação [adaptativa] pode originar formas que exploram os recursos do seu hábitat de maneira diferente. Um exemplo de radiação adaptativa são os tentilhões de Galápagos, aves que têm bicos com a forma e o tamanho adaptados a diferentes dietas, e os peixes ciclídeos do lago Vitória (localizado no continente africano), mostrados na figura abaixo, **cujas espécies se adaptaram** a diferentes tipos de dietas.”* (livro 10, p. 143)

*“Quando duas ou mais espécies interagem evolutivamente, dá-se o nome de coevolução. Uma mudança na morfologia de uma espécie de planta, por exemplo, pode afetar uma espécie herbívora que dela se alimenta. Durante a evolução dessas duas espécies, as plantas desenvolvem adaptações que dificultam a herbivoria. Os herbívoros, **ao longo do tempo desenvolvem especializações que se contrapõem às***

*adaptações daquela planta* [predada pelos herbívoros], *mantendo-os assim, eficientes na apreensão do alimento.*” (livro 10, p. 148)

Esse último exemplo é particularmente interessante. Para se contrapor às especializações desenvolvidas pelas plantas é necessário que os herbívoros, por sua vez, desenvolvam as suas. Para tanto é necessário que se presuma que aquelas permaneçam estáticas, enquanto que estes desenvolvam seus mecanismos para driblar a dificuldade encontrada. Essa é uma das dificuldades apontadas por Lewontin (1978) para se entender o poder explicativo da adaptação: se a própria existência do organismo altera o seu ambiente, então a favor de quê, exatamente, está ocorrendo adaptação? Se supusermos que a cada resposta dos vegetais ocorrerá uma resposta específica dos herbívoros, adotaremos a premissa de que a seleção atua em partes, ou traços específicos, e não sobre organismos íntegros. E mais, para modificar especificamente os traços que melhor atuariam sobre as mudanças pontuais dos vegetais, dá-se abertura para um entendimento **diretivo**, interno ao organismo, como se este tivesse uma “vontade própria” de mudar e determinar qual o melhor sentido de mudança possível.

#### 4.5 EVOLUÇÃO COMO VALORAÇÃO ENTRE OS SERES

Excertos que puderam ser agrupados nesta categoria foram encontrados nos LDs 3, 4, 6 e 10. Em linhas gerais, essa categoria predominou nos trechos sobre evolução humana. Seguem os excertos nos quais essa valoração aparece.

“[...] *Ao longo da evolução dos primatas, há uma tendência em direção a uma habilidade manual cada vez maior, que nos humanos chega a seu ponto mais alto.*” (livro 3, p. 253)

“*Em algum momento, apareceram os primeiros representantes do gênero Homo. Um deles foi o Homo habilis, que provavelmente iniciou a fabricação de ferramentas. Surgiram, a seguir, o H. ergaster e o H. erectus, que descobriu e utilizou o fogo, um importante passo em direção ao homem moderno.*” (livro 3, p. 257)

“*Os prossímios formam um grupo muito primitivo do qual não se encontram mais representantes senão em Madagascar ou nas ilhas indonésias.*” (livro 4, p. 100)

“*Um grande avanço na passagem evolutiva de australopiteco para H. sapiens foi o desenvolvimento do sistema nervoso e,*

*consequentemente, da inteligência. Isso é evidenciado pelo aumento do volume craniano na linhagem humana, dos 450 cm<sup>3</sup> dos australopitecos até os 1350 cm<sup>3</sup> do H. sapiens moderno.”* (livro 6, p. 253)

*“Desenhos das mãos de diversos primatas. Nos tárσιos, os dedos finos com extremidades adesivas facilitam a adesão aos ramos das árvores. Nos orangotangos, as mãos estão adaptadas a balançar de galho em galho. No gorila, o polegar é mais oposto. **Nos humanos, a mão tem maior capacidade manipulativa, com o polegar mais desenvolvido e mais opositor do que os demais primatas.**”* (livro 10, p. 182) (Figura 8, vide anexo)

*“Entretanto, o esqueleto mais completo de Australopithecus data de 3,2 milhões de anos. Chamado informalmente de Lucy, foi descoberto no sítio arqueológico de Hadar, na Etiópia. Com base nessas evidências podemos afirmar que o Australopithecus afarensis, **apesar de bípede, ainda apresentava muitas características tidas como “primitivas”,** por exemplo, a face proeminente, como a dos grandes símios africanos, e o volume cerebral quase igual ao dos chimpanzés.”* (livro 10, p. 187)

Percebe-se que o *Homo sapiens* aparece, nesses LDs, com algum diferencial em relação aos demais hominídeos ou outros primatas, como por exemplo a maior capacidade de manipulação e o maior volume cerebral. Os LDs também conferem destaque para a necessidade de eventos importantes para marcar a transição entre o humano moderno e outras espécies do gênero *Homo*, como o polegar mais desenvolvido, um sistema nervoso mais elaborado, a descoberta do fogo, a postura ereta bípede, etc. Em comparação aos outros seres, parece que a espécie humana possui atributos distintamente especiais. Como se houvesse a necessidade, ainda que tácita, de demarcar o surgimento da nossa espécie em relação às demais, como um evento de especial importância.

Embora a categoria valoração tenha aparecido pouco nos LDs, segundo a análise feita, não é de se estranhar o fato de ela estar associada à evolução humana. Conforme foi visto em capítulo anterior sobre a noção de progresso, no percurso histórico de sua definição, por diferentes autores, os critérios acabavam assumindo uma postura axiológica que, em maior ou menor grau, refletia o antropocentrismo do proponente. Claro está que o ser humano faz parte da árvore da vida,

mas o ramo que lhe deu origem possui, na concepção de alguns dos LDs analisados, um destaque especial.

## 4.6 EVOLUÇÃO COMO FINALIDADE

Esta categoria compõe-se das explicações ou dos exemplos nos LDs que aduzem a evolução como um processo teleológico, isto é, como uma meta ou finalidade. A teleologia esteve presente em todos os livros analisados, com exceção do livro 1 (obra que não contém um tópico específico sobre EB, mas que descreve os grupos de seres vivos e suas relações de parentesco). Para melhor apresentar os resultados, dividi a categoria de teleologia em três temas, a saber: adaptação, tendência e evolução humana.

### 4.6.1 Adaptação (como meta)

A adaptação é um componente fundamental para a evolução. Ela é sempre um resultado de ação da seleção natural sendo, portanto, um processo passivo (MAYR, 2009). A eliminação dos organismos não adaptados não segue um propósito ou meta, assim como o surgimento de características que, porventura, tenha sido favorecido pela seleção natural, também não implica em uma direção ou busca. A despeito de todas as polêmicas que o conceito de adaptação suscita, alguns pontos são concordes: adaptação não é um caminho pré-determinado; não é uma resposta deliberada do organismo frente aos desafios do meio; não é um processo pelo qual as gerações atravessam atingindo níveis maiores de otimização do uso de recursos ou de sucesso reprodutivo.

*“A atuação de pressões seletivas intensas pode ter vários efeitos nas populações: **adaptação rápida às novas condições**, mudança para outro ambiente ou, se a pressão não for suportada, extinção.”* (livro 4, p. 82)

*“A adaptação é um processo complexo que tem como **resultado final** a manutenção das formas que estejam **em harmonia** com o ambiente e, conseqüentemente, que permitam a sobrevivência do ser vivo e aumentem sua capacidade de gerar descendentes. O conceito evolutivo de adaptação envolve características relacionadas à sobrevivência e ao sucesso reprodutivo do organismo que podem ser transmitidas de geração em geração, podendo ser definidas como características da espécie.”* (livro 5, p. 222)

“Explica-se essa semelhança de coloração como **resultado de um processo de adaptação** da falsa-coral, cujos ancestrais provavelmente **se beneficiavam** por serem parecidos com as corais-verdadeiras, com as quais conviviam. Falsas-corais com padrão de coloração mais semelhantes às corais-verdadeiras **eram beneficiadas pela seleção natural** e sua frequência na população tendia a aumentar, geração após geração.” (livro 6, p. 173)

“Analisando oito espécies de tentilhões, Podos [pesquisador] descobriu que os pássaros com bico menor produzem trinos mais rápidos e com variedade maior de notas que os pássaros com bico maior, que parecem tocar um ‘instrumento musical’ mais grosseiro. A pesquisa mostra que, **à medida que os bicos se adaptavam a diferentes tipos de alimentação**, o canto dos pássaros também se modificava.” (livro 7, p. 174)

“A história evolutiva das baleias a partir de um ancestral terrestre está bem documentada por uma **sequência de fósseis em que se percebe progressiva adaptação ao ambiente aquático**. Do exame desses fósseis pode-se notar, por exemplo, que **as aberturas nasais migraram para o topo da cabeça** – o que permite que as baleias respirem sem precisar emergir totalmente. Além disso, o corpo adquiriu um formato hidrodinâmico; **os membros dianteiros modificaram-se em nadadeiras; os membros posteriores diminuíram até desaparecer**.” (livro 7, p. 178)

