

**MATHEUS MORAES DO NASCIMENTO**

**BIOLOGIA MODERNA (AMABIS E MARTHO): O CONTEÚDO DE EVOLUÇÃO  
EM UMA OBRA DIDÁTICA DO ENSINO MÉDIO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

João Pessoa

2019

**MATHEUS MORAES DO NASCIMENTO**

**BIOLOGIA MODERNA (AMABIS E MARTHO): O CONTEÚDO DE EVOLUÇÃO  
EM UMA OBRA DIDÁTICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Licenciatura em  
Ciências Biológicas, como requisito parcial à  
obtenção do grau de Licenciado em Ciências  
Biológicas da Universidade Federal da  
Paraíba.

Orientador(a): Prof. Dr. Robson Tamar da Costa Ramos

João Pessoa  
2019

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

N244b Nascimento, Matheus Moraes do.  
Biologia Moderna (Amabis e Martho): o conteúdo de  
Evolução em uma obra didática do Ensino Médio / Matheus  
Moraes do Nascimento. - João Pessoa, 2019.  
70 f. : il.

Coorientação: Maria de Fátima Camarotti.  
Monografia (Graduação) - UFPB/CCEN.

1. Livros didáticos. 2. Análise Temática. 3. Adaptação.  
4. Cladística. 5. Raças. I. Título

UFPB/CCEN

**MATHEUS MORAES DO NASCIMENTO**

**BIOLOGIA MODERNA (AMABIS E MARTHO): O CONTEÚDO DE EVOLUÇÃO  
EM UMA OBRA DIDÁTICA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Ciências Biológicas,  
como requisito parcial à obtenção do grau de  
Licenciado em Ciências Biológicas da  
Universidade Federal da Paraíba.

Data: 03 de outubro de 2019

Resultado: Aprovado

**BANCA EXAMINADORA:**



---

Prof. Dr. Robson Tamar da Costa Ramos – DSE/CCEN/UFPB  
Orientador



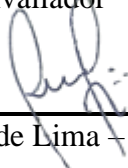
---

Profª. Dra. Maria de Fátima Camarotti – DME/CE/UFPB  
Coorientadora



---

Prof. Dr. Gustavo Henrique Calazans Vieira – DSE/CCEN/UFPB  
Avaliador



---

Prof. Dr. Rivete Silva de Lima – DSE/CCEN/UFPB  
Avaliador



---

Profª. Dra. Eliete Lima de Paula Zárate – DSE/CCEN/UFPB  
Suplente

*Trabalho dedicado a minha querida terra natal,  
berço dos Potiguaras, lugar que me fez um  
apaixonado pela vida e pela natureza, Baía da  
Traição - PB*

## AGRADECIMENTOS

Oi, tudo bem? Segue abaixo minha tentativa de demonstrar, dentro dos limites do arquivo de um Trabalho Acadêmico de Conclusão de Curso, minha gratidão e carinho a todos que contribuíram direta ou indiretamente com meu desenvolvimento pessoal e aprendizados como professor e biólogo, para que enfim eu chegasse até esse momento. Agradeço...

Ao Universo, Vida, Evolução e Tempo, que em sua vastidão e imensidade, têm me dado as oportunidades de curtir as experiências da vida e compartilhar uma época e um pávido ponto azul com as pessoas que amo.

Aos meus familiares: meus pais, José Pedro e Cleonice; meus irmãos, Luquinhas e Emanuel; minha avó Lúcia; minha tia-avó Francisca; meus tios Antônio e Clarice; e meus primos Marquinhos e Josué. Duvido que eu chegaria ao fim de uma graduação sem o suporte afetivo/emocional, amor, carinho e dedicação incondicionais que vocês têm dado a mim. Amo vocês, família!

Ao meu professor, orientador e hoje grande amigo Robson T. C. Ramos, por todos os conhecimentos e aprendizados proporcionados em minha formação acadêmica e, acima de tudo, os conselhos, apoio e confiança em meu potencial, incentivos que me são fundamentais.

À minha coorientadora, a professora Maria de Fátima Camarotti, pelo suporte e aconselhamentos importantíssimos à redação desse TACC, além dos muitos conhecimentos pedagógicos compartilhados; e aos componentes da banca avaliadora, os professores Gustavo H. C. Vieira, Rivete S. Lima e Eliete L. P. Zárate, pelo comprometimento e aceite em contribuir com a avaliação e aperfeiçoamento dessa monografia.

Aos amigos (acho que hoje irmãos!) do 2014.1 noturno de Biologia: Alexs, Gibran, João Paulo, Joacil, Pedro, Luciana, Brenno e Josimar. Nem imagino o quão chato seria viver essa jornada desde 2014 sem a presença e amizade sincera de vocês nos momentos cômicos, de estudos, de felicidade e de *bad vibes*... muito obrigado pelo companheirismo e aprendizados até o momento adquiridos que foram uma contribuição mais que especial a essa fase da minha vida. Essa é sem dúvidas a melhor turma de Biologia da UFPB! Amo vocês, meus queridos!

Às instituições, programas e projetos que se fizeram presentes de forma significativa no decorrer de minha graduação, sendo também essenciais em meu desenvolvimento pessoal e principalmente profissional: ao CNPq, órgão que me concedeu os devidos suportes ao desenvolvimento de meu trabalho de pesquisa/iniciação científica em ictiologia junto ao PIBIC; à CAPES e seu financiamento fornecido quando atuei como bolsista do PIBID, dando assim suporte à mais marcante de minhas experiências didáticas, que me proporcionou saberes e competências que valorizo e guardarei com carinho em toda a minha trajetória profissional; à UFPB, instituição que tenho orgulho em ser aluno, seus profissionais que promovem a existência do curso de Ciências Biológicas (professores e demais funcionários, com destaque para Nildo e Vítor, este último junto à coordenação do curso) e a presença de programas de assistência estudantil (com destaque para o auxílio-moradia), deu e tem dado

um suporte essencial não à minha permanência na graduação, mas também à de tantos outros estudantes que, assim como eu, não teriam condições de dar continuidade a seus estudos sem suportes econômicos a fim de não serem vitimados pela cruel desigualdade social presente no país.

Aos amigos de longa data de BT e hoje também colegas de universidade Neto e Eclecione... e, claro, todos os novos amigos que essa graduação me trouxe a oportunidade de conhecer: os eventuais colegas de turmas Júlio, Dnize e Marília; os colegas de laboratório do LASEP (Telton, Yuri, Raizze, Léo, Yasmin e Ellyse, uma galera inteligentíssima que tem contribuído muito em minha formação como pesquisador em ictiologia); os amigos peixólogos e colegas de rolês em Belém embalados ao som do carimbó e cachaça de jambu: Beatriz, Felipe, Karolina e Péricles; os *brothers* que me foram apresentados através da monitoria de MTZD: Gavi, Janilma, Luana e os ‘Metazoa’ (Ianny, Diego, João Aquino e Lucas); e, em especial, a Vanda Gomes pela amizade, carinho e incentivo na reta final de redação desse trabalho. Todos vocês são lindos e maravilhosos!

Aos professores que têm sido exemplos em minha formação docente antes e durante minha vida acadêmica, com destaque para: Roberto Rosendo, Maria do Socorro, Thierry e Berto da Pousada Akajutibiró, Jeovânia Pinheiro, Pedro Estrela e aos grandes profissionais que conheci em minhas experiências de estágio de regência e com o PIBID: Ivanise Ferreira, Daniel, Kedma, Fabiolla, Kelper, Shirley e Trajano. O amor pelo trabalho como docente desses e tantos outros me são inspiradores.

E, em síntese, a meu país, o Brasil, e a todos (citados e não citados nesses agradecimentos) com os quais tive a oportunidade de trocar experiências e construir conhecimentos, incluindo alunos, professores, amigos e colegas. Prometo honrar o investimento dado por vocês a minha pessoa, contribuindo como professor/formador de cidadãos críticos/ativos na construção de um futuro melhor para nós e as próximas gerações.

Obrigado!

## RESUMO

A teoria da evolução fornece informações que permitem a compreensão dos mais variados fenômenos da natureza, interferindo também nos mais diversos campos do conhecimento humano e sendo, portanto, um tema central na ciência e no ensino de biologia. Buscou-se nesse estudo avaliar a forma como o conteúdo de evolução biológica é abordado em uma coleção de livros didáticos de Biologia aprovada na mais atual seleção do PNLB, coleção esta que é amplamente utilizada em escolas no Brasil. Foram utilizados os fundamentos teórico-metodológicos da pesquisa qualitativa, a pesquisa bibliográfica, guias teóricos para realização da análise crítica e a Análise Temática com a finalidade de identificar enfoques que permitam avaliar o tema evolução no conteúdo da obra. Como pré-análise, obteve-se da obra uma lista de termos-chave relacionados ao tema, a partir dos quais foram elaboradas seis categorias de análise, agrupadas em três indicadores de enfoque. A análise da obra resultou na detecção de 2.683 aparições de termos-chave relacionados ao tema evolução, com 1.882 aparições registradas no Enfoque Conceitual da Evolução, 454 no Enfoque Sobre a Leitura da Diversidade Biológica e 347 no Enfoque Social da Evolução. A teoria da evolução permeia toda a obra e é a base da instrução oferecida sobre a vida. No entanto, foram identificadas falhas, especialmente quanto à conceituação de evolução, e desatualização em relação a avanços modernos na área. Um descompasso importante se encontra no fato de que a obra, em seu plano de ensino, distancia a diversidade da vida de sua evolução, ao mesmo tempo que a leitura dessa diversidade está desatualizada quanto à Cladística. Do ponto de vista social, a obra utiliza evolução como base para o questionamento da existência de raças na espécie humana, trazendo à discussão a questão da diversidade. A detecção de falhas consideráveis sobre o ensino de evolução na obra sugere que estudos que desenvolvam análises de materiais didáticos semelhantes devam ser procedidos de forma a se obter um panorama da qualidade do ensino de evolução no país.

**Palavras-chave:** Livros didáticos. Análise Temática. Adaptação. Cladística. Raças.

## **ABSTRACT**

The Theory of Evolution provides information that allows the understanding of the most varied phenomena of nature, also interfering in most fields of human knowledge and therefore being a central theme in science and the teaching of biology. This study sought to evaluate how the content of biological evolution is addressed in a collection of textbooks of Biology approved in the most current selection of the PNLD, a collection that is widely used in Brazilian schools. The theoretical and methodological foundations of qualitative research were used, as well as bibliographic research, theoretical guides for performing critical analysis and Thematic Analysis to identify approaches to evaluate the theme evolution in the content of the work. As a pre-analysis, a list of key terms related to the theme was obtained from the work, from which six categories of analysis were prepared, grouped into three indicators of focus. The analysis of the work resulted in the detection of 2,683 appearances of key terms related to the theme evolution, with 1,882 appearances recorded in the Conceptual Approach of Evolution, 454 in the Approach on Reading Biological Diversity and 347 in the Social Approach of Evolution. The theory of evolution permeates the entire work and is the basis of the instruction offered about life. However, flaws were identified, especially regarding the conceptualization of evolution, and outdated related to modern advances in the area. An important gap is found in the fact that the work, in its teaching plan, distances the diversity of life from its evolution, while the reading of this diversity is outdated in relation to Cladistics. From the social point of view, the work uses evolution as a basis for questioning the existence of races in the human species, bringing to discussion the issue of diversity. The detection of considerable flaws in the teaching of evolution in the work suggests that studies that develop analysis of similar teaching materials should be carried out in order to obtain an overview of the of teaching quality of evolution in the country.

**Keywords:** Textbooks. Thematic Analysis. Adaptation. Cladistics. Races.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Figura presente na obra de Amabis e Martho (2016c) que esquematiza os processos de cladogênese e anagênese na formação de novas espécies.....35
- Figura 2 – Distinções e relações entre homologia, analogia e aparência em órgãos e estruturas dos vertebrados.....39
- Figura 3 – Exemplo de questão de vestibular cedido no capítulo 4 do volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).....48
- Figura 4 – Cladograma dos três Domínios de seres vivos cedido no volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).....49
- Figura 5 – Cladograma que expõe hipótese de interrelações dos tetrápodes cedido no volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).....50
- Figura 6 – Ilustração de representação das relações de parentesco entre os craniados apresentada no volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).....52

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 – Termos-chave encontrados a partir da leitura flutuante da obra objeto de estudo. Entre parênteses, termos similares tratados como um único termo-chave. Entre colchetes, explicações explicativas.....	25
Quadro 2 – Número de aparições de termos-chave por volume da obra Biologia Moderna, de Amabis e Martho, ordenados por Categoria (Unidades de Contexto) e por Indicador de Enfoque.....	30
Quadro 2 (continuação) – Número de aparições de termos-chave por volume da obra Biologia Moderna, de Amabis e Martho, ordenados por Categoria (Unidades de Contexto) e por Indicador de Enfoque.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CNLD	Comissão Nacional do Livro Didático
INL	Instituto Nacional do Livro
LD	Livro Didático
LDBEN	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos PCNEM
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
TCT	Tema Contemporâneo Transversal

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 IDEIAS EVOLUTIVAS PRÉ-DARWINIANAS .....	14
1.1.1 PERÍODO PRÉ-SOCRÁTICO.....	14
1.1.2 PERÍODO SOCRÁTICO, ASCENSÃO DO CRISTIANISMO E REVOLUÇÃO CIENTÍFICA .....	15
1.1.3 A TEORIA EVOLUTIVA DE LAMARCK .....	16
1.2 A TEORIA EVOLUTIVA DE DARWIN/WALLACE .....	17
1.3 A SÍNTESE EVOLUTIVA MODERNA .....	19
1.4 A SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA E A CLADÍSTICA.....	19
1.5 O LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA NO BRASIL E O ENSINO DE EVOLUÇÃO ...	20
2 OBJETIVOS .....	23
2.1 OBJETIVO GERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	24
3.2 MATERIAL ANALISADO .....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA.....	28
4.2 INDICADORES DE ENFOQUE .....	28
4.2.1 ENFOQUE CONCEITUAL DA EVOLUÇÃO .....	29
4.2.2 ENFOQUE SOBRE A LEITURA DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA .....	46
4.2.3 ENFOQUE SOCIAL DA EVOLUÇÃO .....	54
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS .....	58
ANEXOS .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

Amabis e Martho (2016a, p. 31), no segundo capítulo do Volume 1, destacam uma citação de Theodosius Dobzhansky acerca da evolução como base obrigatória para a compreensão da vida: “Interpretada à luz da evolução, a Biologia é, talvez, do ponto de vista intelectual, a mais inspirada e satisfatória das ciências. Sem essa luz, a Biologia torna-se uma miscelânea de fatos, alguns deles interessantes ou curiosos, mas desprovidos de significado.” Na mesma linha, Futuyama e Kirkpatrick (2017) afirmam que “Ela (a evolução) fornece uma explicação causal para a existência do mundo vivo e para a sua heterogeneidade”, frase atribuída a François Jacob, Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina, que, embora não exercesse pesquisa nessa área, reconhecia a importância central da evolução nas ciências biológicas. Segundo os mesmos autores, a evolução fornece a estrutura que permite a compreensão dos mais variados fenômenos da natureza, uma explicação que se estende da genômica à ecologia e que, no universo humano, interfere em campos como a filosofia, a compreensão da diversidade estabelecida no planeta, o comportamento humano, a saúde e a medicina, a produção de alimentos e a ciência ambiental. Um extenso caminho foi trilhado ao longo do desenvolvimento da ciência humana até o estabelecimento dessa percepção, aceita massivamente pelo mundo acadêmico atual e por muitas vertentes de outras áreas da sociedade humana.

### 1.1 IDEIAS EVOLUTIVAS PRÉ-DARWINIANAS

#### 1.1.1 PERÍODO PRÉ-SOCRÁTICO

Data-se do período Pré-Socrático da Antiga Grécia (séculos VII-V a.C.) o desenvolvimento das primeiras hipóteses do surgimento da vida e formação da biodiversidade por causas naturais. A hipótese mais antiga conhecida foi elaborada nesse período é de Anaximandro de Mileto (610-546 a.C.), o qual defendia que a água é o elemento primordial à vida e dela teriam surgido todas formas de seres vivos, além de afirmar que uma espécie parental poderia originar uma outra espécie descendente, inclusive que a espécie humana teria surgido de “criaturas tipo peixe” (BORNHEIM, 1967; RIBEIRO-JÚNIOR, 2019).

Outra hipótese, também concebida na Grécia Pré-Socrática, pertence a Empédocles de Agrigento (484-421 a.C.). Esse pensador afirmava que os seres vivos seriam produtos da união e interação aleatória de partes orgânicas constituídas pelos quatro elementos primordiais

– terra, água, fogo e ar –, sendo que, nos primórdios do surgimento da vida, apenas as formas que tivessem adquirido combinações perfeitas de partes orgânicas teriam sobrevivido, e as imperfeitas teriam perecido (BORNHEIM, 1967; MARCONATTO, 2019).

Em ambas as hipóteses apresentadas se evidencia as características das linhas de pensamento desenvolvidas no período Pré-Socrático. Foi um período marcado pelo desuso de causas divinas ou sobrenaturais para a explicação de fenômenos da natureza, prezando-se o uso de observações empíricas e proposições de causas naturais para a origem da vida e outros processos (MAYR, 1982; DUARTE, 2010).

### 1.1.2 PERÍODO SOCRÁTICO, ASCENSÃO DO CRISTIANISMO E REVOLUÇÃO CIENTÍFICA

Muito do desenvolvimento de estudos empíricos e busca de explicações naturais para fenômenos como a origem da vida, iniciados no período Pré-Socrático, sofreu um processo de estagnação com a difusão das ideias de Platão (427-347 a.C.), o qual é mencionado como “anti-herói do evolucionismo” (MAYR, 1982). Tal menção se deve à popularização de sua filosofia essencialista, com a qual defendia-se a existência de um cosmo harmonioso e imutável, no qual não há concepção de tempo, e que a natureza e as linhagens de seres vivos – possuidoras de uma essência também imutável – seriam fixas e não-passíveis de modificações. Somado a isto, a filosofia essencialista abandonou a busca de causas naturais para a explicação de fenômenos e voltou-se para uma explicação desses fenômenos baseada em mitos de criação e divindades. Aristóteles (384-322 a.C.), discípulo de Platão, desenvolveu, pautado na filosofia essencialista, o primeiro sistema de gradação/conexão entre os seres, classificando desde objetos inanimados aos animados – seres vivos, classificados por nível de complexidade, destacando entre eles os animais “superiores”. As proposições de Platão e Aristóteles fundamentaram boa parte dos sistemas de crenças ocidentais, com destaque para o cristianismo (MAYR, 1982; DUARTE, 2010).

Com a queda do Império Romano do Ocidente (por volta do século IV d.C.), houve o processo de ascensão do cristianismo e sua consequente influência no desenvolvimento científico. Devido suas bases essencialistas, com o domínio do cristianismo, passou-se a atribuir a origem da vida e de todos fenômenos a obras de um Deus criador perfeito, bem como excluiu-se ideias não-fixistas acerca da forma dos seres. Isto culminou num período de tempo marcado por relativa estagnação intelectual e do desenvolvimento das ciências naturais, que em maior parte se tornaram voltadas à descrição compartimentalizada da

biodiversidade, em concordância com o literalismo das escrituras bíblicas e desenvolvida com o intuito de contemplar a sapiência/grandeza de Deus e de sua criação (DUARTE, 2010). Destaca-se dentro desse contexto das ciências naturais o naturalista Carl Linnaeus (1707-1778), responsável pela criação da nomenclatura binomial, um sistema de classificação de fundamentação essencialista com forte influência na biologia até o desenvolvimento da teoria evolutiva moderna, sendo até hoje alguns de seus fundamentos aplicados na sistemática biológica (AMORIM, 1994; 2002; SANTOS, 2008).

Entre os séculos V e XV, o desenvolvimento da ciência manteve-se restrito, em sua maior parte, às ciências exatas. Apenas a partir do século XVIII que são relatados reinícios significativos nos estudos e reaparecimento de ideias evolutivas, pelo naturalista francês Georges-Louis Leclerc, mais conhecido como conde de Buffon (1707-1788). Buffon é creditado por historiadores do pensamento evolutivo como precursor das ideias evolucionistas. Em sua obra, ele apresentava a ideia de que as espécies sofriam processos de transformações de caráter degenerativo (evolução degenerativa) a partir de seus ancestrais, uma vez que estas se afastassem de seus centros de origem e se sujeitassem a novas condições ambientais presentes em outras regiões. Buffon também é creditado como um dos primeiros naturalistas a trazer objeções a interpretações literalistas bíblicas de que a Terra teria cerca de 6 mil anos de idade, defendendo, em contraponto, que o planeta devesse possuir cerca de 70 mil anos, muito embora tenha depois se retratado desta afirmação ao sofrer pressão religiosa (DUARTE, 2010; SANTOS; DIAS, 2013).

### 1.1.3 A TEORIA EVOLUTIVA DE LAMARCK

Alguns outros naturalistas e filósofos como Maupertuis, Saint-Hilaire e Erasmus Darwin trouxeram discussões relacionadas à existência da evolução biológica, no entanto sem terem realmente desenvolvido teorias evolutivas. Uma das pioneiras e mais influentes teorias naturalistas acerca do processo evolutivo foi proposta e apresentada por um discípulo de Buffon, o também francês Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829), no início do século XIX (RIDLEY, 2006). Ao longo de sua carreira acadêmica, Lamarck desenvolveu estudos sobre diversas áreas, tais como botânica, física, química, meteorologia, geologia, zoologia de invertebrados e paleontologia, estudos estes que em conjunto deram subsídios significativos para a formulação de sua teoria (MARTINS, 2014). Em sua versão final e mais lapidada, a teoria lamarckista de evolução mostrava-se abrangente, pois se ocupava de explicar como teria se originado a vida no planeta e como teriam surgido os diferentes grupos de animais,

levando-se em consideração a influência de fatores geológicos, químicos e climáticos (DUARTE, 2010; MARTINS, 2014).

Como explicação para a origem da vida, Lamarck propôs processos de geração espontânea de organismos primitivos e de organização simples, em períodos remotos da história da Terra. Uma vez surgidos, esses seres seriam sujeitos a fenômenos descritos por Lamarck em quatro leis. A primeira delas tratava da existência de uma força intrínseca à vida, que levaria ao aumento de complexidade de um organismo em sua ontogenia e também de grupos taxonômicos, dentro de uma escala de aperfeiçoamento, que colocava a espécie humana e outros mamíferos mais próximos do ápice de perfeição. Nesse processo, não era concebida a extinção de uma espécie, mas sim sua transformação gradual em aumento de complexidade. Em sua segunda lei era explicado que o surgimento de novos órgãos nos seres vivos se dava em resposta às necessidades ambientais, através de processos de transferência de fluidos corporais internos para a região do corpo onde se desenvolveria o novo órgão. Sua terceira e quarta lei, embora não sejam as mais importantes da constituição da teoria lamarckista, são as mais lembradas atualmente: a ‘lei do uso e desuso’ e ‘lei de herança de caracteres adquiridos’, respectivamente (MARTINS, 2014).

Embora grande parte de suas ideias sobre evolução tenham se mostrado equivocadas, Lamarck tem grande importância na história da biologia evolutiva por ter sido pioneiro na formulação de teorias da evolução, na apresentação de princípios transformistas (não fixistas) das espécies e na observação do processo evolutivo numa escala de tempo geológica, tendo tido influência nas ideias iniciais sobre evolução desenvolvidos por Charles Darwin (MAYR, 1982; RIDLEY, 2006; MARTINS; BAPTISTA, 2007; SANTOS, 2008; DUARTE, 2010; MARTINS, 2014).

## 1.2 A TEORIA EVOLUTIVA DE DARWIN/WALLACE

Na segunda metade do século XIX é que foram desenvolvidos e divulgados a maior parte dos fundamentos da teoria evolutiva atualmente aceita na comunidade científica: a teoria da evolução por meio da Seleção Natural, também denominada Darwinismo, desenvolvida pelo naturalista inglês Charles Robert Darwin (1809-1882) e também por seu contemporâneo Alfred Russel Wallace (1823-1913) (MAYR, 1982; RIDLEY, 2006).

São mais amplamente conhecidas e divulgadas as pesquisas realizadas por Darwin que o levaram a formular sua teoria evolutiva. Suas principais fontes de evidências para a existência do processo de seleção natural foram adquiridas em sua viagem como naturalista a

bordo do navio *HMS Beagle*, entre os anos de 1832 e 1837. Os dados de coleta e observação de fósseis, principalmente de mamíferos na região da Patagônia, o estudo das diferentes espécies de tentilhões registradas no arquipélago de Galápagos (ambos na viagem a bordo do *Beagle*) e as bases teóricas de geologia e história da Terra da obra *Princípios de Geologia*, de Charles Lyell, forneceram a Darwin os subsídios para os primeiros passos para a compreensão da existência de processos de mudança gradual de espécies ancestrais em novas espécies, num longo intervalo de tempo (DUARTE, 2010).

Foram somados a esses fundamentos de ancestralidade e mudança gradual das espécies os conceitos de dinâmica populacional propostos por Thomas Robert Malthus (1766-1834), os quais fundamentaram as explicações de Darwin de como deveria ocorrer o processo de mudanças nas linhagens de seres vivos. Com esse conjunto de informações, Darwin percebeu a existência um processo de seleção derivado das condições ambientais que agem sobre os seres vivos, o qual privilegia (seleciona positivamente) indivíduos com características que lhes conferem maior aptidão e chances de sobrevivência em resposta a estas condições (RIDLEY, 2006). Com isto, indivíduos mais aptos teriam maiores taxa de sobrevivência e chances de reproduzir-se, transmitindo assim suas características (privilegiadas pelo ambiente) às gerações seguintes e aumentando a frequência dessas características numa população, promovendo mudanças em seu genótipo e fenótipo. Darwin denominou esse processo como Seleção Natural (RIDLEY, 2006; DUARTE, 2010).

Mayr (1982), em sua obra *The growth of biological thought*, sintetiza a teoria da seleção natural proposta por Darwin em três inferências ou conclusões, as quais são baseadas em cinco fatos ou observações, aqui apresentados abaixo em tradução de Duarte (2010, p. 18):

**Primeira observação:** as populações naturais de qualquer espécie tendem a crescer exponencialmente, devido à capacidade de reprodução que têm;

**Segunda observação:** mesmo as espécies tendo elevada capacidade reprodutiva, as populações se mantêm mais ou menos constantes em seu tamanho;

**Terceira observação:** os recursos são limitados, considerando o número de indivíduos nascidos em uma população;

**Primeira conclusão:** a mortalidade de indivíduos dentro da população é elevada (luta pela existência) e, assim, a grande maioria não deixa descendente;

**Quarta observação:** os indivíduos de uma população apresentam grande variabilidade e, portanto, divergem quanto à capacidade de sobreviver e deixar descendentes;

**Segunda conclusão:** os indivíduos que sobrevivem e chegam a deixar descendentes, são aqueles, preferencialmente, mais adaptados às condições do meio. São os “selecionados” pela seleção natural, que corresponde a dizer “a sobrevivência do mais apto”;

**Quinta observação:** grande parte da variabilidade exibida por uma população foi herdada dos pais;

**Terceira conclusão:** uma vez que a cada geração a seleção natural age sobre os indivíduos de uma população e seleciona os mais aptos a sobreviver e deixar descendentes, e tendo em vista que esta aptidão corresponde a um conjunto de características que lhes confere maior adaptação ao meio, a espécie vai sendo lenta e ininterruptamente ajustada (modificada) às condições impostas pelo meio, o que implica em se tornar diferente do tipo original ao longo do tempo.

### 1.3 A SÍNTESE EVOLUTIVA MODERNA

Durante a segunda metade do século XIX, após a publicação de *A Origem das espécies* (obra publicada por Darwin na qual é apresentada sua teoria evolutiva), e as primeiras duas décadas do século XX, uma das maiores objeções à teoria darwiniana que ainda persistia era a ausência de uma explicação consistente para o funcionamento dos processos de herança – transmissão de características dos indivíduos de uma espécie para seus descendentes, um dos aspectos mais importantes na teoria da seleção natural, mas que, até então, era visto como uma lacuna em sua consistência (RIDLEY, 2006).

Esta lacuna só foi resolvida com a redescoberta dos trabalhos de genética desenvolvidos por Gregor Mendel (1822-1884) e a posterior conciliação desses trabalhos com a teoria da seleção natural. Essa conciliação foi empreendida de forma independente, principalmente, através das pesquisas dos geneticistas Ronald A. Fisher (1890-1962), J. B. S. Haldane (1892-1964) e Sewall Wright (1889-1988). A compilação derivada da união dessas duas teorias é atualmente conhecida pelos termos ‘neodarwinismo’, ‘teoria sintética da evolução’ ou ‘síntese evolutiva moderna’ (MAYR, 1982; RIDLEY, 2006).

Avanços nos conhecimentos dos mecanismos de herança biológica (genética), geologia, paleontologia, embriologia e anatomia comparadas têm trazido ao longo das décadas cada vez mais robustez e evidências à teoria darwiniana, fazendo com que esta seja atualmente um conteúdo-chave e integrador da biologia, tratada como teoria e fato científicos (DOBZHANSKY, 1973; GOULD, 1981; DUARTE, 2010).

### 1.4 A SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA E A CLADÍSTICA

Já na segunda metade do século XX, na década de 1950 e maior parte da década de 1960, os métodos dominantes de análise e classificação da diversidade biológica eram as sistemáticas gradista e fenética (esta última também conhecida como sistemática numérica). Estes métodos de classificação não traziam em seus procedimentos uma ponderação sobre a

história e relações de parentesco evolutivas. Os meios de análise dos seres vivos por essas escolas foram descritos por autores como Queiroz (1988) e Santos (2008) como reflexos de estudos produzidos sem uma percepção clara dos significados da teoria darwiniana, ainda influenciados pela taxonomia pré-evolutiva.