“As pteridófitas **desenvolveram adaptações** essenciais para a conquista do ambiente terrestre e são consideradas as primeiras plantas verdadeiramente terrestres. [...] **Elas desenvolveram uma substância** que confere grande rigidez à celulose, a lignina, o que permitiu o desenvolvimento do porte arbóreo.” (livro 9, p. 169)

“A radiação [adaptativa] pode originar formas que exploram os recursos do seu hábitat de maneira diferente. Um exemplo de radiação adaptativa são os tentilhões de Galápagos, aves que têm bicos com a forma e o tamanho adaptados a diferentes dietas, e os peixes ciclídeos do lago Vitória (localizado no continente africano), mostrados na figura abaixo, **cujas espécies se adaptaram** a diferentes tipos de dietas.” (livro 10, p. 143)

“Espécies que se adaptam”, “adaptação progressiva”, “processo de adaptação”, entre outras expressões empregadas pelos LDs, denotam um entendimento de natureza teleológica. É difícil inferir, pelos excertos selecionados, se adaptação é um resultado de reprodução diferencial ou se algo sentido pelos organismos que precisam suportar as pressões ambientais. Mayr (2009) fala em níveis de adaptação, aqueles que são gerais, ou pertencentes ao plano corporal do organismo e, portanto, determinados pelo desenvolvimento, e aqueles que são específicos, no caso, referentes ao estilo de vida de cada ser (nicho ecológico). Mesmo com essa distinção, esse autor não fala em adaptações crescentes, as quais, além de implicar em meta, implicariam, também, em melhoria.

Compare-se a definição de adaptação de Mayr (2009) com a definição apresentada pelo livro 5:

Em outras palavras, uma adaptação é uma propriedade de um organismo, quer seja uma estrutura, um traço fisiológico, um comportamento ou qualquer outro atributo cuja existência favorece o indivíduo na luta pela sobrevivência. Acreditamos que esses traços tenham sido adquiridos pela seleção natural ou, caso tenham surgido por acaso, sua manutenção tenha sido favorecida pela seleção. [...] É preciso ter em mente que a adaptação não é um processo teleológico, mas o resultado *a posteriori* de uma eliminação (ou de uma seleção sexual). [...] Entretanto, o termo também tem sido usado incorretamente para designar o processo [“adaptação”] por meio do qual o traço favorável foi ativamente adquirido. [...] O processo de adaptação é estritamente passivo (MAYR, 2009, p. 181-183).

Concordando com Mayr (2009), pode-se afirmar que a definição proposta no livro didático 5 tem caráter teleológico e é inapropriada do ponto de vista do ensino de EB. Além de inapropriada, também é plenamente discutível a ideia de harmonia com o ambiente, o que reforça a noção de meta, de perseguição a um fim, de formação de organismos perfeitos, o que também não se mostra adequada com uma visão evolucionista moderna, uma vez que a harmonia e perfeição também foram exploradas pela teologia natural.

Outra afirmação de adaptação como um fenômeno de ajustamento é apresentada pelo livro 6:

*“A adaptação pode ser entendida em dois níveis: de indivíduo e de população. No primeiro caso, ela constitui um processo de ajustamento individual conhecido por homeostase (do grego homoiós, da mesma natureza, igual, e stasis, estabilidade), em que um organismo percebe as condições ambientais e **ajusta-se a elas**. No segundo, fala-se em adaptação evolutiva, **em que uma população se ajusta ao ambiente ao longo de sucessivas gerações. Em última análise, em ambos os casos a adaptação é resultado da seleção natural.**”* (livro 6, p. 171)

O texto desse LD diferencia adaptação individual, como sinônimo de homeostase, de adaptação evolutiva, como resultante de seleção natural. Para Mayr (2009) tal afirmação é equivocada, pois toda adaptação é um processo passivo resultante de seleção natural (p. 183). Além disso, o emprego da palavra adaptação para mudanças fisiológicas pode resultar em um problema explicativo, a saber: se a seleção elegeu os organismos com maior capacidade de adaptação a respostas ambientais, esses organismos se tornarão mais adaptados. Quais são os organismos mais adaptados? Aqueles com maior capacidade de adaptação. Eis uma nova tautologia na Biologia.

Outra questão é a afirmação de que os organismos se ajustam ao ambiente. Se esse mecanismo for entendido como sendo uma propriedade das populações, essa formulação é teleológica e remete à analogia da Rainha Vermelha feita por Van Valen (1973), a qual nos diz que os organismos devem correr o tempo todo para permanecer no mesmo lugar, pois perseguem um alvo móvel. Sobre isso, Meyer e El-Hani (2005) chamam a atenção:

É claro que se trata de uma analogia, de modo que, no caso dos organismos, eles não correm literalmente atrás de ambiente algum, mas o processo de seleção natural continuamente os ajusta a um ambiente mutável. [...] Muitas pessoas pensam que os organismos estão sendo continuamente selecionados de modo a se adaptarem às condições ambientais nas quais

vivem, a evolução deverá fazer que as populações se tornem, ao passar do tempo, cada vez mais capazes de sobreviver nesses ambientes, alcançando, por fim, uma condição ótima [...] (MEYER, EL-HANI, 2005, p. 69-70).

Reforça-se, então, que um traço adaptativo é mais corretamente descrito em virtude da sua permanência em uma população se ele condiciona, de alguma forma, algum êxito reprodutivo. Caso a adaptação seja explicada como uma mudança do organismo frente às alterações ambientais, supõe-se, então, que o organismo deliberadamente modifica a sua estrutura para superar essas alterações.

#### 4.6.2 Tendências

As tendências são frequentemente interpretadas como um caminho que certas linhagens seguiram. Tratar-se-ia, portanto, de uma meta, de algo que balizaria a história daquelas linhagens. Essas interpretações são inferidas a partir do registro fóssil e com frequência baseiam-se em valores médios de determinado atributo. Conforme já foi discutido no presente trabalho, o valor médio é pouco representativo sobre toda a variação das características físicas. Esse valor nos dá uma impressão, falsa, de que a evolução segue um rumo. A própria ideia de um valor médio vai de encontro ao que Darwin deduziu como um dos pilares da evolução, a existência de variabilidade e, por extensão, o pensamento populacional. Conforme Gould:

O valor médio de um clado não é uma adaptação central, mas apenas uma abstração, uma média entre muitas espécies, cada uma bem adaptada (a um particular estado do caractere em questão) ao seu próprio meio (GOULD, 1988, p. 327, tradução minha).

Nos LDs analisados, encontramos os seguintes trechos:

*“Veja como seria uma explicação darwinista para a língua comprida do camaleão (ou do tamanduá): em uma população inicial de camaleões, alguns indivíduos possuíam língua mais comprida que outros. Essa característica seria hereditária e os indivíduos com língua maior passaram a ter maiores chances de capturar insetos. O processo*



*repetiu-se ao longo das gerações e a frequência de animais de língua mais comprida aumentou de maneira gradativa.”* (livro 7, p. 136)

*“Em resumo, a mutação ocorre independentemente do seu valor adaptativo. A chance de uma mutação aparecer não é afetada pela vantagem que ela poderá conferir ao seu portador. Como disse o evolucionista Theodosius Dobzhansky, os genes não sabem como ou quando seria bom sofrer uma mutação. Mas não devemos esquecer que, se por acaso aparecer alguma mutação favorável, ela será selecionada positivamente e o número de indivíduos com a mutação aumentará com o tempo. Isso significa que, ao contrário da mutação, a seleção natural não é um processo aleatório: não é por acaso que os insetos resistentes a inseticidas ou as bactérias resistentes a antibióticos aumentam de número em ambientes com esses produtos. Por isso não se pode dizer que a evolução ocorra ao acaso.”* (livro 7, p. 147)

*“[...] quanto maior a velocidade de reprodução de um parasita, maior chance de o hospedeiro ficar doente e morrer. Como a seleção natural poderia beneficiar um parasita que provoca a morte rápida de um hospedeiro?”*

*“Em certas situações, mesmo que o hospedeiro morra rapidamente, o parasita já espalhou um número grande de descendentes na população de hospedeiros. No caso de parasitas transmitidos por relação sexual, a transmissão é tanto mais rápida quanto mais frequentes são as relações com parceiros diferentes. Nesse caso, parasitas muito agressivos, por exemplo, podem ser favorecidos pela seleção natural se forem capazes de passar rapidamente de um hospedeiro a outro.”*