Em meio a esse panorama, Willi Hennig (1913-1976) propôs a Sistemática Filogenética (mais tarde denominada Cladística), um método de reconstrução da história evolutiva de linhagens de seres vivos com base em ancestralidade e compartilhamento de características homólogas entre espécies descendentes. Dessa forma, a Sistemática Filogenética trouxe a possibilidade de definir características compartilhadas pelos seres vivos como sinapomorfias ou como simplesiomorfias (respectivamente: características compartilhadas que se originaram no ancestral imediato de uma linhagem ou em ancestrais mais antigos dentro da mesma linhagem). Com isto, se tornou possível definir unidades evolutivas hierarquizadas, bem como realizar inferências sobre como teria ocorrido o processo de evolução, formação e organização da biodiversidade (AMORIM, 1994; 2002; SANTOS, 2008).

## 1.5 O LIVRO DIDÁTICO DE BIOLOGIA NO BRASIL E O ENSINO DE EVOLUÇÃO

No âmbito da Educação Básica no Brasil (compreendendo Educação Infantil, Ensino Fundamental I e II, Ensino Médio, EJA – Educação de Jovens e Adultos e Educação do Campo), especialmente na modalidade pública de ensino, o Livro Didático (LD) destaca-se como um dos principais recursos didáticos empregado por docentes em suas práticas pedagógicas. Mesmo com uma alta diversidade de outros recursos de ensino atualmente disponíveis, o LD permanece como um dos mais populares materiais utilizados pelo professor do Ensino Básico. Segundo Cavalcanti e Silva (2016, p. 69), “provavelmente porque a coletânea textual, as propostas de atividades, as sugestões de projetos de didáticos e os demais recursos que o constituem podem facilitar o trabalho docente”. Por estes aspectos, em muitas situações do cotidiano escolar o LD configura-se como um recurso importante à disposição dos alunos, bem como um componente básico e fundamental para a organização das atividades pedagógicas dos docentes, sendo também de extrema importância no desenvolvimento de interações comunicativas entre professores e alunos (NUNES-MACEDO *et al.*, 2004; CHAVES, 2014; BADZINSKI; HERMEL, 2015).

O início do desenvolvimento de políticas públicas acerca do LD no sistema educacional brasileiro data da década de 1930, com as criações do Instituto Nacional do Livro

(INL) e da Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD), em 1937 e 1938, respectivamente. As ações mais significativas de democratização e análise da qualidade pedagógica do LD, no entanto, só se iniciaram com a instituição do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), por meio do Decreto nº 91.542, de 19 de agosto de 1985 (BRASIL, 1985), sendo sua atualização mais recente tratada no Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, que dispõe sobre o agora denominado Programa Nacional do Livro e do Material Didático (BRASIL, 2017a). Desde sua implementação inicial, o PNLD vem sofrendo alterações afim de atender às diferentes modalidades pertencentes ao Ensino Básico, bem como cumprir os princípios nele estabelecidos de promover o fornecimento gratuito de materiais didáticos à rede pública de ensino, materiais estes submetidos a uma série de critérios eficientes de análise, com o intuito de garantir a qualidade dos recursos pedagógicos a serem distribuídos aos corpos docente e discente da comunidade escolar (SANTOS *et al.*, 2008; CHAVES, 2014).

Quanto ao ensino de evolução biológica no Brasil, sua primeira busca de implementação mais significativa se deu com a aplicação do programa experimental de origem estadunidense *Biological Science Curriculum Study* (BSCS), com a tradução e distribuição de seus materiais, nas décadas de 1960 e 1970. O desenvolvimento desse programa, no entanto, era restrito a grupos de discentes vinculados às modalidades de curso Científico do então ensino secundário. Restrições à implementação da teoria evolutiva como conteúdo pedagógico, derivadas de questões de composição de currículo e estrutura de modalidades de ensino, permaneceram por alguns anos até que fossem finalmente desenvolvidas políticas pedagógicas curriculares significativas (CICILLINI, 1991; DIEGUES, 2012).

As políticas de mudanças curriculares mais importantes na educação brasileira se iniciaram com a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), instaurada com a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996). Com sua implementação, a LDBEN embasou a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) (BRASIL, 2000), bem como, posteriormente, as Orientações Educacionais Complementares aos PCNEM, conhecidas como PCN+ (BRASIL, 2006; DIEGUES, 2012). Dentro destes parâmetros curriculares, a temática de evolução biológica é tratada como um tema estruturador da disciplina escolar Biologia, como apresentado nos PCN+ (BRASIL, 2006, p. 41):

Como já assinalamos, não há um caminho único. O exercício que propomos tem por referencial as principais áreas de interesse da Biologia, sintetizadas

em seis temas estruturadores:

1. Interação entre os seres vivos
2. Qualidade de vida das populações humanas
3. Identidade dos seres vivos
4. Diversidade da vida
5. Transmissão da vida, ética e manipulação gênica
6. Origem e evolução da vida

Dentro da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, mais recentemente aprovada no sistema educacional brasileiro, a teoria da evolução também é tratada como um tema integrador em Biologia, permeando o processo de formação educacional e cidadã dos discentes (BRASIL, 2018, p. 542):

Ao reconhecerem que os processos de transformação e evolução permeiam a natureza e ocorrem das moléculas às estrelas em diferentes escalas de tempo, os estudantes têm a oportunidade de elaborar reflexões que situem a humanidade e o planeta Terra na história do Universo, bem como inteirar-se da evolução histórica dos conceitos e das diferentes interpretações e controvérsias envolvidas nessa construção.

Da mesma forma, entender a vida em sua diversidade de formas e níveis de organização permite aos estudantes atribuir importância à natureza e seus recursos, reconhecendo a imprevisibilidade de fenômenos e os limites das explicações e do próprio conhecimento científico. Para isso, nessa competência específica, podem ser mobilizados conhecimentos relacionados a: origem da Vida; evolução biológica; registro fóssil; exobiologia; biodiversidade; origem e extinção de espécies [...].

Em virtude da importância da temática de evolução biológica para a compreensão dos conteúdos de Biologia, do processo de formação cidadã e desenvolvimento de visão holística do mundo natural, são previstos nos mecanismos de avaliação de materiais didáticos e documentos oficiais que tratam do currículo de Biologia no Ensino Básico o tratamento adequado da teoria evolutiva nos LD e em práticas pedagógicas a serem desenvolvidas por docentes de ciências da natureza (BRASIL, 2006; LEÃO; MEGID-NETO, 2006; ZAMBERLAN; SILVA, 2009; DALAPICOLLA *et al.*, 2015).

Nesse contexto, este estudo é pautado em avaliar a forma como o conteúdo de evolução biológica é abordado em uma coleção de livros didáticos de Biologia aprovada na mais atual seleção do PNLD, coleção esta que é amplamente utilizada em escolas no Brasil. Com essa avaliação, busca-se examinar a qualidade da informação acerca da teoria evolutiva na obra objeto do estudo e qual o papel dessa teoria em sua construção.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Averiguar o conteúdo referente ao tema Evolução na obra “Biologia Moderna”, de José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho (2016a; 2016b; 2016c).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a forma como os autores concebem e expressam sua visão da teoria evolutiva na obra;
- Avaliar a influência da teoria evolutiva na organização e constituição da obra;
- Averiguar o quanto os conceitos da visão hegemônica atual da teoria evolutiva influenciam a concepção de relações de parentesco entre os organismos apresentada na obra;
- Averiguar o quanto os conceitos da visão hegemônica atual da teoria evolutiva influenciam a classificação dos organismos apresentada na obra;
- Averiguar o quanto os conceitos da visão hegemônica atual da teoria evolutiva influenciam a descrição de órgãos e estruturas dos organismos na obra.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

O presente estudo pautou-se nos fundamentos teórico-metodológicos da pesquisa qualitativa. Tal tipo de pesquisa, de acordo com Bogdan e Biklen (2007) e Lüdke e André (2018), caracteriza-se por ser “naturalística”, ou seja, tratar o ambiente natural onde ocorre o fenômeno estudado como fonte direta de dados e o pesquisador como principal instrumento de realização do estudo; possuir caráter descritivo dos processos de coleta e apresentação de dados; requerer maior preocupação com o processo de realização do estudo do que com seus produtos e resultados; ser objeto de interesse especial do pesquisador a significação dada pelas pessoas às coisas e fenômenos; e ser propensa a se encaminhar para um processo indutivo de análise de dados.

Também se fez uso da pesquisa bibliográfica, definida por Gil (2010) como um delineamento elaborado sobre um determinado assunto com base em material já publicado, incluindo tradicionalmente material impresso, como livros e revistas, e outras fontes como CD e materiais publicados na internet.

Para o procedimento de análise do conteúdo referente ao tema Evolução na obra didática de Biologia selecionada, foram empregadas duas metodologias de análise. A primeira delas, uma modificação do método proposto por Rosa e Mohr (2010), foi aplicada nesse estudo para o desenvolvimento da análise crítica dos livros selecionados, como estabelecido à frente.

Foram estabelecidos guias teóricos para a realização da análise crítica da coleção de livros de Biologia selecionada: verificação da coerência dos conceitos apresentados no texto em relação à teoria evolutiva; se há no texto da obra coesão textual (se a obra exhibe uma relação adequada entre dois ou mais trechos em que os conteúdos são tratados); se há uso de termos técnicos adequados, coerentes com a conceituação relacionada com o assunto tratado; se as ilustrações são apropriadas e coerentes com o texto a elas relacionados.

A segunda metodologia aqui utilizada foi a Análise Temática, derivada do método de Análise de Conteúdo proposto por Bardin (2016), com a finalidade de identificar enfoques que permitam avaliar o tema Evolução no conteúdo da obra. A Análise Temática é um tipo de metodologia qualitativa que, segundo Bardin (2016, p. 135), “consiste em descobrir os ‘núcleos de sentido’ que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição, podem significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido”. Tal tipo de análise se

divide cronologicamente em três momentos/etapas de realização: a *pré-análise*; a *exploração do material*; e o *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação* (FRANCO, 2008; BARDIN, 2016).

Para a identificação dos enfoques do tema Evolução na obra analisada, foi procedida uma leitura flutuante – atividade componente da etapa de pré-análise da Análise Temática (FRANCO, 2008; BARDIN, 2016) – dos três volumes da obra e, a partir desta leitura, foi preparada uma lista de termos-chave relacionados ao tema alvo do estudo, cuja presença em algum trecho da obra demonstrassem que há menção à sua temática foco (Quadro 1).

**Quadro 1** – Termos-chave encontrados a partir da leitura flutuante da obra objeto de estudo. Entre parênteses, termos similares tratados como um único termo-chave. Entre colchetes, explicações explicativas.

Adaptação	Seleção natural	Seleção artificial
Cladogênese (divergência)	Anagênese	Especiação
Ancestral [espécie] (ancestralidade, ancestral comum)	Analogia	Novidade evolutiva (sinapomorfia, característica compartilhada, ‘apomorfia’)
Homologia	Monofilético	Polifilético
Tendência (evolutiva)	Primitivo	Clado
Táxon	Linhagem	Grupo basal
Convergência evolutiva	Código genético	Herança (hereditariedade)
Mutação	Alelo	Lócus gênico
Genes homeóticos	Recombinação (permutação, crossing over)	Variabilidade genética
Anatomia comparada	Embriologia (comparada)	Órgão vestigial
Polimorfismo	Fóssil	Tempo geológico
Datação	Paleontologia	Diversificação (biodiversidade, expansão [significando diversificação])
Descendência (descendente)	Extinção	Dispersão
Processo (evolutivo)	História evolutiva (filogenia)	Teoria endossimbiótica (mitocôndria, plasto [simbiogênese])
Relações filogenéticas (árvore filogenética, parentesco evolutivo)	Fixismo	Lamarckismo
Teoria evolucionista (Evolucionismo)	Darwin (Darwinismo)	Teoria sintética da evolução (Neodarwinismo)
Sistemática filogenética	Criacionismo	Cladística
Raça	Evolução humana	Cultura

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2019.

De posse dos termos-chave já listados, foram elaboradas **categorias de análise**. Essas categorias caracterizaram-se como **unidades de contexto**, elementos que têm a finalidade de codificar e agrupar as **unidades de registro**, englobando-as (FRANCO, 2008; BARDIN,

2016). As unidades de registro, por sua vez, aqui correspondem a fragmentos do texto da obra analisada que são relacionados à temática alvo do estudo, os quais são identificados pelos termos-chave – também denominados **componentes de registro** – neles presentes.

As categorias (unidades de contexto) elaboradas estão elencadas abaixo:

- Aspectos Conceituais da Evolução;
- Evidências da Evolução;
- História Evolutiva dos Organismos;
- Evolução e Classificação dos Organismos;
- Aspectos Históricos das Ideias Evolutivas;
- Aspectos Sociais Envolvendo a Teoria da Evolução;

Em seguida, as categorias elaboradas foram agrupadas nos seguintes indicadores de enfoque:

- **Enfoque Conceitual da Evolução:** compreende as categorias Aspectos Conceituais da Evolução e Evidências da Evolução.
- **Enfoque Sobre a Leitura da Diversidade Biológica:** compreende as categorias História Evolutiva dos Organismos e Evolução e Classificação dos Organismos.
- **Enfoque Social da Evolução:** compreende as categorias Aspectos Históricos das Ideias Evolutivas e Aspectos Sociais Envolvendo a Teoria da Evolução.

Por último, foi contabilizado o número de aparições de cada termo-chave no texto principal da obra analisada. Com o intuito de dinamizar o processo de busca de aparições, bem como garantir que não houvessem omissões de aparecimentos de algum termo-chave, foi utilizado o mecanismo de busca de termos/palavras disponível no software de visualização de arquivos eletrônicos Adobe Acrobat Reader DC®, no qual foram visualizadas as versões eletrônicas (PDF) dos volumes da obra analisada.

### 3.2 MATERIAL ANALISADO

Para a realização do estudo, foram selecionados os livros didáticos de Biologia adotados para o Ensino Médio no CEEEA Sesquicentenário, escola componente da rede pública de ensino do estado da Paraíba. As obras selecionadas foram o material didático mais utilizado pelo autor do trabalho durante seu estágio de regência realizado na escola

supracitada, sendo este o fator que motivou a escolha desses livros como objeto de análise. Os livros em questão constituem uma coleção em três volumes, aprovada e devidamente incluída no guia do Programa Nacional do Livro Didático – PNLD/2018 (BRASIL, 2017b). São esses:

- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. v. 1. São Paulo: Moderna, 2016.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. v. 2. São Paulo: Moderna, 2016.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 2016.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A coleção de livros analisada é composta por três volumes, sendo cada um deles direcionado a uma série específica do Ensino Médio. Nos três volumes, os capítulos são agrupados em módulos temáticos, nomeados com temas abrangentes que abarcam em termos teóricos os conteúdos mais específicos; termos de menor abrangência são tratados nos capítulos.

O Volume 1 da obra versa, sinteticamente, sobre os temas: natureza e biologia; origem, constituição e organização sistêmica da vida; composição e funcionamento celular; diversidade de metabolismo e obtenção de energia; e reprodução, desenvolvimento e organização estrutural dos organismos vivos. Esse volume é constituído por quatro módulos temáticos, dentro dos quais são distribuídos 12 capítulos e possui 240 páginas (Anexo A).

O Volume 2 da obra versa, sinteticamente, sobre os temas: fundamentos da sistemática e classificação biológica; biologia, classificação e diversidade dos organismos; e anatomia e fisiologia humana. Esse volume também é constituído por quatro módulos temáticos, dentro dos quais são distribuídos 12 capítulos, possuindo 279 páginas (Anexo B). O tema Evolução é foco do capítulo 7 desse volume, intitulado *Tendências evolutivas nos grupos animais*.

O Volume 3 da obra versa, sinteticamente, sobre os temas: fundamentos de genética e mecanismos de herança biológica; biotecnologia e engenharia genética; fundamentos da evolução biológica; origem e evolução de grandes linhagens de seres vivos e evolução da espécie humana; fundamentos de ecologia e relações da espécie humana com e o meio ambiente. O último volume é dividido em três módulos, apresentando 12 capítulos e 288 páginas (Anexo C). São dedicados ao tema Evolução, nesse volume, os capítulos de número 5 – *Os fundamentos da evolução biológica*, 6 – *A origem de novas espécies e dos grandes grupos de seres vivos*, e 7 – *Evolução humana*, componentes do módulo temático *A evolução biológica*.

### 4.2 INDICADORES DE ENFOQUE

A análise temática realizada ao longo dos três volumes da obra resultou na detecção de 2.683 aparições de termos-chave relacionados ao tema Evolução (Quadro 2), as quais estão

distribuídas, por enfoque, como se segue: Enfoque Conceitual da Evolução – 1.882 aparições; Enfoque Sobre a Leitura da Diversidade Biológica – 454 aparições; Enfoque Social da Evolução – 347 aparições.

Considerando o Enfoque Conceitual da Evolução, 901 aparições foram registradas na categoria Aspectos Conceituais da Evolução e 981, na categoria Evidências da Evolução. Esse número de aparições parece refletir o empenho dos autores em contextualizar sua argumentação e apresentação de informações com bases na teoria evolutiva.

Dentro do Enfoque sobre a Leitura da Diversidade Biológica, a categoria História Evolutiva dos Organismos apresentou forte preponderância na constituição desse indicador de enfoque, com 397 aparições, se comparada à categoria Evolução e Classificação dos Organismos, que exibiu 57 aparições.

Quanto ao Enfoque Social da Evolução, foram quantificadas 240 aparições de termos-chave para a categoria Aspectos Históricos das Ideias Evolutivas e 107 aparições para a categoria Aspectos Sociais Envolvendo a Teoria da Evolução.

#### 4.2.1 ENFOQUE CONCEITUAL DA EVOLUÇÃO

O Enfoque Conceitual da Evolução inclui as categorias Aspectos Conceituais da Evolução e Evidências da Evolução. Esse enfoque foi concebido para analisar a percepção dos autores quanto à evolução, suas evidências e a forma como a conceituação é apresentada na obra.

A teoria evolutiva, seus preceitos, seus termos associados permeiam completamente a obra, de forma que foi possível detectar, nas duas categorias somadas, como citado acima, 1.882 aparições de termos-chave associados diretamente à evolução ou à gama de conceitos a ela relacionadas, como anatomia, genética, populações, embriologia, geologia, demonstrando o envolvimento da obra com uma leitura da vida a partir dos conhecimentos atuais da ciência.

**Quadro 2** – Número de aparições de termos-chave por volume da obra *Biologia Moderna*, de Amabis e Martho, ordenados por Categoria (Unidades de Contexto) e por Indicador de Enfoque.

Indicador de Enfoque	Categoria (Unidade de contexto)	Termo-Chave	Aparições por volume			Total Geral	
			Volume 1	Volume 2	Volume 3		
Enfoque Conceitual da Evolução	Aspectos Conceituais da Evolução	Adaptação	19	56	110	185	
		Seleção natural	6	1	76	83	
		Seleção artificial	0	0	26	26	
		Cladogênese (divergência)	0	7	24	31	
		Anagênese	0	0	6	6	
		Especiação	0	1	18	19	
		Ancestral [espécie] (ancestralidade, ancestral comum)	7	49	92	148	
		Analogia	0	4	3	7	
		Homologia	45	11	59	115	
		Monofilético	0	6	0	6	
		Polifilético	0	4	0	4	
		Novidade evolutiva (sinapomorfia, característica compartilhada, 'apomorfia')	1	29	6	36	
		Tendência (evolutiva)	0	2	17	19	
		Primitivo	0	3	20	23	
		Clado	0	10	0	10	
		Táxon	0	42	2	44	
		Linhagem	1	25	101	127	
	Grupo basal	0	4	0	4		
	Convergência evolutiva	0	4	4	8		
	<b>TOTAIS</b>			<b>79</b>	<b>258</b>	<b>564</b>	<b>901</b>
	Evidências da Evolução		Código genético	12	0	4	16
			Herança (hereditariedade)	10	6	97	113
			Mutação	13	7	58	78
			Alelo	0	0	216	216
			Lócus gênico	0	0	22	22
			Genes homeóticos	0	3	11	14
			Recombinação (permutação, crossing over)	13	9	87	109
			Variabilidade genética	11	2	64	77
			Anatomia comparada	0	4	19	23
			Embrionário (origem embrionária)	2	6	12	20
			Órgão vestigial	0	0	13	13
			Polimorfismo	0	0	3	3
			Fóssil	1	15	204	220
Tempo geológico			1	6	21	28	
Datação			1	2	22	25	
Paleontologia			0	0	4	4	
<b>TOTAIS</b>			<b>64</b>	<b>60</b>	<b>857</b>	<b>981</b>	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019

**Quadro 2 (continuação)** – Número de aparições de termos-chave por volume da obra *Biologia Moderna*, de Amabis e Martho, ordenados por Categoria (Unidades de Contexto) e por Indicador de Enfoque.

Indicador de Enfoque	Categoria (Unidade de contexto)	Termo-Chave	Aparições por volume			Total Geral	
			Volume 1	Volume 2	Volume 3		
Enfoque Sobre a Leitura da Diversidade Biológica	História Evolutiva dos Organismos	Diversificação (biodiversidade, expansão [significando diversificação])	0	62	105	167	
		Descendência (descendente)	9	12	20	41	
		Extinção	0	12	83	95	
		Dispersão	0	1	4	5	
		Processo (evolutivo)	1	7	35	43	
		História evolutiva (Filogenia)	5	13	19	37	
		Teoria endossimbiótica (mitocôndria, plasto [simbiogênese])	5	1	3	9	
	TOTAIS			20	108	269	<b>397</b>
	Evolução e Classificação dos Organismos	Relações filogenéticas (árvore filogenética, Parentesco evolutivo)	4	29	24	57	
	TOTAIS			4	29	24	<b>57</b>
Enfoque Social da Evolução	Aspectos Históricos das Ideias Evolutivas	Fixismo	0	0	2	2	
		Lamarckismo	2	0	30	32	
		Teoria evolucionista (evolucionismo)	4	4	46	54	
		Darwin (Darwinismo)	8	5	68	81	
		Teoria sintética da evolução (Neodarwinismo)	1	0	10	11	
		Sistemática filogenética	0	2	0	2	
		Criacionismo	4	2	26	32	
		Cladística	0	26	0	26	
	TOTAIS			19	39	182	<b>240</b>
	Aspectos Sociais Envolvendo a Teoria da Evolução	Raça	4	0	54	58	
Evolução humana		0	0	32	32		
Cultura		0	0	17	17		
TOTAIS			4	0	103	<b>107</b>	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Percebe-se a busca dos autores em transmitir ao longo dos três volumes da obra o princípio evolutivo da ancestralidade comum entre os seres vivos, com a identificação de usos do termo ‘Ancestral [espécie]’ e suas variações – ‘ancestralidade’ e ‘ancestral comum’. Nos trechos onde são feitas argumentações sobre o princípio de ancestralidade comum, são dados exemplos contextualizados:

*Seres humanos, minhocas, cogumelos, alfaces e bactérias: todos são constituídos pelo mesmo "tijolo" biológico básico, a célula. Esse incrível grau de semelhança, em um nível de organização tão fundamental, é considerado uma forte evidência de que todos os seres vivos partilham um ancestral comum (v. 1, p. 64).*

*Os cordados [...] são animais que apresentam, na fase embrionária, um cordão dorsal semirrígido denominado notocorda [...]. Essa estrutura é considerada uma exclusividade do filo e indica que tunicados, anfioxos, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, incluindo nossa própria espécie, tiveram um ancestral comum no passado do qual herdaram essa característica (v. 2, p. 180).*

*O darwinismo, como é conhecida a teoria evolucionista baseada em pressupostos da teoria original de Darwin, defende a ideia da ancestralidade comum, ou seja, que todos os seres vivos, em algum momento no passado, compartilharam um mesmo ancestral (v. 3, p. 110).*

Coerentemente, os autores, além de proverem os estudantes com informações históricas sobre a evolução da ciência que culminou com a teoria evolutiva, tratadas em outro Enfoque, a seguir, trazem à obra uma ampla gama de informações sobre a teoria evolutiva em si, com destaque para a Seleção Natural (85 aparições) como um dos focos da teoria.

*A seleção natural é a base da teoria evolucionista, segundo a qual os seres vivos se modificam ao longo do tempo, adaptando-se aos ambientes em que vivem. A adaptação é explicada pela teoria evolucionista da seguinte maneira: entre os indivíduos de uma geração de organismos vivos, graças à variabilidade genética, há aqueles que se ajustam melhor ao meio em que vivem; esses têm mais chance de sobreviver e de se reproduzir, transmitindo aos descendentes suas características, entre elas aquelas responsáveis pela adaptação (v. 1, p. 23).*

Tratando da definição dos seres vivos, no entanto, incluem a seleção natural como um atributo deles:

*Entre os atributos mais típicos dos seres vivos, destacam-se: composição química, organização celular, metabolismo, reação e movimento, crescimento e reprodução, hereditariedade, variabilidade genética, seleção natural e adaptação (v.1, p. 19).*

A seleção natural não é um atributo intrínseco ao ser vivo, como é o metabolismo, ela é uma característica da vida, da interação dos seres vivos entre si e com o planeta. Ela é uma referência ao fato de que cada indivíduo de cada espécie habitante do planeta deve alcançar

ele próprio os meios de existir e de passar à frente seus genes de forma efetiva, assim como cada espécie em relação a outras. Esse efeito privilegia características intrínsecas desses seres, de forma que os mais eficientes permanecem. Nessa linha de pensamento, Futuyama e Kirkpatrick (2017, p. 60) afirmam (tradução livre): “seleção natural é qualquer diferença consistente de *fitness* entre diferentes classes de entidades biológicas”.

No Volume 3, página 119, apresentam brevemente os conceitos da Teoria Sintética de Evolução, ou Neodarwinismo, destacando avanços da genética: a descoberta e compreensão da Mutação Gênica e da Recombinação Gênica, e como esses avanços se acrescentam à seleção natural, produzindo a leitura moderna da Teoria Evolutiva.

Dados da genética são largamente utilizados na obra, somando 645 aparições de termos-chave relacionados à genética (Quadro 2). Por outro lado, tratam a genética associada à evolução em poucos trechos da obra. É no capítulo 5 (*Fundamentos da evolução biológica*) que a Teoria Evolutiva é apresentada e ali informam brevemente sobre os preceitos do Neodarwinismo. Em todo o capítulo 5 foram registradas 42 aparições de termos-chaves relativos à genética. Os quatro capítulos anteriores se atêm à genética (aspectos descritivos da genética clássica e genética humana) e não fazem qualquer referência à evolução. Nos outros dois volumes, breves conexões são detectadas entre genética e evolução (seis aparições de termos-chave), refletindo a visão da evolução largamente influenciada pela abordagem fenotípica, pouco embasada na teoria sintética da evolução.

A Sistemática Filogenética foi formulada por Willi Hennig, na década de 1950, e depois incorporada a outros conceitos que estabeleceram Cladística, a abordagem hegemônica atual da ciência para acessar as relações de parentesco entre os seres vivos do planeta. A obra inclui descrição breve a respeito, no Capítulo 1 do Volume 2, e discorre sobre parte dos princípios da Cladística, segundo ordem de aparição no texto: Clado, Sinapomorfia, Monofilético, Cladograma, Cladogênese. Os autores citam a hipótese de que o segundo par de asas, típicos de Insecta, modificou-se no par de halteres, típicos dos insetos da ordem Diptera, como um caso explicativo dos conceitos que acabaram de expor:

*De acordo com a cladística, devem ser incluídas no mesmo grupo taxonômico apenas as espécies que compartilham um ancestral comum e exclusivo. Esses grupos são denominados monofiléticos. No exemplo que acabamos de ver, todos os insetos dotados de um só par de asas compartilham uma história evolutiva comum, ou seja, descendem da espécie ancestral em que surgiram os halteres. Essa é uma das características que justificam a inclusão de todos os dípteros em um mesmo clado, no caso, a ordem Diptera. (v2, p. 18).*

Um problema na exposição que fazem da Cladística é que omitem um conceito central dessa escola – o de grupo *parafilético*. Esse conceito se constitui numa exigência para se entender e diferenciar de um grupo monofilético as proposições caracterizadas como parafiléticas. Esse procedimento reduz a qualidade da instrução, por um lado, e influencia a própria leitura dos autores sobre a diversidade biológica, como veremos no tratamento que se fará à frente, quando da análise do Enfoque Sobre a Leitura da Diversidade Biológica.

A falta de compreensão dos princípios da Cladística se anuncia com omissão do conceito de parafilético e se evidencia no texto à frente (grifo do autor):

*Segundo os cladistas, grupos monofiléticos têm valor taxonômico mais relevante que grupos polifiléticos porque refletem mais fielmente a evolução da vida (v. 2, p. 19).*

Não há qualquer valor em “grupos polifiléticos” (ou parafiléticos) para a compreensão da evolução da vida; por outro lado, os autores não identificam uma obra da escola Cladista que faça tal afirmação. Apenas grupos monofiléticos podem nos instruir sobre essa história, uma vez que corresponderiam ao que deve ter acontecido na natureza. A conceituação de grupos (proposições) polifiléticos ou parafiléticos servem apenas para demonstrar que uma determinada proposição deve estar equivocada.