*“A situação oposta ocorre quando as trocas de parceiros são menos frequentes ou quando se adotam medidas preventivas, como o uso de camisinhas nas relações sexuais, o controle do sangue e o uso de seringas descartáveis. Nesse caso, as variedades de vírus menos agressivas, que demoram mais a provocar danos à saúde, são favorecidas pela seleção natural, pois elas sobrevivem mais tempo no hospedeiro até que haja uma falha em alguma das medidas preventivas (uma relação sexual sem camisinha, por exemplo). Assim, com medidas de prevenção, podemos influir na evolução dos vírus da AIDS e favorecer as variedades menos agressivas.”* (livro 7, p. 155)

*“Muitos primatas tendem a erguer o tronco ao caminhar, o que indica uma tendência desse grupo para o bipedalismo, ou seja, caminhar sobre duas pernas. Outra característica é o grande desenvolvimento dos hemisférios cerebrais, mais pronunciados no gênero Homo.”* (livro 10, p. 182)

O exemplo do vírus, retirado de um quadro destaque sobre AIDS, é particularmente interessante. Primeiro, não há ponto concorde sobre onde se localizam os vírus, se no mundo orgânico ou no inorgânico. Nesses termos, até que ponto faria sentido atribuí-lo um mecanismo tipicamente biológico, como é a seleção natural? Segundo, é passada a impressão que, conforme o comportamento sexual dos portadores, uma ou outra variedade seria beneficiada pela seleção natural. A frequência de mutação nos vírus, via de regra, é alta. Não faz sentido, portanto, dizer que determinada variedade será beneficiada, a não ser que a evolução já tenha um caminho traçado e, nesse caso, dependente do número de parceiros sexuais de uma pessoa.

Outra conotação possível para a tendência que foi encontrada nos LDs não diz respeito a características dos organismos que se deslocam rumo a alguma meta, mas sim à própria evolução que possuiria, de forma intrínseca, uma tendência.

*“Em resumo, a mutação ocorre independentemente do seu valor adaptativo. A chance de uma mutação aparecer não é afetada pela vantagem que ela poderá conferir ao seu portador. Como disse o evolucionista Theodosius Dobzhansky, os genes não sabem como ou quando seria bom sofrer uma mutação. Mas não devemos esquecer que, se por acaso aparecer alguma mutação favorável, ela será selecionada positivamente e o número de indivíduos com a mutação aumentará com o tempo. Isso significa que, ao contrário da mutação, a seleção natural não é um processo aleatório: não é por acaso que os insetos resistentes a inseticidas ou as bactérias resistentes a antibióticos aumentam de número em ambientes com esses produtos. Por isso não se pode dizer que a evolução ocorra ao acaso.”* (livro 7, p. 147)

*“Recorde-se: Evolução: descendência com modificação. Darwin propôs que a evolução das espécies ocorre pela seleção natural. A seleção natural atua sobre as populações na natureza.”* (livro 5, p. 227)

A seleção atua nas populações naturais, mas elas não são o alvo da seleção como pode ser entendido pelo enunciado do livro 5. Como

assinalam Meyer e El-Hani (2005), o que é selecionado é um debate antigo, amplo e provavelmente longe de ser solucionado. Há autores que propõem que são os genes, outros que são os indivíduos, outros as populações, outros as espécies, e outros, ainda, a seleção por parentesco.

Assumo aqui a posição defendida por Gould (1997), segundo a qual, se pensarmos a seleção natural como um processo pelo qual as espécies ou formas gregárias tiram proveito, assumiremos uma postura teleológica, pois haveria um bem maior a ser alcançado, cuja finalidade seria a orientação natural para todos os organismos: a preservação da espécie, mesmo que em detrimento dos indivíduos. Diz Gould (1997) que:

A seleção natural pode favorecer a espécie, mas esse benefício “superior” só surge como seqüela ou consequência colateral do mecanismo causal da seleção natural: o sucesso reprodutivo diferenciado **de indivíduos** (p. 397, grifos do autor).

### 4.6.3 Evolução Humana

Este tema foi destacado dentro da categoria teleologia pois foi recorrente, nos LDs e, em especial, nos tópicos sobre evolução humana, conotações que indicassem finalidade, ou uma tendência a ser seguida pela linhagem que originou os humanos modernos.

“[...] Ao longo da evolução dos primatas, **há uma tendência em direção a uma habilidade manual cada vez maior, que nos humanos chega a seu ponto mais alto.**” (livro 3, p.253)

“*Em algum momento, apareceram os primeiros representantes do gênero Homo. Um deles foi o Homo habilis, que provavelmente iniciou a fabricação de ferramentas. Surgiram, a seguir, o H. ergaster e o H. erectus, que descobriu e utilizou o fogo, um importante passo em direção ao homem moderno.*” (livro 3, p. 257)

“*Os fósseis mais antigos de H. erectus indicam que seu volume craniano era da ordem de 850 cm<sup>3</sup>. Fósseis mais recentes apresentam volume craniano superior a 1000 cm<sup>3</sup>, mostrando que houve aumento*

*significativo do tamanho do encéfalo do H. erectus durante seu período de existência.”* (livro 6, p. 215)

*“Muitos primatas tendem a erguer o tronco ao caminhar, o que indica uma tendência desse grupo para o bipedalismo, ou seja, caminhar sobre duas pernas. Outra característica é o grande desenvolvimento dos hemisférios cerebrais, mais pronunciados no gênero Homo.”* (livro 10, p. 182)

Seja pelo emprego de tendências como bipedalismo, aumento de volume cerebral, aumento da habilidade manual, seja por passos “decisivos” para chegar ao humano moderno, os textos de alguns dos LDs analisados acabam por atribuir sentidos especiais no que concerne à evolução do *H. sapiens*. Em outras palavras, a EB dos primatas deu-se, de tal forma, que alcançou um ápice, seja pelo sistema nervoso desenvolvido, seja pela capacidade manual ou pelo domínio de técnicas, nos humanos modernos. E não poderia deixar de ser assim, já que os LDs mostram, através de imagens, e explicam, através dos textos, que houve uma “tendência” a esse aperfeiçoamento. Ao aluno, praticamente não são dadas opções de um entendimento não teleológico.

## CAPÍTULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS



“Um sábado qualquer...”<sup>®</sup> (<http://www.umsabadoqualquer.com/>)

*"O Universo pode ter um objetivo, mas nada que nós sabemos sugere que, se for assim, esse objetivo tenha qualquer semelhança com o nosso." Bertrand Russell*



## **CAPÍTULO 5- CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Chega-se ao final de uma caminhada, produto de investigações e de escolhas. Nesta etapa, gostaria de ressaltar as questões que são frutos desta pesquisa, assim como algumas futuras perspectivas sobre a temática da existência ou não de progresso na EB.

Escolhi trabalhar com LD sabendo da importância desse recurso no ensino e na aprendizagem de disciplinas escolares como a Biologia, mas tendo em mente, o tempo todo, que a prática educativa demanda muito mais do que o seu simples uso pelo professor. Como várias pesquisas da área de ensino de Ciências já evidenciaram – por exemplo, Delizoicov (1995) –, é bastante complexa a relação entre docentes e esse recurso, ou de qualquer outro instrumento à disposição do professor. Dessa forma, a natureza dos conteúdos e a qualidade com que são desenvolvidos nos LDs constituem aspectos de relevância, quando se pensa no uso que um professor fará deles. No que tange especificamente à proposta inicial desta investigação, sobre a existência e caracterização das conotações de progresso em LDs de Biologia, creio ter alcançado resultados consistentes. Cumpre aqui expandir esses resultados para as consequências do ensino de EB.

Antes, pretendo reforçar a tese de Gould (2001) que tomei como uma das referências para o presente trabalho. Essa tese pauta-se na premissa de que progresso e EB não devem andar juntos. Esta escolha não foi trivial, por duas razões principais. Uma delas é que reconheço a possibilidade de se caracterizar a expressão progresso e os diferentes significados atribuídos a essa expressão. Porém, tenho ciência da dificuldade em se determinar, objetivamente, um parâmetro para se mensurar o progresso. A segunda é de ordem histórica e também didática. Um dos maiores reverses do pensamento evolutivo na história da ciência foi, justamente, por acreditar que a evolução se pautaria em uma espécie de progresso, valer-se dessa assunção para legitimar a dominação de certos grupos sociais sobre outros, de um gênero sobre o outro e de uma etnia sobre a outra. É o que resultou do uso da proposição de Darwin para explicar o mundo natural, quando estendido às relações sociais, chamado também de darwinismo social (GOULD, 1991a), e para tornar científica a ideologia do racismo (MAGNOLI, 2009). A visão de evolução vista como progresso e, principalmente,

vista como escala, tal qual na *scala naturae*, é o que legitimou o racismo científico:

O “racismo científico” converteu-se de imediato ao recapitulacionismo, postulando que os indivíduos das raças inferiores percorreram incompletamente a trajetória da evolução das espécies. Assim, se os estágio embrionários dos seres humanos “recapitulam” os peixes, os répteis e os mamíferos inferiores, o estágio adulto de indivíduos de uma raça inferior espelha o estágio infantil de adultos de uma raça superior, e os estágios iniciais de indivíduos de raças inferiores espelham os estágios adultos de nossos ancestrais macacos (MAGNOLI, p. 28, 2009).