Considerando que o objetivo do livro didático é instruir, os autores pecam também nessa instrução ao associar dois conceitos intimamente relacionados, mas necessariamente diferentes: Os autores tratam “novidade evolutiva” nos contextos de apomorfia e sinapomorfia, não fazendo distinção entre as duas. A definição que oferecem, embora seja apontada como referente a sinapomorfia, abarca os dois conceitos; quando citam “novidade evolutiva”, oferecem uma definição de apomorfia, para logo em seguida associar o caráter a uma condição compartilhada, que explicitam como uma definição de sinapomorfia:

*A proposta básica da cladística é que, se surgiu uma "novidade evolutiva" e ela passou no teste da adaptação, fixando-se em uma espécie, todas as espécies que dela surgirem no curso da evolução herdarão e compartilharão a nova característica. Essa característica, compartilhada por dois ou mais táxons e por seu ancestral comum mais recente, é denominada sinapomorfia pelos biólogos cladistas (v.1, p. 17).*

Outros conceitos envolvidos com a escola cladística são tratados na obra, no geral,

coerentemente, incluindo a citação dos processos de cladogênese e anagênese na formação de novas espécies, inclusive com ilustração, como se pode ver na figura 6.2 do volume 2 da obra, reproduzida abaixo (Figura 1).

**Figura 1** – Figura presente na obra de Amabis e Martho (2016c) que esquematiza os processos de cladogênese e anagênese na formação de novas espécies.



**Figura 6.2** Representação esquemática dos processos evolutivos de cladogênese e de anagênese. Cladogênese é o evento evolutivo que resulta na divisão de uma linhagem em duas outras, e anagênese é a evolução adaptativa dentro de uma mesma linhagem.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Uma falha conceitual presente na figura 6.2 do volume 2 da obra é que, após a cladogênese – um fenômeno que se refere, exclusivamente, à separação de populações, os autores representam borboletas com coloração diferentes logo após a separação, deixando implícito um efeito de mudança da forma pela cladogênese, para o qual não há qualquer base teórica. Como bem argumentado pelos autores, o processo de anagênese, decorrente da variabilidade genética (e dos efeitos da seleção natural), é que dá origem à modificação da forma. Além da falha de comunicação na figura acima citada, o texto correspondente também inclui falha similar, quando associam a formação de novas espécies exclusivamente à cladogênese, como se pode ver no trecho à frente.

*Em determinados estágios da evolução de uma espécie, grupos populacionais podem se isolar uns dos outros e, modificando-se independentemente, dar origem a novas espécies com o passar do tempo. O evento evolutivo em que duas populações se separam e se diferenciam em*

*duas novas espécies é denominado cladogênese (do grego kládos, ramo, e génesis, origem) (v.3, p. 136).*

A produção de duas novas espécies é resultante de dois efeitos somados: a *cladogênese*, que interrompe o fluxo gênico entre duas populações de uma espécie, que pode ser seguido da *anagênese* (e efeitos da seleção natural), o que produz as modificações fenotípicas que caracterizam as diferenças entre espécies com as quais nós estamos acostumados a lidar; aparentemente, este mesmo efeito conduz as espécie naturais ao reconhecimento de seus similares (AMORIM, 1994; 2002). Embora os autores citem logo após a palavra *separam* a informação “*se diferenciam*”, não é explicitado o efeito da anagênese, tornando a compreensão desse último conceito didaticamente menos acessível.

Um deslize similar se observa na página seguinte do mesmo volume, destacado a seguir (grifo do autor). Os autores afirmam que a cladogênese “tem início com a diversificação de uma população ancestral”, quando, na verdade, é a anagênese que produz a diversificação (modificação); a cladogênese refere apenas a quebra de fluxo gênico, o início potencial do processo de especiação (AMORIM, 1994; 2002). Veja-se a seguir.

*A formação de novas espécies de seres vivos - fenômeno denominado especiação - é uma etapa fundamental do processo evolutivo. De acordo com a linha de pensamento predominante atualmente, as espécies surgem normalmente por cladogênese, que tem início com a diversificação de populações de uma espécie ancestral, as quais se mantêm isoladas no território, o que se denomina isolamento geográfico (v.3, p. 137).*

No parágrafo seguinte, refere claramente a anagênese, deixando apenas implícita a cladogênese (“Em ambientes distintos”) que antecede a diferenciação, continuando a imperfeição na comunicação do processo de especiação, quando não explicita – clara e eficientemente – a relação entre cladogênese e anagênese para a instrução acerca do processo de especiação (grifos do autor):

*Em ambientes distintos, a seleção natural atua de forma diferenciada sobre as populações isoladas, conduzindo cada uma delas a uma adaptação particular. Depois de algum tempo, os processos de anagênese que atuam sobre cada população isolada podem levá-las a se tornar tão diferentes em termos genéticos que a reprodução entre elas já não é mais possível, mesmo que o isolamento geográfico deixe de existir. Nesse estágio, as populações passam a apresentar isolamento reprodutivo e constituem duas novas espécies, originadas por cladogênese da espécie original (v.3, p. 137).*

Os termos “embrionário(a)” e “origem embrionária” foram largamente utilizados de forma descritiva para informar sobre a diversidade morfológica dos vários grupos de organismos tratado na obra. Os termos têm também uma conotação intimamente ligada à evolução e foram utilizados como base de uma argumentação relacionada com a evolução. O termo serviu de suporte para a argumentação sobre órgãos homólogos e convergência evolutiva:

*No plano morfológico, as homologias podem ser identificadas nos chamados órgãos homólogos, estruturas corporais que se desenvolvem de modo semelhante em embriões de diferentes espécies que tiveram ancestralidade comum. Apesar de apresentar a mesma origem embrionária, os órgãos homólogos podem se desenvolver em estruturas bastante distintas, como é o caso dos esqueletos das asas das aves, adaptadas ao voo, e das nadadeiras peitorais dos golfinhos, adaptadas à natação (v. 2, p. 16).*

e

*Por exemplo, asas são estruturas adaptadas ao voo e apresentam superfície ampla, que possibilita sustentação no ar. Esse princípio estrutural está presente tanto nas asas de insetos quanto nas das aves, embora tenha origens embrionárias totalmente distintas nessas espécies. [...] Semelhanças desse tipo são chamadas analogias evolutivas (v. 2, p. 16).*

Como caráter sinapomórfico:

*O reino Animalia reúne os animais, seres eucarióticos, multicelulares e heterotróficos. Esse grupo inclui uma grande variedade de organismos, desde os muito simples, como as esponjas, até animais complexos como os cordados, grupo ao qual pertencemos (Fig. 1.14). A sinapomorfia que caracteriza os animais é o estágio embrionário de blástula, uma esfera celular oca. A blástula origina a gástrula, fase embrionária em que são "esboçados" os tecidos do novo ser (v.2, p.21)*

Como base do suporte genético para relação entre grandes grupos de animais (Vol. 3, página 117):

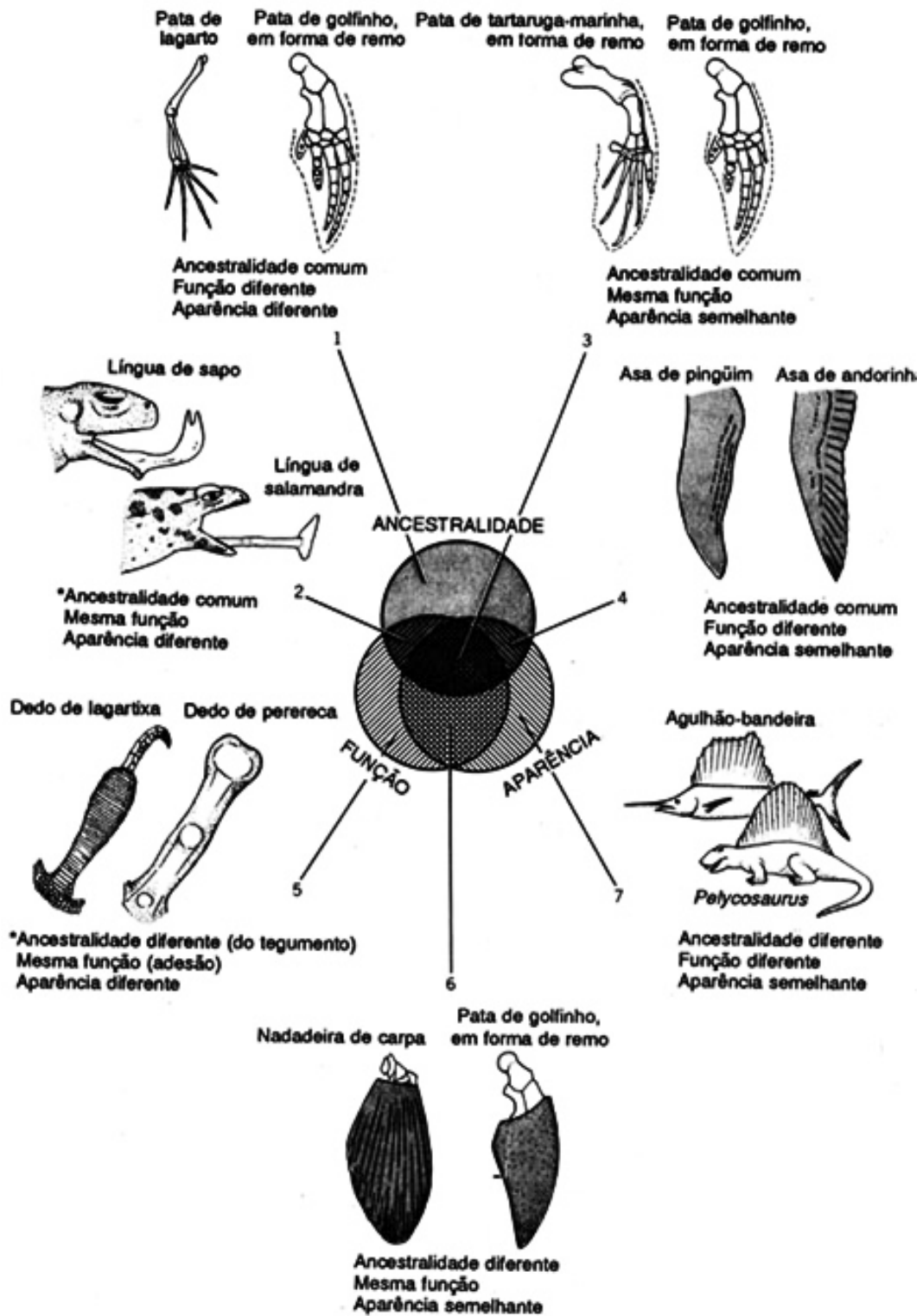
*Um conjunto de genes descobertos originalmente na mosca drosófila, denominados genes homeóticos, determina o padrão e a sequência em que o desenvolvimento embrionário ocorre. Alguns desses genes, conhecidos pela sigla Hox, são ativados bem no início do desenvolvimento embrionário [...]. A grande surpresa dos cientistas foi descobrir que há genes Hox quase idênticos aos das moscas nos outros animais, como camundongos, estrelas-do-mar, crustáceos, seres humanos etc. E o mais surpreendente é que esses genes exercem a mesma função em todos os animais, determinando as diferentes estruturas corporais ao longo do eixo cabeça-cauda (v3, p. 117).*

Os autores utilizam os conceitos homologia e analogia (grifados nos extratos da página anterior e no trecho a seguir), em vários trechos da obra e os utilizam adequadamente para argumentar evolução de órgãos e relações de parentesco entre grupos. A conceituação que oferecem, no entanto, inclui uma inconsistência:

*Estruturas corporais que se desenvolvem de modo semelhante em embriões de diferentes espécies [...] são denominados órgãos homólogos. [...] Ao contrário, há estruturas corporais presentes em diferentes espécies que desempenham funções semelhantes, mas têm origens embrionárias totalmente distintas; tais estruturas são denominadas órgãos análogos. É o caso das asas de aves e de insetos; ambas são adaptadas ao voo, mas têm origens embrionárias completamente diversas: nas aves, as asas são estruturas dotadas de ossos e músculos, enquanto nos insetos elas são expansões da epiderme corporal (v.1, p. 116).*

Aqui há uma falha na apresentação do conceito de analogia quando o associa ao conceito de homologia, dois conceitos independentes. O primeiro se refere exclusivamente à origem embrionária, enquanto o segundo exclusivamente à função. Hildebrand e Goslow (2006) demonstram essas características de independência desses dois conceitos, argumentando textualmente a respeito e sintetizado suas argumentações em uma ilustração, aqui reproduzida (Figura 2).

**Figura 2** – Distinções e relações entre homologia, analogia e aparência em órgãos e estruturas dos vertebrados.



Fonte: HILDEBRAND; GOSLOW, 2006.

Os vários exemplos oferecidos na ilustração demonstram que os órgãos podem ser homólogos e não análogos (lagarto e golfinho [relativo à estrutura esquelética], pinguim e

andorinha [relativo ao órgão como um todo]), homólogos e análogos (tartaruga e golfinho [relativo à estrutura esquelética]), análogos e não homólogos (carpa e golfinho [relativo ao órgão como um todo]), análogos e homólogos (sapo e salamandra), independentemente de suas aparências. A mesma figura demonstra também que estruturas similares em aparência podem ser não homólogas e não análogas (Aguilhão-bandeira e Pelycosauria).

Um dos aspectos mais marcantes da obra no tocante à abordagem dos autores quanto à evolução é a preponderância do termo-chave ‘adaptação’ ao longo do seu discurso (adaptação é entendida no presente estudo como *a adequação de um organismo ao seu ambiente*, o que lhe capacita a estar presente no planeta e ser parte das redes de interrelações da vida). A adaptação é talvez o aspecto mais impressionante e atraente da vida em nosso planeta – esse é um traço recorrente nas argumentações de Darwin na obra ‘A origem das espécies’:

Vemos estas belas coadaptações de forma mais clara no pica-pau e no visco; e de forma um pouco menos clara no mais humilde parasita que se apegua aos pelos de um quadrúpede ou às penas de uma ave; na estrutura do besouro que mergulha na água; na semente plumada que flutua pela mais suave brisa; em suma, vemos belas adaptações em todos os lugares e em todas as partes do mundo orgânico (DARWIN, 2018, p. 80-81).

O termo-chave Adaptação (ou um de suas variantes com o mesmo sentido) é utilizado 185 vezes ao longo da obra (Quadro 2). Desses, 110 aparições estão registradas no Volume 3, no qual os autores apresentam aos estudantes aspectos da Genética, da Ecologia e sua conceituação sobre Evolução biológica. Dessas 110 aparições, uma está no capítulo 4 (Genética e biotecnologia na atualidade), quatro no Capítulo 10 (Relações ecológicas), onze no Capítulo 11 (Sucessão ecológica e biomas, nove dos registros do termo-chave restritos à descrição dos biomas do planeta, nas quais os autores argumentam as características das vegetações típicas de cada bioma como ‘adaptações’). Os 94 registros restantes estão no módulo 2 (A Evolução Biológica, composto pelos capítulos 5, 6 e 7, respectivamente intitulados ‘*Os fundamentos da evolução biológica*’, ‘*A origem de novas espécies e dos grandes grupos de seres vivos*’ e ‘*Evolução humana*’). Essa alta frequência do uso do termo adaptação reflete a íntima ligação que os autores fazem entre os conceitos de evolução e adaptação, sobrevalorizando o termo em sua instrução sobre evolução. Dos 94 registros do termo ‘adaptação’ no Módulo 2 do Volume 3 da obra, 46 foram registrados no capítulo 5, que versa sobre a conceituação e evidências da evolução.