A ideia de recapitulação, comentada neste trabalho, foi uma das responsáveis pelo pensamento progressivo na evolução.

Do ponto de vista didático, pretendo deixar claro que, ao se ensinar EB, corre-se sempre o risco de que os alunos permaneçam com a concepção tácita de progresso, visto que essa já é uma das principais concepções prévias que os alunos apresentam (BIZZO, 1994; COSTA; MELO; TEIXEIRA, 2009; SILVA; LAVAGNINI; OLIVEIRA, 2009). Porém, creio eu, se o professor mantiver em suas aulas um posicionamento tal qual o defendido por Gould (2001) e devidamente justificado e sustentado por exemplos bem escolhidos, a probabilidade que os alunos façam as associações entre progresso e EB e disto para o darwinismo social, cairá drasticamente.

Agora, vamos aos resultados. Todos os dez livros analisados, em maior ou menor grau, apresentaram explicações que podem ser relacionadas com a ideia de progresso, assumindo, em princípio, que essa ideia pode ser incorporada no material didático sob várias roupagens (linearidade, melhoria, finalidade, etc.). Então se percebe uma primeira bifurcação nessa caminhada: 1- assumimos que o ensino de EB, ao menos no nível do EM, não se pode prescindir dessa ideia; o progresso estaria, inevitavelmente, associado à EB. E algum ensino de EB, mesmo que contemplando essa perspectiva, é melhor do que nenhum ensino. 2- se entendemos a persistência dessa ideia nos materiais didáticos e pretendemos ao máximo evitá-la, cabe reformular, na medida do possível e atendendo às demandas do nível de ensino em questão, os LDs, reivindicando maior rigor nas avaliações desses



materiais pelas equipes responsáveis. O Estado brasileiro deve suprir a demanda de materiais didáticos em caráter obrigatório, como consta *online* na Constituição de 1988:

Art. 208 O dever do Estado com a educação será efetivado mediante a garantia de:

[...]

VII- atendimento ao educando no ensino fundamental através de programas suplementares de material didático-escolar; transporte, alimentação e assistência à saúde (BRASIL, 1988).

Outra medida é trabalhar na formação inicial e continuada de professores para que possam fazer uso da teoria evolutiva como eixo organizador do ensino, sem, contudo, associá-la ao progresso.

Sabe-se que a existência de progresso na EB é assunto controverso, longe de ser encerrado. Tem-se a perspectiva de autores, como Ayala (1988), que buscam definir progresso em termos científicos, apesar de reconhecerem a dificuldade dessa empreitada. Outros, como Gould (2001), pensam que essa noção oblitera o pensamento evolutivo e deveria ser de vez abolida do vocabulário científico. Para o ensino de Biologia, visualizo a questão da seguinte forma: explicações que têm por base finalidade, mecanismos diretos e linearidade deveriam ser excluídas. Essas explicações assumem, de forma implícita, a ideia da teleologia cósmica (um propósito universal e atemporal), de forças que atuam direcionando as mudanças e da organização linear dos organismos, conforme a *scala naturae*. No entanto, quanto ao aumento de complexidade e melhoria, creio que se pode ser mais flexível; primeiro porque definir complexidade é uma tarefa difícil para filósofos da Biologia e, por extensão, não deveria estar entre as maiores preocupações dos professores do EM. Segundo, conforme expus no Capítulo 2, porque a teoria da Seleção Natural proposta por Darwin admitia esse avanço dos seres para condições melhores. E, conforme o entendimento de autores como Mayr (2005), ela continua atuando dessa forma, embora o seu papel principal seja o de exclusão e não o de favorecimento.

Com relação aos encaminhamentos possíveis desta pesquisa. Neste ponto, um referencial da Didática das Ciências da linha francesa pode ajudar. Sabemos que o processo de educação não se resume a simples repetições de conteúdos consolidados historicamente. A escola é um local de criação de saberes, de produção de conhecimentos. Assim sendo, o material didático por ela utilizado deve atender a esse propósito. Por ver na escola um local de produção de conhecimento e a necessidade que os conteúdos abordados por ela sejam assimiláveis pelos alunos, Yves Chevallard (2009) propôs a teoria da Transposição Didática, que, em resumo, propõe a transformação dos objetos de saberes (conhecimento científico, acadêmico ou saber sábio) em objetos de ensino (ou saber ensinado). Para essa transformação alguns fenômenos serão inevitáveis aos conteúdos para que se tornem “escolarizáveis” e que se adéquem, minimamente, ao tempo destinado ao ensino. Um desses fenômenos é a dessincretização, a necessária delimitação dos objetos de ensino em saberes parciais (CHEVALLARD, 2009, p. 69), a sua retirada do contexto epistemológico original e transposta para um novo contexto, neste caso, escolar. Dessa forma, entendo que cabe aos autores dos LDs propor uma ressincretização, atentando ao máximo para aspectos e exemplos contidos nos livros que relacionem a Evolução com progresso. E como se pretendeu mostrar ao longo dos resultados, essa é uma meta possível, principalmente no que tange à teoria da Seleção Natural. Se esse é o principal mecanismo para explicar a EB veiculado pelos livros, compete aos autores desses livros um maior cuidado com esse assunto. Uma mudança simples é enfatizar o papel eliminador da seleção em detrimento da sua atuação para favorecer os organismos que possuem alguma vantagem em relação aos demais.

Outros encaminhamentos possíveis dizem respeito aos professores que atuam no Ensino Médio e Fundamental e aos formadores desses professores. Aos professores que atuam na Educação Básica compete, em grande parte, aquilo que Chevallard (2009, p. 49) chama de vigilância epistemológica, a saber, que objetos de ensino são esses que se rotulam por “Evolução, Seleção Natural, Adaptação, Tempo, etc.”? Qual a relação desses objetos de ensino com os objetos de saber que se referem? Qual era o entendimento desses termos proposto por Darwin e qual o entendimento mais recente que se tem sobre eles? Nas palavras de Arsac:

O estudo da transposição [didática] leva a exercer uma vigilância epistemológica, ou seja, a examinar se a distância, a deformação, entre o objecto [*sic*] de saber e o objecto [*sic*] de ensino não é tal, que apenas reste de comum uma nomenclatura e, no pior dos casos, uma linguagem pseudo-científica. Poderemos falar, nos casos extremos de “ruptura epistemológica”; convirá então que nos interroguemos sobre os motivos dessas rupturas (ARSAC, 1989 *apud* ASTOLFI *et al.*, 2002, p. 197).

Se ocorre esse afastamento do que é ensinado com relação ao seu referente objeto de saber a tal ponto que isso comprometa a qualidade do ensino, a questão é, então, reaproximar os professores do chamado saber sábio. Para tanto, reforça-se a necessidade de formação continuada, com a necessidade desse aprofundamento nas questões evolutivas (COIMBRA; SILVA, 2007). Mas, e diante do fato da impossibilidade de se fazer uma formação continuada? Resta aos professores escolherem o livro com base nas resenhas do Guia do Livro Didático distribuído para as escolas. E se as avaliações feitas pelas equipes do MEC continuarem complacentes quanto ao critério da presença de progresso na EB, por exemplo, o que restará ao professor além da resenha fornecida pelo guia? Ele terá a percepção desses elementos que induzem a uma visão de progresso da EB? Conseguirá perceber que, embora muitos livros afirmem peremptoriamente que a EB não resulta de melhorias nem em finalidades, os exemplos dados e as justificativas para existência de certas características são explicadas unicamente em função das vantagens proporcionadas ou por “tendências” encontradas no registro fóssil ou, ainda, por uma manifestação do organismo frente ao ambiente para se adaptar a ele? Nesse aspecto, o LD tem um caráter ambivalente, pois afirma que, embora a evolução não seja progressiva, os organismos são resultados de processos de aperfeiçoamento. Nesse sentido, parece que fica reforçada a tese de Bernard Charlot (2008), a qual vê os professores como os trabalhadores da contradição. E aqui, talvez a situação seja mais delicada, pois é possível que os professores sequer percebam essa contradição.

No que concerne aos alunos, a preocupação deve ser maior ainda. Os resultados deste trabalho podem indicar a presença de obstáculos epistemológicos (e muito provavelmente, pedagógicos) para o entendimento da EB. Pegue-se, por exemplo, as representações pictóricas da história da vida na Terra ou aquelas que representam as “tendências” evolutivas, como as dos homínídeos e a dos cavalos. Parece-me que se está diante, claramente, daquilo que Bachelard (1996) chamou de obstáculo verbal “[...] uma *única* imagem, ou até uma única palavra, constitui toda a explicação.” (p. 91, grifo do autor).

Com relação aos formadores dos professores, alguns encaminhamentos também podem ser sugeridos. O primeiro é estimular os professores em formação para que aprendam a utilizar os LDs de forma crítica (BIZZO, 2000), como um instrumento de apoio para a sua prática e não como guia do currículo, da sequência de conteúdos, das atividades propostas e das formas de avaliação. Isso inclui, também, que na formação inicial seja trabalhada a análise crítica do ensino tradicional (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011) e a investigação em LDs pode ser um bom caminho para esses objetivos (SAVIANI, 2009).

O segundo encaminhamento é realizar uma aproximação da História e da Filosofia da Ciência, em especial, a Filosofia da Biologia, tanto para a formação inicial de professores quanto para o ensino de EB nas escolas. Matthews (1995) ressalta a possibilidade de que uma abordagem histórica e filosófica no ensino de Ciências possa torná-lo menos dogmático:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise [do ensino de Ciências], porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tomar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma

epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p. 165)

Maria Helena da Silva Carneiro e Maria Luiza Gastal (2005) compararam livros utilizados no EM e no Ensino Superior e perceberam que eles seguem os mesmos padrões quanto à história da Ciência que é relatada: uma ciência linear, feita unicamente de consensos e sem maior aprofundamento dos aspectos socioculturais. Com isso, o professor tem um reforço duplo sobre essa chamada “história anedótica” (CARNEIRO; GASTAL, 2005, p. 35), uma durante a sua formação e outra quando atua no ensino. Concordando com essas autoras, entendo que uma formação inicial que contemple, ao menos, algumas rupturas epistemológicas (CARNEIRO; GASTAL, 2005,), já proporcionaria outra visão aos professores. Por exemplo, uma formação na qual os professores tomem conhecimento de que, nas formulações de Darwin, a questão da existência ou não de progresso da Evolução era dúbia. Que após a publicação de *A Origem das Espécies* em 1859, essas visões continuaram em conflito e que mesmo proponentes da Síntese Moderna, como Julian Huxley (1946), continuaram a defender a Evolução como um fenômeno progressivo. Possivelmente, ao terem conhecimento dessas diferentes visões epistemológicas sobre a Evolução, os professores estariam mais aptos a exercer a sua vigilância epistemológica sobre as explicações evolutivas nos materiais didáticos.

Por fim, gostaria de dizer que o debate sobre a existência de progresso na EB permanece em aberto. Entendo que as categorias adotadas para análise, no presente trabalho, não são absolutas, e novas e futuras pesquisas poderão dar outras interpretações a essas questões, bem como análises mais amplas que cheguem a outros resultados. Mas ainda assim, espero ter contribuído para as pesquisas sobre livros didáticos, sobre a Filosofia da Biologia e sobre o ensino de Evolução.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Argus Vasconcelos de; FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha. As teorias de Lamarck e Darwin nos livros didáticos de Biologia no Brasil. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 649-665, 2010.

AMARAL, Ivan Amarosino do. Os fundamentos do Ensino de Ciências e o Livro Didático. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID-NETO, Jorge (orgs.). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. p. 83-123.

AMORIM, Mário César de. **Aspectos da pesquisa acadêmica brasileira sobre o ensino dos temas “Origem da Vida” e “Evolução Biológica”**. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

AMORIM, Mário César de; LEYSER, Vivian. A Evolução Biológica e seu ensino nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

ARAÚJO, Elaine Sandra Nicolini Nabuco de; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; CALUZI, João José; CARVALHO, Graça Simões. Concepções criacionistas e evolucionistas de professores em formação e em exercício. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DAROT, Éliane; GINSBURGER-VOGEL, Yvette; TOUSSAINT, Jacques. **As palavras-chave da Didática das Ciências**. Lisboa: Horizontes Pedagógicos, 2002. 208 p.

AYALA, Francisco J. *Can “progress” be defined as biological concept?* In: NITECKI, Matthew H. (org.). *Evolutionary Progress*. Chicago: The University Chicago Press, 1988. p. 75-96.

AZEVEDO, Maicon J. C. **Explicações teleológicas no ensino de evolução**: um estudo sobre os saberes mobilizados por professores de Biologia. 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. 316 p.

BARAHONA, Ana. *La Idea de Progreso en Biología*. In: MARTÍNEZ, Sergio; BARAHONA, Ana (orgs.). *Historia y explicación en Biología*. México: Fondo de Cultura Económica, 1998. p. 125-138.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 279 p.

BELLINI, Luzia Marta. Avaliação do conceito de Evolução nos Livros Didáticos. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 17, n. 33, p. 7-28, jan./abr. 2006.

BIZZO, Nélio Marco Vincenzo. **Ciências: fácil ou difícil?** São Paulo: Ática, 2000. 144 p.

\_\_\_\_\_. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 312 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

\_\_\_\_\_. *From Down House Landlord to Brazilian High School Students: What has Happened to Evolutionary Knowledge on the Way?* **Journal of Research in Science Teaching**, v. 31, n. 5, p. 537-556, 1994.

BIZZO, Nélio M. V.; ALMEIDA, Argus Vasconcelos de; FALCÃO, Jorge Tarcísio da Rocha. A compreensão de estudantes dos modelos de Evolução Biológica: duas aproximações. In: ENCONTRO NACIONAL



DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

BIZZO, Nélio M. V.; EL-HANI, Charbel Niño. O arranjo curricular do ensino de evolução e as relações entre os trabalhos de Charles Darwin e Gregor Mendel. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 235-257, 2009.

BIZZO, Nélio M. V.; MOLINA, Adela. *El mito darwinista en el aula de clase: un análisis de fuentes de información al gran público*. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 401-416, 2004.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <[http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988\\_05.10.1988/index.shtm](http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/index.shtm)>. Acesso em: 19 jan. 2013.

BRASIL. **Educadores e gestores discutem o futuro dos programas do livro**. 12 mar. 2012. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=17579:educadores-e-gestores-discutem-o-futuro-dos-programas-do-livro&catid=211&Itemid=86](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=17579:educadores-e-gestores-discutem-o-futuro-dos-programas-do-livro&catid=211&Itemid=86)>. Acesso em: 30 mar. 2012.

BRASIL. **Guia de Livros Didáticos**: PNLD 2012: Biologia. Brasília: Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), 2011. 80 p.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental (SEF). **Parâmetros curriculares nacionais**: Ciências Naturais. Brasília: MEC, SEF, 1998. 138 p.

CARMO, Ricardo Santos do; NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI, Charbel Niño. É legítimo explicar em termos teleológicos na Biologia? **Revista da Biologia**, v. 9, n. 2, p. 28-34, 2012.

CARNEIRO, Ana Paula Netto. **A Evolução Biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 2004. 137 f. Dissertação (Mestrado em

Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL, Maria Luiza. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 127 p.

CARVALHO, Graça Simões; CLÉMENT, Pierre. Projeto “Educação em biologia, educação para a saúde e educação ambiental para uma melhor cidadania”: análise de manuais escolares e concepções de professores de 19 países (europeus, africanos e do próximo oriente). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2007.

CELLARD, André. A Análise Documental. In: POUPART, Jean et al. **A Pesquisa Qualitativa: Enfoques epistemológicos e metodológicos**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. p. 295-316.

CHARDIN, Pierre Teilhard. **O Fenômeno Humano**. 2. ed. São Paulo: Herder, 1966. 355 p.

CHARLOT, Bernard. O professor na sociedade contemporânea: um trabalhador da contradição. **Revista da FAEBA**, v. 17, n. 30, p. 17-31, 2008.

CHASSOT, Attico. **A Ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1994. 280 p.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposición Didáctica: del saber sábio al saber enseñado**. 3. ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 2009. 200 p.

CHIZZOTTI, Antonio. **Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais**. 11. ed. São Paulo: Cortez, 2010. 164 p.

CICILLINI, Graça Aparecida. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do Ensino Médio: a Teoria da**

Evolução como exemplo. 1997. 298 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

COIMBRA, Roberta Lipp; SILVA, Juliana da. Ensino de Evolução Biológica e a necessidade de formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

COSTA, Leandro de Oliveira; MELO, Paula Leite da Cunha; TEIXEIRA, Flavio Martins. Evolução – tensões e desafios no Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

COSTA, Leandro de Oliveira; MELO, Paula Leite da Cunha; TEIXEIRA, Flavio Martins. Análise da concepção dos alunos de terceiro ano do Ensino Médio sobre a origem das espécies em relação aos seus *backgrounds* culturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

DARWIN, Charles. **A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural ou a Preservação das Raças Favorecidas na Luta pela Vida**. São Paulo: Escala, 2009 [1859]. 462 p.

DAWKINS, Richard. **O maior espetáculo da Terra**: as evidências da Evolução. São Paulo: Companhia das Letras, 2009. 438 p.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011. 364 p.