Os autores elencam adequadamente os eventos históricos que levaram ao desenvolvimento da teoria evolutiva e descrevem as observações e preceitos que conduziram

Darwin à proposição de sua teoria, ao longo da obra. No entanto, nas explicações em trechos nos quais os autores buscam informar os estudantes acerca da conceituação sobre evolução, ou na descrições de modificações de linhagens, por exemplo, aquelas que conquistaram o meio terrestre a partir do meio aquático (em exemplificação da história evolutiva), o discurso é completamente permeado pela ideia da *adaptação como o processo que levou ao sucesso dessas linhagens*, uma simplificação do processo evolutivo e um desvio na percepção desse processo. Essa abordagem transfere o foco do processo em si, qual seja, a existência de grande variabilidade genética característica da vida e a seleção à qual essas variantes estão submetidas (a seleção natural), para uma ideia de adaptação como reação das espécies aos desafios que enfrentam em relação às mudanças e exigências ambientais, ou a adaptação como uma reação às condições ambientais adversas, ou, ainda, um aproveitar-se das vantagens à volta. Em outro ponto, tratam a adaptação como um atributo do ser vivo, como é o metabolismo, não como uma relação entre o pool genético da espécie e a sua capacidade de resposta ao ambiente. Exemplos a seguir (grifos do autor):

*De acordo com a teoria evolucionista, o processo de diversificação da vida, que vem acontecendo até hoje **em decorrência da adaptação** aos diferentes ambientes de um planeta em constante transformação, originou as diversas espécies de seres vivos, tanto as já extintas como as atuais (v.3, p. 135).*

*“Um grande desafio dos australopitecos era encontrar alimento na savana, mais árida que as florestas tropicais. **Isso levou à seleção de um conjunto de adaptações em sua dentição**, que passou a permitir a mastigação de alimentos vegetais duros, como sementes e raízes (v.3, p. 174).*

*Na época, ocorria grande diversificação das plantas frutíferas - as angiospermas -, e **os primeiros primatas logo se adaptaram à vida nas florestas tropicais em expansão**, habitando a copa das árvores e suplementando sua dieta insetívora com frutas e folhas (v.3, p. 167).*

*Note que a **adaptação** que previne a destruição do ácido fólico pelo excesso de radiação UV, em regiões tropicais e subtropicais, consiste na produção de mais melanina na pele, originando pele mais escura (v.3, p. 185).*

*Entre os atributos mais típicos dos seres vivos, destacam-se: composição química, organização celular, metabolismo, reação e movimento, crescimento e reprodução, hereditariedade, variabilidade genética, seleção natural e **adaptação** (v.1, p. 19).*

*Entre as diversas **adaptações** dos ancestrais dos répteis ao ambiente de terra firme, uma das mais importantes foi o desenvolvimento de um ovo dotado de casca impermeável à dessecação. Entretanto, **tal desenvolvimento exigiu novas adaptações**, entre elas o surgimento e a evolução dos anexos embrionários (v.1, p. 194).*

*As grandes semelhanças entre genes homeóticos de diferentes espécies [...] devem-se, segundo a teoria evolucionista, ao fato de esses genes terem sido herdados de um ancestral comum a todos os animais. Mais tarde, quando surgiram as linhagens que originaram os diversos filos animais, esses genes **adaptaram-se** e passaram a determinar tipos diferentes de partes corporais (v.3, p. 118).*

A adaptação é o resultado do processo evolutivo – as espécies que vemos no presente relacionam-se com perfeição com os seus ambientes respectivos porque possuíam – aleatoriamente – os atributos que as tornaram aptas a responderem a esses ambientes, e foram selecionadas em virtude desses atributos. O discurso dos autores dá ao resultado da evolução (a adaptação) uma feição de *processo evolutivo* quando leva seus leitores a pensar nela própria como uma resposta ao ambiente (como um processo em si), como uma ação de cada indivíduo da espécie numa determinada direção, como uma luta para modificar-se e, assim, responder às mudanças do ambiente. Todas as espécies possuem uma gama de capacidades – com um limite característico da espécie – que lhes permite responder às variações do ambiente. Se, no entanto, esse ambiente variar para além dos limites de capacidades de uma determinada espécie, ela não terá como responder a essas alterações ambientais, perderá sua capacidade de homeostase e não deixará descendentes. Não se adaptará para evoluir na direção de responder ao meio. O próprio Darwin também argumenta nesse sentido, usando como objeto de discussão a seleção artificial exercida por criadores, como modelo do que acontece na seleção natural (grifo do autor):

Já que ocorreram variações indubitavelmente úteis aos criadores, será que deveríamos imaginar ser improvável que, no decorrer de milhares de gerações, ocorressem, às vezes, outras variações que fossem de alguma forma úteis para cada um dos seres vivos na grande e complexa batalha da vida? Se isso de fato ocorrer, poderíamos duvidar [...] que os indivíduos que contassem com alguma vantagem, mesmo que pequena, sobre os outros, teriam maiores chances de sobreviver e procriar? Por outro lado, podemos garantir que quaisquer variações minimamente prejudiciais serão rigorosamente destruídas. A essa preservação das variações favoráveis e rejeição das variações prejudiciais eu chamo seleção natural (DARWIN, 2018, p. 99).

Futuyma e Kirkpatrick (2017) argumentam o mesmo e esclarecem com uma frase a questão (em grifo, tradução livre):

Quando Darwin ofereceu uma alternativa materialista, puramente natural ao argumento do design, ele não apenas abalou os fundamentos da teologia e filosofia, mas também trouxe todos os aspectos do estudo da vida para o campo da ciência. Sua alternativa ao design inteligente foi a apresentação do processo completamente irracional da seleção natural. Este processo não pode ter um objetivo, assim como a erosão não tem o objetivo de formar desfiladeiros, *porque o futuro não pode causar eventos materiais no presente*. Assim, os conceitos de objetivos ou fins não têm lugar na biologia (ou em qualquer outra ciência natural), exceto em estudos do comportamento humano (FUTUYMA; KIRKPATRICK, 2017, p. 57).

Futuyma e Kirkpatrick (2017), tratando de adaptação, citam respostas rápidas de plantas, insetos e vertebrados a interferência antrópicas (páginas 57 a 59), os quais sofreram modificações observáveis ao longo de poucos anos (cinco anos a menos de um século – casos de evolução observável). Os autores citam, por exemplo, o caso de um inseto (*Jadera haematoloma*) que se alimenta perfurando a vagem de uma planta para sugar o conteúdo das sementes. Em duas áreas distintas, em virtude de introduções de espécies alóctones, passaram a predominar plantas com vagens grandes, na área A, e plantas com vagens pequenas na área B. Ao longo de 50 anos, as populações da mesma espécie do inseto desenvolveram bicos mais longos e mais curtos nas áreas A e B, respectivamente. Sobre esse fenômeno, os autores afirmam (grifo do autor, tradução livre):

[...] mudanças evolutivas podem ser muito rápidas porque as populações em ambientes alterados, especialmente aqueles alterados pelas atividades humanas, podem sofrer seleção natural e porque contêm variabilidade genética em muitas características – um ingrediente necessário da evolução. (FUTUYAMA; KIRKPATRICK, 2017, p. 59).

Em resumo, as populações do inseto citado acima, sofreram modificação – evolução em uma abordagem estrita – devido ao fato de que o pool gênico da espécie possuía variabilidade suficiente para expressar mais de um fenótipo, tendo sido selecionados em cada região os fenótipos adequados para responder às condições vigentes em cada área, e não porque as populações do inseto modificaram-se além da capacidade natural de sua linhagem para obter uma solução que respondessem às modificações ambientais enfrentadas.

Em alguns trechos da obra, os autores expressam adaptação como uma espécie de entidade teórica (não definida por eles na obra) que sintetiza, explica e define o processo

evolutivo. O trecho a seguir, parte dele marcado para oferecer destaque, expressa essa percepção aparente dos autores.

*Segundo a teoria evolucionista, **as diferentes formas de adaptação** levaram à diversificação da vida e ao surgimento da grande variedade de espécies biológicas hoje existentes, cada uma **adaptada** a um modo de vida particular (v1., p. 23).*

Embora os autores, provavelmente, não tenham a pretensão de conduzir os estudantes a percepção da ideia de direção da evolução, o discurso estabelecido pode facilmente leva-los a pensar que as espécies podem prever problemas, buscar caminhos, modificar-se para alcançar determinados objetivos, nichos, ambientes. Além do fato de que algumas abordagens teóricas conduzem a um foco na adaptação como centro do processo evolutivo, a linguagem utilizada é exageradamente permeada pelo termo adaptação (185 aparições, como destacado anteriormente), sendo utilizada para exprimir todos os tipos de relações entre organismos e seus meios, para exprimir funções de estruturas dos organismos, e eventos evolutivos:

*Há frutos **adaptados** para aderir aos pelos ou às penas de animais, que cumprem o papel de disseminá-los. Outros, como o coco-da-baía, são **adaptados** à dispersão pela água: o mesocarpo fibroso do coco retém ar, possibilitando a flutuação (v2., p. 91).*

*Há apenas uma exceção: o filo dos equinodermos [...] cujos representantes têm simetria bilateral na fase larval e simetria radial na fase adulta. A simetria radial desses animais é considerada pelos biólogos um caráter secundário, resultante da **adaptação** a um modo de vida sésil ou com pequena movimentação (v2., p. 130).*

*Nos insetos, artrópodes **adaptados** à vida em terra firme, as trocas gasosas com o ambiente são realizadas por um sistema de tubos com reforços espiralados nas paredes, as traqueias (v2., p. 135).*

*Os nematódeos causam diversas doenças em plantas e animais. Geralmente eles não levam à morte do hospedeiro, o que pode ser interpretado como **uma grande adaptação** à vida parasitária (v2., p. 160).*

*A cabeça é bem desenvolvida em gastrópodes (caramujos e caracóis) e em cefalópodes (lulas e polvos), mas é reduzida ou praticamente inexistente nos bivalves (mexilhões e ostras). O grau de desenvolvimento da cabeça está relacionado com as **adaptações** de gastrópodes e cefalópodes para a busca*

*ativa do alimento, tarefa para a qual a cabeça é importante, por concentrar órgãos sensoriais (v2., p. 162).*

*O abdome do gafanhoto [...] Os últimos metâmeros são **adaptados** a funções reprodutivas, constituindo as genitálias de machos e fêmeas; nestas pode haver um ovopositor, estrutura especialmente **adaptada** à postura dos ovos. (v2., p. 172).*

O volume 2 da obra trata da diversidade de linhagens produzidas no planeta e da anatomia e fisiologia humanas. O termo adaptação é citado 56 vezes. No capítulo 1, introdutório (Sistemática e classificação biológica), os autores mostram sua visão de evolução influenciada pela ideia de adaptação que interfere a ponto que, mesmo a leitura sobre o que reza a Cladística acerca de sinapomorfia seja revestida do conceito de evolução baseado em adaptação:

*A proposta básica da cladística é que, se surgiu uma "novidade evolutiva" e ela passou no teste da adaptação, fixando-se em uma espécie, todas as espécies que dela surgirem no curso da evolução herdarão e compartilharão a nova característica. Essa característica, compartilhada por dois ou mais táxons e por seu ancestral comum mais recente, é denominada sinapomorfia pelos biólogos cladistas. (v.1, p. 17).*

A abordagem dos autores é tão influenciada pelo seu próprio conceito de adaptação que ele permeia todas as suas leituras através da obra, introduzindo-o mesmo em conceituações nas quais ele não é necessário à compreensão ou em conceituações nas quais ele não deveria fazer parte. No trecho acima, os autores associam seleção positiva – que define a sobrevivência das linhagens que estão aptas a responder às condições ambientais vigentes e superar as demais linhagens concorrentes na competição pelos nichos disponíveis – com adaptação. O termo funciona através da obra como conceito-resumo do processo evolutivo. No trecho acima, em última análise, o conceito de sinapomorfia, proposto pela Sistemática Filogenética, pode ser interpretado e ensinado aos estudantes como sendo dependente da adaptação.

Por fim, uma frase é emblemática para expressar essa associação entre vida, evolução e adaptação, na visão dos autores:

*Podemos imaginar a história da vida na Terra, desde sua origem até hoje, **como uma árdua batalha pela adaptação** (v.2, p. 127).*

As falhas de abordagem do tema Evolução amostradas acima estão vinculadas ao tratamento de conceitos fundamentais à compreensão do processo evolutivo, tais como seleção natural e adaptação, que se assimilados de maneira errônea, tendem a provocar um aprendizado inadequado do tema ainda em suas fases introdutórias de estudo. Acerca de problemas conceituais envolvendo o conteúdo de Evolução semelhantes a estes, Carneiro e Rosa (2003, p. 3) trazem as seguintes considerações:

Entendemos que as representações a respeito do tema Evolução Biológica não devam estar isoladas do contexto sócio-histórico-cultural de sua origem e uso. Acreditamos que relacionar tais concepções, com conceitos ligados à Evolução Biológica pode resultar em uma interessante e esclarecedora ferramenta de ensino. Mas para isso, é necessário definir os conceitos científicos, contrapondo as concepções cotidianas com as científicas. É necessário também ter muito cuidado ao utilizar termos imperativos no seu ensino, como adaptação, ou mesmo Evolução, pois caso não haja uma compreensão mais profunda e clara dos conceitos evolutivos, pode se estar favorecendo a formação de ideias distorcidas, que tendem a ficar enraizadas e permanentes. (CARNEIRO; ROSA, 2003, p. 3).

#### 4.2.2 ENFOQUE SOBRE A LEITURA DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA

No primeiro capítulo do volume 2 – *Sistemática e classificação biológica*, os autores argumentam que, hegemonicamente, os estudos atuais de organização sistemática e classificação de grupos de seres vivos são fundamentados nas relações de parentesco evolutivo entre esses seres. Em seguida, explica-se que esses estudos são atualmente conduzidos pela Cladística, conceituada pelos autores como um método de classificação – a Cladística, na verdade, é um método de reconstrução filogenética (AMORIM, 1994, 2002) – que se baseia nos princípios de ancestralidade comum e de compartilhamento de caracteres derivados exclusivos que atestam essa ancestralidade entre diferentes grupos de seres vivos. Os autores também tratam os conceitos de ‘clado’, ‘sinapomorfia’, ‘grupo monofilético’, ‘grupo polifilético’ e ‘cladograma’, bem como suas aplicações no contexto de estudo de classificação e compreensão das relações de parentesco entre os seres vivos, como demonstrado no exemplo abaixo:

*No começo dos anos 1950, o entomologista alemão Willi Hennig (1913-1976) desenvolveu um método de classificação das espécies baseado exclusivamente na ancestralidade evolutiva. [...] Em lugar das categorias tradicionais, os sistematas cladistas propõem o uso do termo clado, ou clade, para designar um grupo de espécies constituído por uma espécie ancestral e todos os seus descendentes* (v.2, p. 17).