DELIZOICOV, Nadir Castilho. **O professor de ciências naturais e o livro didático - no ensino de programas de saúde**. 1995. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

DIAS, Fernanda Malta Guimarães; BORTOLOZZI, Jehud. Como a Evolução Biológica é tratada nos livros didáticos do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

EL-HANI, Charbel Niño; ROQUE, Nádia; ROCHA, Pedro Luís Bernardo da. Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio: Resultados do PNLEM/2007. **Educação em Revista**, v. 27, n. 1, p. 211-240, 2011.

ESPINASA, Monika; ESPINASA, Luis. *Losing Sight of Regressive Evolution*. **Evolution, Education and Outreach**, v. 1, n. 4, p. 509-516, 2008.

FRISON, Marli Dallagnol; VIANNA, Jaqueline; CHAVES, Jéssica Mello; BERNARDI, Fernanda Naimann. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de Ciências Naturais. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

GARCIA, Paulo Sérgio; BIZZO, Nélio M. V. A pesquisa em livros didáticos de ciências e as inovações no ensino. **Educação em Foco**, v.13, n. 15, p. 13-35, 2010.

GASTAL, Maria Luiza; GOEDERT, Débora; CAIXETA, Fábio Viegas; SOARES, Marina Nunes T. Progresso, Adaptação e Teleologia em Evolução: o que aprendemos, o que entendemos e o que ensinamos? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

GODFREY-SMITH, Peter. *Adaptationism and the Power of Selection*. **Biology and Philosophy**, v. 14, n. 2, p. 181-194, 1999.

GOEDERT, Lidiane. **A formação do professor de Biologia na UFSC e o ensino da Evolução Biológica**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GOMES, Romeu. Análise e Interpretação de dados na Pesquisa Qualitativa. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu (orgs.). **Pesquisa Social: Teoria, Método e Criatividade**. 30. ed. Petrópolis: Vozes, 2011. 108 p. página inicial e final do texto na obra? (79-108).

GOULD, Stephen Jay. **Dedo Mindinho e seus Vizinhos: ensaios de História Natural**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993. 492 p.

\_\_\_\_\_. **Dinossauro no palheiro: reflexões sobre História Natural**. São Paulo: Companhia das Letras, 1997. 567 p.

\_\_\_\_\_. **A falsa medida do homem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991a. 369 p.

\_\_\_\_\_. **A galinha e seus dentes e outras reflexões sobre História Natural**. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 1992. 404 p.

\_\_\_\_\_. **Lance de Dados: a ideia de evolução de Platão a Darwin**. Rio de Janeiro: Record, 2001. 332 p.

\_\_\_\_\_. *On replacing the Idea of Progress with an Operational Notion of Directionality*. In: NITECKI, Matthew H. (org.). **Evolutionary Progress**. Chicago: The University of Chicago Press, 1988, p. 319-338.

\_\_\_\_\_. **Seta do Tempo, Ciclo do Tempo: mito e metáfora na descoberta do tempo geológico**. São Paulo: Companhia das Letras, 1991b. 221 p.

\_\_\_\_\_. **O Sorriso do Flamingo: Reflexões sobre História Natural**. São Paulo: Martins Fontes, 1990. 424 p.

\_\_\_\_\_. *Ontogeny and Phylogeny*. 17. ed. Cambridge, Massachusetts, London: The Belknap Press of Harvard University Press, 2003. 501 p.

GOULD, Stephen Jay; LEWONTIN, Richard C. *The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique to the adaptationist*

program. *Proceedings of the Royal Society of London B.*, v. 205, p. 581-598, 1979.

GOULD, Stephen Jay; VRBA, Elisabeth S. *Exaptation - a missing term in the science of form.* *Paleobiology*, v. 8, n. 1, p. 4-15, 1982.

HALL, Brian K. *Descent with modification: the unity underlying homology and homoplasy as seen through an analysis of development and evolution.* *Biological Reviews*, v. 78, n. 3, p. 409-433, 2003.

HÖFLING, Eloísa de Mattos. A trajetória do Programa Nacional do Livro Didático do Ministério da Educação no Brasil. In: FRACALANZA, Hilário; MEGID-NETO, Jorge (orgs.). **O livro didático de Ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006. p. 19-31.

HUXLEY, Julian. *La Evolución: Síntesis Moderna*. Buenos Aires: Editorial Losada, 1946. 717 p.

JACQUES, Vinicius. **A energia no ensino fundamental: o livro didático e as concepções alternativas**. 223 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

KRASILCHIK, Myriam. **O professor e o currículo das Ciências**. São Paulo: EPU/Edusp, 1987. 80 p.

KUHN, Thomas S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 10. ed. São Paulo: Perspectiva, 2011. 260 p.

LEWONTIN, Richard C. *Adaptation.* *Scientific American*, v. 239, n. 3, p. 212-222, 1978.

LICATTI, Fábio; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Concepções de professores de Biologia sobre o ensino de Evolução Biológica em nível médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru, SP. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2005.

LICATTI, Fábio; DINIZ, Renato Eugênio da Silva. Concepções de professores sobre Evolução Biológica: primeiras aproximações. In:

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4, 2003, Bauru, SP. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2003.

LOVEJOY, Arthur O. **A Grande Cadeia do Ser**. São Paulo: Palíndromo, 2005. 383 p.

LUCAS, Maria Angélica Olivo Francisco. **Evolucionismo spenceriano: concepções de progresso, estado e educação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 1, 2000, Rio de Janeiro. Disponível em: [http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe1/anais/094\\_maria\\_angela.pdf](http://www.sbhe.org.br/novo/congressos/cbhe1/anais/094_maria_angela.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2013.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. 99 p.

MAGNOLI, Demétrio. **Uma gota de sangue: História do pensamento racial**. São Paulo: Contexto, 2009. 398 p.

MARANDINO, Martha. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, n. 26, p. 95-108, 2004.

MATTHEWS, Michael R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAYR, Ernst. **Biologia, Ciência Única: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 266 p.

\_\_\_\_\_. **Isto é Biologia: a Ciência do Mundo Vivo**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008. 428 p.

\_\_\_\_\_. **O que é a Evolução**. Rio de Janeiro: Rocco, 2009. 342 p.

\_\_\_\_\_. *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance*. 12. ed. Cambridge, Massachusetts, London: The Belknap Press of Harvard University Press, 2003. 974 p.

\_\_\_\_\_. *Toward a New Philosophy of Biology: observations of an evolutionist*. Cambridge, Massachusetts, London: The Harvard University Press, 1988. 546 p.

MEGID-NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; BORTOLOZZI, Jehud; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Aproximações entre o sentido histórico de “progresso” na Evolução Biológica e concepções apresentadas por professores de Biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru, SP. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2005.

MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; BORTOLOZZI, Jehud. Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sociocultural. **Filosofia e História da Biologia**, v. 1, p. 107-123, 2006.

MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. **Evolução**: o sentido da Biologia. São Paulo: Editora da UNESP, 2005. 132 p.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise Textual Discursiva**. 2. ed. Ijuí, RS: Editora Unijuí, 2011, 224 p.

OLEQUES, Luciana Carvalho; BARTHOLOMEI-SANTOS, Marlise Ladvoat; BOER, Noemi. Evolução biológica: percepções de professores de biologia. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 243-263, 2011.



PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel; SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto; BAZZO, Walter Antonio. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

POUGH, F. Harvey; JANIS, Christine M.; HEISER, John B. **A vida dos Vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 2003. 699 p.

RIBEIRO, João. **O que é positivismo**. São Paulo: Brasiliense, 2006. 79 p. (coleção Primeiros Passos).

ROCHA, Pedro Luis Bernardo da et al. *Brazilian high school biology textbooks: main conceptual problems in evolution and biological diversity*. In: *INTERNATIONAL MEETING ON CRITICAL ANALYSIS OF SCHOOL SCIENCE TEXTBOOKS*, 2007, Tunis. **Proceedings...** Tunis: 2007, v. 1, p. 893-907.

ROMA-NAVARRO, Vanessa. **Os Livros Didáticos de Biologia aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM 2007/2009): a evolução biológica em questão**. 229 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ROSSLENBROICH, Bernd. *The notion of progress in evolutionary biology – the unresolved problem and an empirical suggestion*. **Biology and Philosophy**, v. 21, n. 1, p. 41-70, 2006.

SANTOS, Silvana. **Evolução Biológica: ensino e aprendizagem no cotidiano de sala de aula**. São Paulo: Annablume/ FAPESP, 2002. 130 p.

SAVIANI, Dermeval. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 40, p. 143-155, 2009.

SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. Disciplina escolar Biologia: entre a retórica unificadora e as questões sociais. In: MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA,

Marcia Serra; AMORIM, Antonio Carlos (orgs.). **Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa**. Niterói: EDUFF, 2005. p. 50-62.

SEPÚLVEDA, Claudia; EL-HANI, Charbel Niño. 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: ABRAPEC, 2007.

SEPÚLVEDA, Claudia; MEYER, Diogo; EL-HANI, Charbel Niño. Adaptacionismo. In: ABRANTES, Paulo C. (org.). **Filosofia da Biologia**. São Paulo: Artmed, 2011. p. 162-192.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Filosofia**. São Paulo: Cortez, 1994. 211 p. (Coleção Magistério 2º grau).

SILVA, Caio Samuel Franciscati; LAVAGNINI, Taís Carmona; OLIVEIRA, Rosemary Rodrigues de. Concepções de alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública de Jaboticabal – SP a respeito de Evolução Biológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

SILVA, Regina Marques; TRIVELATO, Silvia Luzia Frateschi. Os livros didáticos de biologia do século XX. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2, 1999, Bauru. **Anais...** Bauru: ABRAPEC, 1999.

SILVA-PORTO, Filipe Cavalcanti; LUZ, Maurício Roberto Motta Pinto da; WAIZBORT, Ricardo. A suposta centralidade da Evolução nos livros didáticos de Biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRAPEC, 2007.

SPENCER, Herbert. **Do progresso – sua lei e sua causa**. Lisboa: Inquérito, 1939. Versão digitalizada. Disponível em: <<http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/progresso.pdf>>. Acesso em: 7 jul. 2012.

STRAUSS, André; WAIZBORT, Ricardo. Sob o signo de Darwin? Sobre o mau uso de uma quimera. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 23, n. 68, p. 127-134, 2008.

TIDON, Rosane; LEWONTIN, Richard. *Teaching evolutionary biology. Genetics and Molecular Biology*, v. 27, n. 1, p. 124-131, 2004.

TIZIOTO, Polyana Cristine; ARAUJO, Elaine S. Nicolini Nabuco de. Fertilização *in vitro* e Bioética nos livros didáticos. In: ARAUJO, Elaine S. Nicolini Nabuco de; CALUZI, João José; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade (orgs.). **Práticas Integradas para o Ensino de Biologia**. São Paulo: Escrituras, 2008. p. 147-169.

VAN VALEN, Leigh. *A New Evolutionary Law. Evolutionary Theory*, v. 1, n. 1, p. 1-30, 1973.

WUO, Wagner. **A Física e os livros**: Uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o Ensino Médio. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2000. 180 p.

ZAMBERLAN, Edmara Silvana Joia; SILVA, Marcos Rodrigues da. O Ensino de Evolução Biológica e sua Abordagem em Livros Didáticos. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 37, n. 1, p. 187-212, jan./abr. 2012.



**ANEXOS**



## ANEXO 1

### IMAGENS QUE INDICAM PROGRESSO EVOLUTIVO NOS LIVROS DIDÁTICOS

Era	Período	Época	Idade (milhões de anos)*	Alguns fatores importantes da história da vida
Cenozoica (65 milhões de anos)	Quaternário	Recente	0,01	História atual.
		Pleistoceno	2	Idade do gelo; aparecimento da espécie humana.
	Terciário	Plioceno	5	Aparecimento de ancestrais da espécie humana.
		Mioceno	23	Continuação da irradiação adaptativa de mamíferos e de angiospermas.
		Oligoceno	35	Origem de vários grupos de primatas, incluindo os macacos.
		Eoceno	57	Aumento do domínio das angiospermas; origem da maioria das ordens de mamíferos modernos.
		Paleoceno	65	Maior irradiação de mamíferos, aves e insetos polinizadores.
Mesozoica (180 milhões de anos)	Cretáceo		140	Aparecimento de plantas com flores (angiospermas); vários grupos de organismos, incluindo a maioria das linhagens de dinossauros, extinguem-se no final do período (extinções do Cretáceo).
		Jurássico		200
	Triássico		235	As coníferas (gimnospermas) dominam a Terra; irradiação de dinossauros, mamíferos primitivos e aves.
Paleozoica (325 milhões de anos)	Permiano		290	Extinção de muitos organismos marinhos e terrestres (extinções do Permiano); irradiação dos répteis; origem de répteis semelhantes a mamíferos e da maioria das ordens de insetos modernos.
		Carbonífero		360
	Devoniano		408	Diversificação dos peixes ósseos; primeiros anfíbios e insetos.
	Siluriano		438	Diversidade de peixes sem mandíbulas; primeiros peixes mandíbulados; colonização da Terra por plantas vasculares e artrópodes.
	Ordoviciano		505	Origem das plantas; abundância de algas marinhas.
	Cambriano		570	Origem da maioria dos filos de animais modernos (explosão do Cambriano).
Pré-Cambriana (pouco mais de 4 bilhões de anos)			610	Diversos invertebrados de corpo mole; primeiros vertebrados; muitas algas.
			700	Fósseis mais antigos de animais.
			1700	Fósseis mais antigos de eucariontes.
			2500	O oxigênio começa a se acumular na atmosfera.
			3500	Mais antigos fósseis conhecidos (procariontes).
			4500	Origem da Terra (aproximadamente).

\* O número na coluna da idade indica há quantos milhões de anos o período se iniciou.

Figura 1- A sequência dos eventos da Terra mostrada de forma linear. Figura retirada de Júnior, Sasson e Júnior, p. 222, 2010. (livro 3).



Nós, seres humanos, somos mamíferos e, portanto, compartilhamos com os outros animais dessa classe as características já estudadas no volume anterior. Pertencemos à ordem dos primatas, onde também estão agrupados os macacos atuais e homínídeos fósseis, como o famoso "homem de Neandertal".


 Linha do tempo com alguns eventos da evolução dos animais. Os intervalos de tempo estão representados fora de proporção e de escala.

Figura 2- Representação linear da história da vida na Terra. Figura retirada de Mendonça e Laurence, p. 13, 2010. (livro 5).



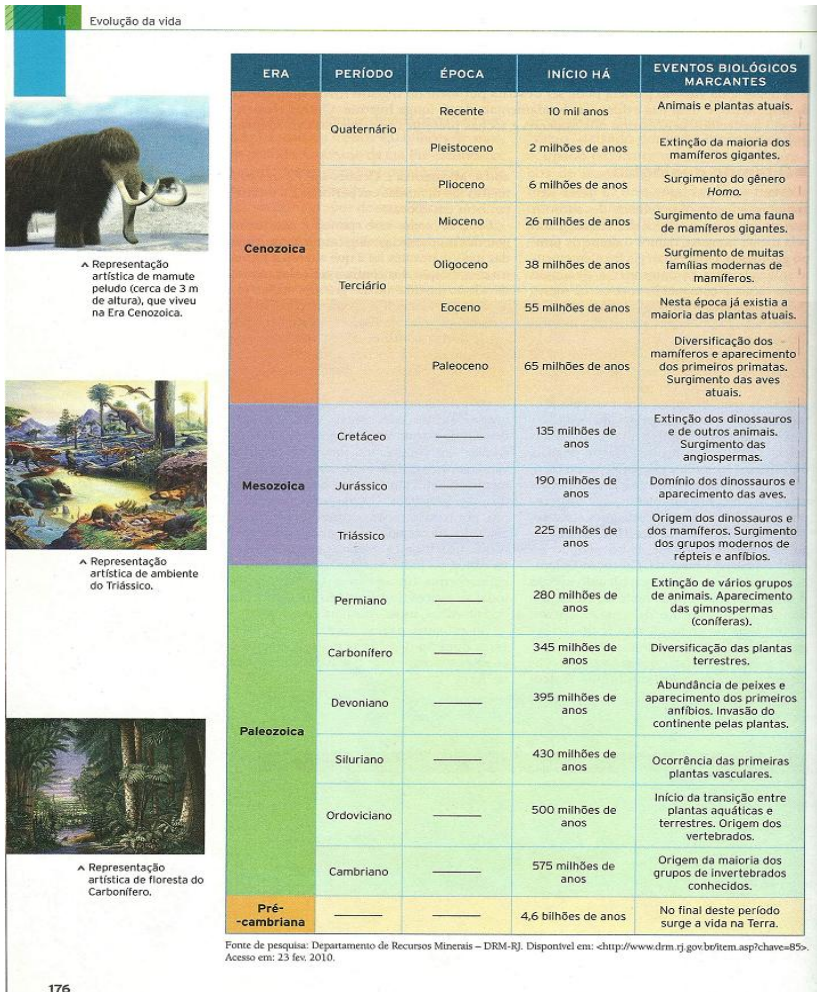
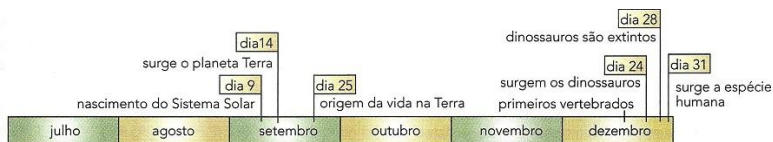


Figura 3- Representação linear da história da vida na Terra. Figura retirada de Santos; Aguilar; Oliveira, p. 176, 2010. (livro 10).