*A proposta básica da cladística é que, se surgiu uma "novidade evolutiva", [...] todas as espécies que dela surgirem no curso da evolução herdarão e compartilharão a nova característica. Essa característica [...] é denominada sinapomorfia pelos biólogos cladistas (v. 2, p. 17).*

*De acordo com a cladística, devem ser incluídas no mesmo grupo taxonômico apenas as espécies que compartilham um ancestral comum e exclusivo. Esses grupos são denominados monofiléticos. [...] (v. 2, p. 18).*

*Para os cladistas, muitos grupos da classificação tradicional devem ser revistos, pois não atendem ao critério de possuir um ancestral comum exclusivo. Quando um grupo taxonômico reúne espécies com diferentes ancestralidades, diz-se que ele é polifilético (v. 2, p. 18).*

Ali, no entanto, não há a conceituação de “grupo artificial” e “grupo parafilético”, tampouco menciona-se como se dá a aplicação desses conceitos em cladística ou na proposição de classificações (ver análise do Enfoque conceitual da Evolução). A única menção desses termos é feita em uma questão de vestibular que está presente nos exercícios do capítulo 4, página 84 do volume 2 da obra (Figura 3). Não são explanados seus significados nem aplicação nos métodos atuais de classificação biológica, e a presença desses conceitos na obra é desconexa da contextualização teórica sobre a Cladística.

**Figura 3** – Exemplo de questão de vestibular cedido no capítulo 4 do volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).

3. (Unesp) Um estudante de Biologia anotou em uma tabela algumas características de quatro espécies vegetais:

Característica	Espécie			
	1	2	3	4
Possui vasos condutores de seiva?	sim	não	sim	sim
Embrião fica retido no gametângio?	sim	sim	sim	sim
Forma flores e frutos?	não	não	sim	não
Forma sementes?	sim	não	sim	não

A partir desses dados, pode-se dizer que, na árvore filogenética que reconstitui a história evolutiva dessas espécies,

- as espécies 1 e 2 compartilham entre si um maior número de ancestrais comuns que aqueles compartilhados pelas espécies 1 e 3.
- a espécie 4 tem uma origem evolutiva mais recente que a espécie 3.
- a espécie 1 é mais aparentada à espécie 2 que à espécie 3.
- as espécies 1, 2 e 3 formam um grupo natural, ou monofilético.
- as espécies 2, 3 e 4 formam um grupo artificial, ou parafilético.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quando apresentando a diversidade de alguns grupos ou se referindo à evolução de determinados órgãos, a abordagem é incoerente e desconexa do padrão hegemônico de estabelecimento de classificação dos seres vivos na atualidade, qual seja, de que as classificações devem refletir o mais fidedignamente possível o que se conhece sobre relações de parentesco entre os grupos envolvidos (AMORIM, 1994; 2002).

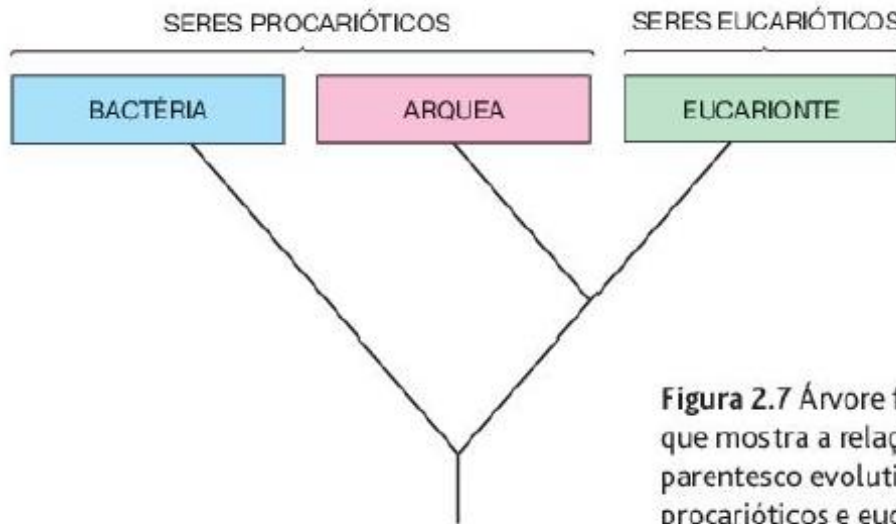
Tomam-se aqui, como exemplos, as discussões envolvendo inferências de relações de parentesco entre grupos e a forma como as classificações de grupos são apresentadas (aqui denominada ‘Leitura da diversidade biológica’), assim como o uso do termo ‘novidade evolutiva’ (nestas situações, significando sinapomorfia) nos trechos apresentados à frente.

No texto e figura reproduzidos à frente (Figura 4), destaca-se um primeiro indício da desconexão citada acima entre relação de parentesco e classificação. Afora um deslize quanto à diversidade interna dos Eukarya, o texto informa com muita propriedade a história evolutiva das três grandes linhagens de organismos do planeta:

*Os estudos mostram que as arqueas são evolutivamente mais próximas aos organismos eucarióticos do que às bactérias. Isso é interpretado da seguinte maneira: nos primórdios da vida na Terra, um grupo de organismos unicelulares primitivos separou-se em duas linhagens, uma das quais deu*

*origem às bactérias atuais, enquanto a outra se diversificou em duas, originando arqueas e seres eucarióticos; nestes últimos, a maioria das linhagens originou seres multicelulares.* (Fig. 2. 7)(v.2, p. 35)

**Figura 4** – Cladograma dos três Domínios de seres vivos cedido no volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).



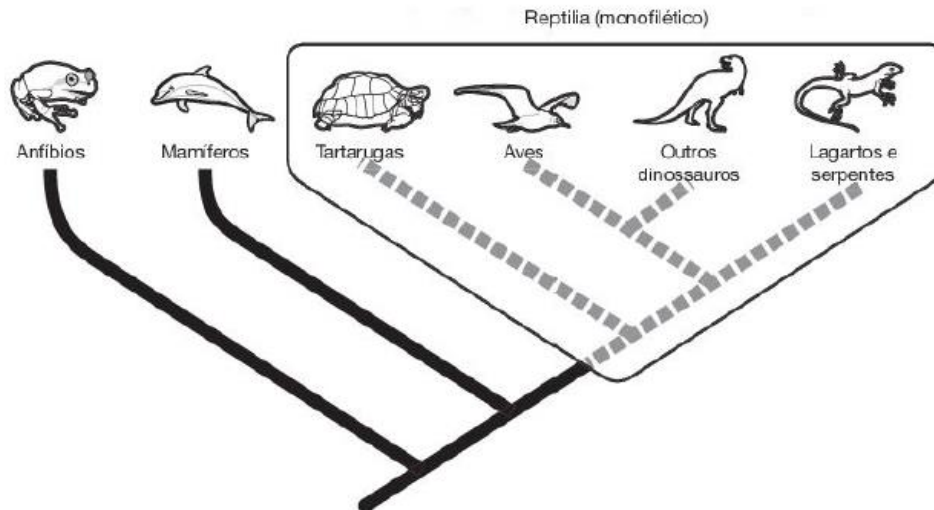
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quando, no entanto, se analisa o informações associada ao cladograma cedido na figura 4, conseqüente ao texto destacado, é possível perceber a desconexão entre texto e figura – embora informem que *Archaea* e *Eukarya* formam um grupo monofilético (não utilizam o termo), a figura destaca no topo do cladograma dois agrupamentos que se podem depreender a partir da ilustração: ‘seres procarióticos’ e ‘seres eucarióticos’. Essa abordagem, destituída de uma explicação adequada, induz o estudante a conceber uma proposição parafilética, de que *Bacteria* e *Archaea* formam um grupo natural.

O texto inclui uma informação equivocada sobre a diversidade dos *Eukarya*: a de que “a maioria das linhagens originou seres multicelulares”. Dependendo do nível de generalidade a ser abordado acerca de eucariotos, pode-se falar de cinco supergrupos e, dentro destes, até cerca 60 linhagens. De todas elas, apenas três são multicelulares: Fungos, Plantas e Animais.

A seguir, a Figura 5, com a qual os autores representam a classificação dos Tetrapoda – vertebrados portadores de membros quiridianos, predominantes no meio terrestre (ROMER; PARSONS, 1985; HILDEBRAND; GOSLOW, 2006; POUGH *et al.*, 2008; KARDONG, 2016), na ótica da Cladística.

**Figura 5** – Cladograma que expõe hipótese de interrelações dos tetrápodes cedido no volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).



**Figura 1.9** Hipótese cladística que reúne aves e répteis em um mesmo táxon, o qual também inclui os dinossauros e outros répteis já extintos. O táxon Reptilia é monofilético e equivalente aos táxons Amphibia (anfibios) e Mammalia (mamíferos). Segundo os cladistas, grupos monofiléticos têm valor taxonômico mais relevante que grupos polifiléticos porque refletem mais fielmente a evolução da vida. A análise do cladograma permite concluir qual grupo de répteis é o mais antigo? Por quê?

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O termo Répteis, na acepção da figura, refere-se ao táxon Reptillia, que inclui os Chelonia, os Dinosauria [inclui Aves] e os Squamata [Lagartos e Serpentes]; os autores omitem os Crocodylia e Rhyncocephalia, também parte do clado. Tradicionalmente, os répteis são referidos como o conjunto acima, excluindo a linhagem das aves. Atualmente, o táxon Aves é considerado como remanescente dos Dinosauria, portanto, definidas como pertencente aos répteis (Reptillia) (POUGH *et al.*, 2008; KARDONG, 2016). Nessa abordagem, os mamíferos não estão entre os répteis (Reptillia, como grupo monofilético), mas numa linha à parte, irmã dos Reptillia, como se pode ver no cladograma constante da obra.

Em trechos do terceiro volume da obra, no entanto, quando os autores descrevem a história evolutiva dos Amniota, tratam os Therapsida como ‘répteis’, mesmo tendo cedido no texto a definição do que seja um grupo monofilético, mesmo afirmando que os répteis, como grupo monofilético (como está destacado na figura), excluem os mamíferos. A abordagem dos autores desconsidera a linguagem e os preceitos da escola de pensamento que afirmam ser hegemônica na atualidade, e usam a linguagem da taxonomia tradicional, que confunde ‘répteis’ com ‘amniotos’, numa visão gradista (AMORIM, 1994; 2002), já obsoleta. Veja-se a seguir:

[...] Em meados do Permiano, surgiu um grupo de répteis (ordem

*Therapsida) que se diversificou e se expandiu, substituindo os pelicossauros como o grupo dominante em terra firme. Embora boa parte dos terapsidas tenha sido aniquilada na extinção ocorrida entre o Permiano e o Triássico, o grupo persistiu até o início do período Cretáceo, quando se extinguiu quase totalmente. Uma linhagem sobrevivente de terapsidas deu origem aos mamíferos (v. 3, p. 149).*

*[...] Como já foi mencionado, acredita-se que os mamíferos surgiram por volta de 220 Ma, a partir de um grupo de répteis terapsidas (v. 3, p. 151).*

*[...] A presença dos anexos embrionários nos mamíferos placentários pode ser explicada como um "resquício" evolutivo do grupo: os mamíferos evoluíram a partir de um grupo antigo de répteis. Mesmo com a evolução da placenta, os anexos embrionários persistiram como uma herança de nossa ancestralidade reptiliana (v. 1, p. 195).*

No mesmo volume da obra, quando descrevem a evolução de um caráter-chave – o ovo amniótico dos Amniota, os autores o descrevem como característico dos ‘répteis’, e citam sua presença em aves e mamíferos como a razão pela qual os sistematas reúnem aves, mamíferos e ‘répteis’, dando uma roupagem de grupo polifilético aos Reptillia.

*A principal novidade evolutiva que permitiu aos répteis conquistar totalmente o ambiente de terra firme foi o ovo amniótico. Trata-se de um ovo protegido por uma casca membranosa ou calcária, no interior do qual o embrião forma estruturas extraembrionárias (saco vitelínico, âmnio e alantóide), que lhe permitem sobreviver fora da água. As estruturas extraembrionárias características do ovo amniótico também ocorrem em aves e mamíferos, o que levou os sistematas a reunir esses animais e os répteis no grupo Amniota (que têm âmnio - uma bolsa cheia de líquido que envolve o embrião e o protege da dessecação e de eventuais choques mecânicos) (v.2, p. 189).*

A conquista não foi dos ‘répteis’, foi dos amniotos. Com a descrição que fazem, instruem mal seus estudantes quando lhes oferecem informações conflitantes, dificultam a aquisição dos conceitos como sinapomorfia e grupos monofiléticos. Essa abordagem, por um lado, introduz uma incongruência na instrução, uma vez que não associa os conceitos ensinados com a utilização que deveriam fazer deles quando da descrição de órgãos homólogos e de táxons; por outro, dá à obra a condição de desatualizada, e tira dos estudantes a oportunidade de compreensão facilitada das formas vida à sua volta, quando deixam de “fornecer subsídios para uma compreensão geral da diversidade biológica, da evolução dos táxons e da modificação de caracteres” (AMORIM, 1994, p. x), visto que sonegam

informações facilitadoras e criam conflitos na linguagem, que tornam-se empecilhos para a compreensão.