► **Fig. 13.30** Na história condensada do Universo, o surgimento da Terra e alguns dos principais eventos no planeta.

Outro tipo de calendário é obtido condensando em um ano o período que começa com a formação da Terra até o período atual, como na tabela abaixo.

Calendário comparativo	Milhões de anos atrás	Eventos
1 <sup>a</sup> de janeiro	4 600	formação da Terra
4 de abril	3 800	procariontes
9 de novembro	650	invertebrados marinhos
20 de novembro	520	vertebrados
29 de novembro	415	peixes
3 de dezembro	360	anfíbios
7 de dezembro	310	répteis
16 de dezembro	190	mamíferos
20 de dezembro	150	aves
26 de dezembro	65	primatas
31 de dezembro às 23h 45min	0,195	fóssil mais antigo de <i>Homo sapiens</i>

Figura 4- A linha de eventos do planeta Terra com o surgimento sequencial dos seres vivos, culminando no *Homo sapiens*. Figura retirada de Linhares e Gewandszajder, p. 205, 2010. (livro 7).

Quais os métodos usados para estudar a história da vida na Terra?



*Pakicetus*, cujo crânio tem características de crânios de baleias (52 milhões de anos, cerca de 1,5 m de comprimento).



*Ambulocetus*, que era capaz de nadar e também de caminhar em ambiente terrestre, ainda que desajeitadamente, à semelhança das focas (50 milhões de anos, cerca de 3 m de comprimento).



*Basilosaurus*, que tinha os membros anteriores transformados em nadadeiras e membros posteriores muito reduzidos (40 milhões de anos, cerca de 18 m de comprimento).



Fóssil de vértebras de *Basilosaurus*.

► Fig. 12.1  
Representação de alguns ancestrais das baleias.

Figura 5- Quadro retratando a “sequência” de eventos que resultaram nas baleias modernas. Figura retirada de Linhares e Gewandszajder, p. 178, 2010. (livro 7).

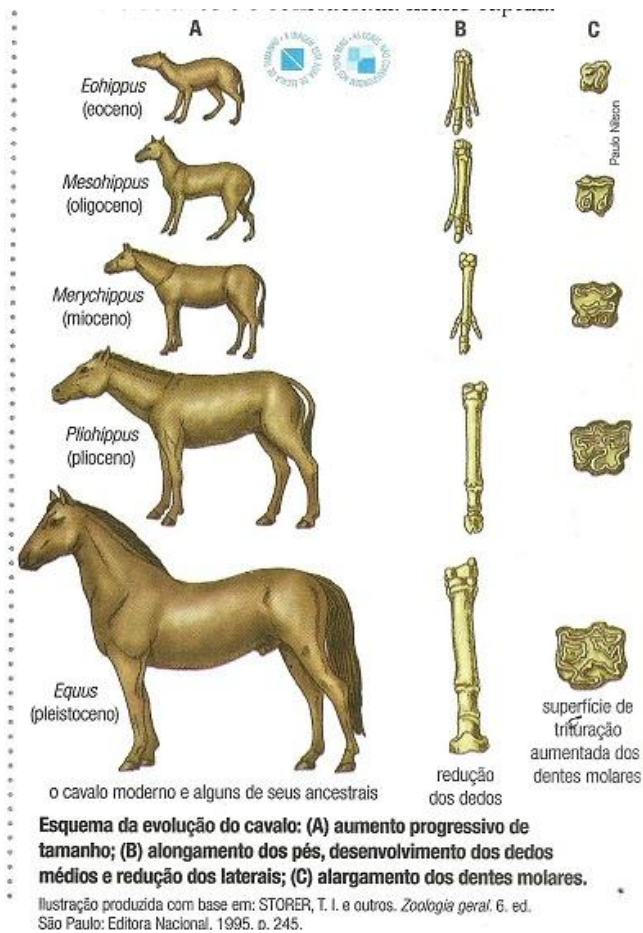


Figura 6- Evolução do cavalo retratada como uma sequência linear de eventos. Figura retirada de Pezzi; Gowdak; Mattos, p. 90, 2010. (livro 4).

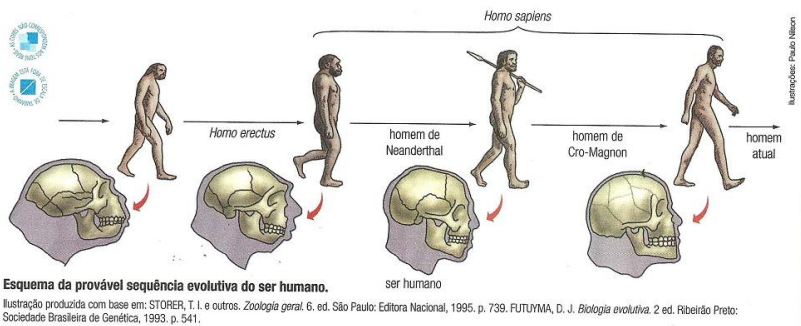
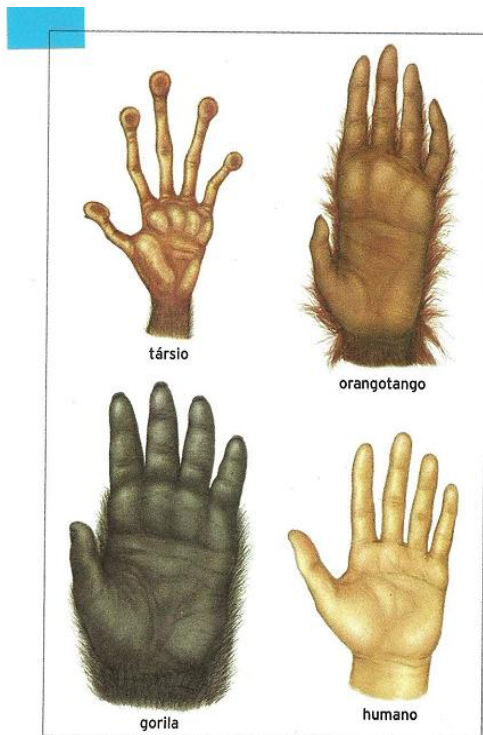


Figura 7- Evolução humana em linha. Figura retirada de Pezzi; Gowdak; Mattos, p. 102, 2010. (livro 4).



^ Desenhos de mãos de diversos primatas. Nos társios, os dedos finos com extremidades adesivas facilitam a adesão aos ramos das árvores. Nos orangotangos, as mãos estão adaptadas a balançar de galho em galho. No gorila, o polegar é mais oposto. Nos humanos, a mão tem maior capacidade manipulativa, com o polegar mais desenvolvido e mais opositor do que nos demais primatas.

Figura 8- Capacidade de manipular instrumentos. A ilustração mostra uma sequência que se “aprimora” com o homem. Figura retirada de Santos; Aguilar; Oliveira, p. 182, 2010. (livro 10).

## ANEXO 2

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DOS LIVROS DIDÁTICOS ANALISADOS

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2010. 376 p. (Manual do professor).

BIZZO, Nélio M. V. **Novas Bases da Biologia**: Ensino Médio. São Paulo: Ática, 2010. 264 p. 3º v. (Manual do professor).

BIZZO, Nélio M. V. **Novas Bases da Biologia**: Ensino Médio. São Paulo: Ática, 2010. 480 p. 2º v. (Manual do professor).

JÚNIOR, César da Silva; SASSON, Sezar; JÚNIOR, Nelson Caldini. **Biologia 3**: Genética: Evolução: Ecologia. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. 384 p. (Manual do professor).

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje**. São Paulo: Ática, 2010. 368 p. 3º v. (Manual do professor).

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **Bio**: Volume 2. São Paulo: Saraiva, 2010. 480 p. (Manual do professor).

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **Bio**: Volume 3. São Paulo: Saraiva, 2010. 480 p. (Manual do professor).

MENDONÇA, V.; LAURENCE, J. **Biologia**: o ser humano, genética, evolução: volume 3: Ensino Médio. São Paulo: Nova Geração, 2010. 264 p. (Manual do professor; coleção Biologia para a nova geração).

PEZZI, Antônio; GOWDAK, Demétrio Ossowski; MATTOS, Neide Simões de. **Biologia**: Genética, Evolução, Ecologia. São Paulo: FTD, 2010. 208 p. 3 v. (Manual do professor; coleção Biologia).

SANTOS, Fernando Santiago dos; AGUILAR, João Batista Vicentin; OLIVEIRA, Maria Martha Argel de. **Biologia**: Ensino Médio, 3º ano.

São Paulo: Edições SM, 2010. 320 p. (Manual do professor; coleção Ser Protagonista).