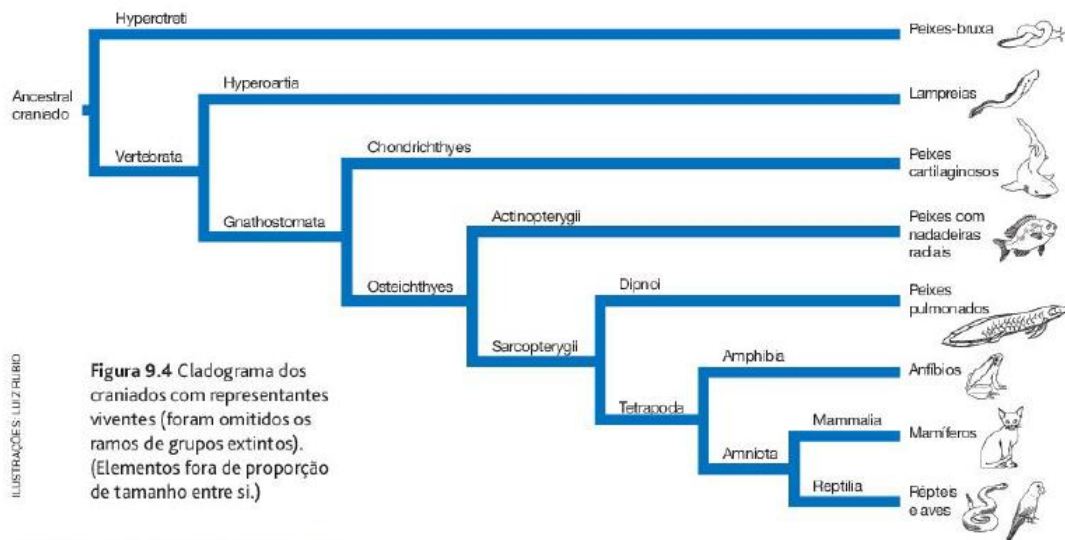
Entre os trechos em que discorrem sobre os Craniados e, em particular, sobre a origem dos Tetrapoda, a análise de dois deles refletem claramente a desconexão entre conceitos atualizados da teoria evolutiva e a abordagem da diversidade biológica utilizada na obra, citada acima: a página 147 do volume 3 e página 183 do volume 2; nessa última, incluem um cladograma (Figura 6) do grupo (grifos do autor):

*Os peixes ósseos dotados de mandíbulas dividiam-se em dois grupos principais: um com nadadeiras reforçadas por raios cartilagosos (nadadeiras radiais); e outro com nadadeiras carnosas e dotadas de estrutura óssea de sustentação (nadadeiras lobadas). Os peixes com nadadeiras radiais tiveram grande sucesso evolutivo, e a maioria dos peixes ósseos atuais, os chamados actinopterygios, descende deles.*

*Peixes com nadadeiras lobadas, denominados sarcopterígios, originaram os animais com 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. Um único representante dos sarcopterígios, o celacanto, sobreviveu até os dias de hoje [...]. (v. 3, p. 147).*

*Acredita-se que os ancestrais dos sarcopterígios tenham originado os peixes pulmonados atuais e os vertebrados dotados de quatro membros (pernas e braços), os tetrápodes. (v. 2, p. 183).*

**Figura 6** – Ilustração de representação das relações de parentesco entre os craniados apresentada no volume 2 da obra de Amabis e Martho (2016b).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os dois trechos são uma miscelânea de informações que tentam instruir os estudantes quanto à diversidade dos craniados, suas relações de parentesco, e quanto ao fato de que craniados terrestres (tetrápodes) descendem daqueles aquáticos (pisciformes). Os trechos, no entanto, incluem várias e marcantes incoerências, seja com relação à leitura da diversidade, seja com relação a traços morfológicos utilizados para definir os grupos envolvidos.

O primeiro trecho destacado acima inicia-se com a frase ‘Os peixes ósseos dotados de mandíbulas dividiu-se (*sic*) em dois grupos principais’. Todos os peixes ósseos são dotados de maxilas (‘mandíbulas’), como se pode depreender do cladograma, uma vez que são parte dos Gnathostomata; as maxilas são um advento anterior à origem dos peixes ósseos. O texto também informa que os Osteichthyes são constituídos por dois táxons descendentes: os Actinopterygii e os Sarcopterygii. O primeiro deles é definido como possuindo nadadeiras reforçadas por raios cartilagosos, o segundo por estrutura óssea de sustentação. Como o próprio nome do grupo indica, toda a estrutura esquelética das duas linhagens de Osteichthyes é óssea – não é aí que diferem os dois grupos. Ambos têm as nadadeiras estruturadas por elementos ósseos distais dérmicos, denominados lepidotríquios, e por elementos ósseos proximais endocondrais, denominados radiais. O ordenamento desses radiais é um dos caracteres que diferem e definem os dois grupos: ordenamento radial no primeiro e axial, no segundo (POUGH *et al.*, 2008).

Quando se referem à diversidade e relações de parentesco entre os grupos de craniados, embora o cladograma informe que Sarcopterygii é um grupo formado por craniados pisciformes e craniados tetrapodiformes, o texto trata os ‘sarcopterígiios’ apenas como “peixes com nadadeiras lobadas” (uma proposição parafilética), do qual se originaram os Tetrapoda (informação, em parte, coerente, mas imprecisa, no contexto do uso parafilético de Sarcopterygii). Essa abordagem textual é conflitante com a informação cedida no cladograma, presente no volume anterior, que informa a totalidade dos Sarcopterygii (uma proposição monofilética).

Por fim, referindo-se aos ‘peixes com nadadeira lobada’, no texto da página 146 do volume 3, os autores afirmam ser o Celacanto “o único representante dos sarcopterígiios [...] que sobreviveu até hoje”. No cladograma, por outro lado, informa os Dipnoi como parte dos Sarcopterygii e grupo irmão dos Tetrapoda; no texto associado ao cladograma, na página 183, afirma: “Acredita-se que os ancestrais (*sic*) dos sarcopterígiios tenham originado os peixes pulmonados atuais e os [...] tetrápodes”. Com as informações acima, além de descrever equivocadamente a diversidade atual dos Sarcopterygii, desconsideram os conceitos da

Cladística que ensinaram aos estudantes. O ancestral dos Sarcopterygii (‘os ancestrais’ – a obra ensina que há um só ancestral para cada linhagem) originou todos os componentes dessa rica linhagem a partir das numerosas cladogênese somadas a uma imensidade dos processos anagenéticos que deram origem à extensa diversidade produzida por esses craniados. Inicialmente composta por uma abundante fauna de sarcopterígeos de meio aquático, o grupo é hoje restrito, no meio aquático, aos peixes pulmonados e celacantos recentes; no meio terrestre, no entanto, a linhagem deu origem aos numerosos tetrápodes, parte deles retornados ao meio aquático.

Um aspecto que evidencia um pouco mais essa desconexão entre relações de parentesco e classificação/descrição da diversidade é o fato que a obra trata a Sistemática e a Classificação no Volume 2, e a Evolução, no Volume 3, desconectando assuntos intimamente relacionados. No Volume 2, discorre sobre os preceitos da sistemática, que geram as classificações, e descreve a diversidade de organismos do planeta; no Volume 3, trata do desenvolvimento da Teoria Evolutiva, esclarece seus preceitos e discorre sobre a história evolutiva das linhagens de organismos que tratou no Volume 2, distanciando em duas vertentes o que, na verdade, se deu em conjunto e ao mesmo tempo. No Quadro 2 se pode observar que os termos monofilético, polifilético, clado, grupo basal e Cladística, estão citados *apenas no volume 2*, reflexo dessa desconexão.

Puderam ser identificados novamente nesse Enfoque aplicações errôneas de termos envolvidos com a teoria evolutiva os quais, como anteriormente destacados, podem causar problemas graves e persistentes ao processo de aprendizagem de evolução pelos estudantes (CARNEIRO; ROSA, 2003). Falhas de transmissão de informações através de figuras, como observado nas imagens destacadas acima (Figuras 4, 5 e 6), são também alertadas como potenciais empecilhos a uma compreensão correta de determinados conteúdos escolares, causando também efeitos semelhantes aos de aplicação errônea de conceitos (BADZINSKI; HERMEL, 2015).

#### 4.2.3 ENFOQUE SOCIAL DA EVOLUÇÃO

Os termos-chave Darwin (ou Darwinismo), Teoria evolucionista (ou evolucionismo), Lamarckismo e Criacionismo destacam-se como os mais frequentes em número de registros: 81, 54, 32 e 32, respectivamente, na categoria Aspectos Históricos das Ideias Evolutivas; a grande maioria desses registros foi detectada no volume 3 (Quadro 2). Os termos-chave mencionados estão presentes, com maior frequência, na contextualização histórica acerca do

desenvolvimento do pensamento evolutivo, no capítulo 5.

*Até o início da primeira metade do século XIX, a maioria dos naturalistas europeus adotava o fixismo das espécies [...]. A maior parte dos naturalistas, inclusive Lineu, também aceitava o criacionismo, doutrina que atribui o surgimento das espécies biológicas a um ato divino de criação, como o descrito na Bíblia [...]. No decorrer do século XIX foram publicadas as primeiras obras que defendiam a possibilidade de os seres vivos se modificarem ao longo do tempo, com espécies originando outras. Estabeleceram-se, assim, as bases da teoria evolucionista, também conhecida por evolucionismo (v. 3, p. 103).*

Ao longo desse mesmo capítulo, é apresentada a história do desenvolvimento do pensamento evolucionista, em substituição ao Fixismo e Criacionismo, no âmbito da ciência. Em sua explanação, os autores citam a maior parte dos principais nomes dessa história, como Lamarck, Darwin, Malthus, Wallace e Dobzhansky. Como destacado no item anterior, e talvez não por acaso, Hennig não é citado. Como um reflexo dessa posição dos autores, foi registrado o termo Cladística (26 aparições) apenas no Volume 2, quando os autores informam sobre Sistemática e Classificação Biológica.

A aparente inclinação dos termos-chave da categoria Aspectos Históricos das Ideias Evolutivas à contextualização histórica citada acima sugere o interesse, presente na obra, em apresentar como se deu o processo de construção dos conhecimentos científicos da teoria da Evolução (embora omita quase completamente os avanços das últimas décadas, associados à Cladística). A divulgação desses conhecimentos tem alta relevância no contexto da educação em ciências, uma vez que a compreensão de como ocorre esse processo se caracteriza como uma das competências a serem obtidas com a alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Dentro da categoria Aspectos Sociais Envolvendo a Teoria da Evolução, ‘Raça’ é o componente de registro com maior frequência de aparições – 58 registros, que se concentram, em sua maioria, na sessão *Ciência e cidadania*, do capítulo 7 – *Evolução humana*, do volume 3 da obra. No trecho supracitado, é transcrito parte de um artigo que apresenta, sob os fundamentos da evolução humana, evidências da impossibilidade de separação de populações humanas em raças, fomentando discussões pró-valorização da diversidade e contra o racismo e demais tipos de preconceitos:

*O fato assim cientificamente comprovado da inexistência das 'raças' deve ser absorvido pela sociedade e incorporado às suas convicções e atitudes morais. Uma postura coerente e desejável seria a construção de uma*

*sociedade desracializada, na qual a singularidade do indivíduo seja valorizada e celebrada* (v. 3, p. 184).

Tal aspecto caracteriza-se como um ponto positivo da obra por não apenas correlacionar o conteúdo de Evolução com o cotidiano, mas também por contribuir com o desenvolvimento dos Temas Contemporâneos Transversais (TCT) *Diversidade Cultural e Educação para a valorização do multiculturalismo nas matrizes históricas e culturais Brasileiras*, estabelecidos pela atual BNCC (BRASIL, 2018; BRASIL, 2019), e utilizar fundamentos da evolução para argumentar relações sociais sadias.

## 5 CONCLUSÃO

A obra *Biologia Moderna* ocupa-se de fazer jus ao seu título e oferecer aos estudantes uma ampla gama de informações sobre uma ampla variedade de assuntos afeitos à biologia, numa abordagem focada na modernidade, provendo informações sobre a genética e seus avanços, sua importância para os humanos, biotecnologia, ecologia, geologia, bioquímica, citologia e fisiologia. Nesse contexto, descreve a ciência biológica, a organização e a diversidade da vida no planeta Terra, sua origem e interrelações. Como arcabouço teórico da descrição da vida utiliza-se da evolução, que permeia a maior parte da obra e procura despertar os estudantes para o papel central da evolução na compreensão da vida, no desenvolvimento da biologia, e mesmo nas relações sociais humanas. No entanto, ao mesmo tempo que a teoria evolutiva permeia a obra, visões equivocadas e desatualização em relação aos avanços do conhecimento relativos a essa teoria a permeiam igualmente, prejudicando sobremaneira o ensino da evolução, a compreensão da diversidade biológica do planeta, assim como dos processos que estabeleceram essa diversidade.

Da forma como está apresentada, a obra reduz a sua contribuição, reduz a sua qualidade, prejudica seu objetivo. Vários aspectos da obra levantados nesse estudo demandam revisão. A Cladística é a escola hegemônica da ciência moderna na reconstrução de relações de parentesco entre as linhagens de organismos do passado e do presente do nosso planeta, assim como de sua classificação – a leitura da diversidade orgânica. Certamente, uma leitura crítica da obra pode ser efetuada pelos autores e a incorporação à sua obra de informações atualizadas sobre a teoria evolutiva, em especial, a cladística, ampliará a importante contribuição que a obra *Biologia Moderna* tem oferecido ao ensino da biologia no Brasil.

A detecção de falhas consideráveis sobre o ensino de evolução em uma obra influente do ensino de biologia no Brasil, como é o caso de *Biologia Moderna*, de Amabis e Martho, sugere que trabalhos de análise de materiais didáticos semelhantes devam ser procedidos de forma a se obter um panorama da qualidade do ensino de evolução no país.

## REFERÊNCIAS

- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. v. 1. São Paulo: Moderna, 2016a.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. v. 2. São Paulo: Moderna, 2016b.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 2016c.
- AMORIM, D. S. **Elementos básicos de Sistemática Filogenética**. 1. ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Entomologia, 1994.
- AMORIM, D. S. **Fundamentos de Sistemática Filogenética**. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- BADZINSK, C.; HERMEL, E. E. S. A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. **Revista Ensaio**, v. 17, n. 2, p. 434-454, 2015.
- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BRASIL. Ministério da Educação. Decreto 9.099, de 18 de julho de 2017. **Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático**. Brasília, 18 jul. 2017a.
- BRASIL. Ministério da Educação. Decreto 91.542 de 19 de agosto de 1985. **Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências**. Brasília, 19 de ago. 1985.
- BRASIL. Ministério da Educação. Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília, 20 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, MEC/SEB, 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, MEC/SEB, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PNLD 2018: biologia - guia de livros didáticos - ensino médio**. Brasília: MEC/SEB, 2017b.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Temas Contemporâneos Transversais na BNCC: Contexto Histórico e Pressupostos Pedagógicos**. Brasília: MEC/SEB, 2019.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Qualitative research for education: an introduction to theories and methods**. 5. ed. Boston: Pearson Allyn & Bacon, Inc., 2007.

BORNHEIM, G. A. **Os filósofos pré-socráticos**. São Paulo: Cultrix, 1967.

CARNEIRO, A. P. M.; ROSA, V. L. “Três aspectos da evolução”: Concepções sobre Evolução Biológica em textos produzidos por professores a partir de um artigo de Stephen Jay Gould. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 4., 2003, Bauru. **Anais [...]** Bauru: ABRAPEC. 2003. p. 1-10.

CAVALCANTI, T. F. S.; SILVA, A. Os processos e critérios de escolha de livros didáticos de português: o que dizem os professores? *In: SOUZA, F. M.; ARANHA, S. D. G. (Orgs). Interculturalidade, linguagens e formação de professores*. Campina Grande: EDUEPB, 2016, p. 67-102.

CHAVES, E. J. F. **Livros didáticos de biologia do ensino médio: avaliação dos conteúdos de biotecnologia e engenharia genética**. 2014. 103 F. Monografia (Graduação) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2014.

CICILLINI, G. A. **A evolução enquanto um componente metodológico para o ensino de biologia no 2º grau: análise da concepção de evolução em livros didáticos**. 1991. 246 F. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.

CICILLINI, G. A. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do ensino médio: a teoria da evolução como exemplo**. 1997. 298 F. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1997.

DALAPICOLLA, J.; SILVA, V. A.; GARCIA, J. F. M. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, p. 150-172, 2015.

DARWIN, C. **A origem das espécies**. São Paulo: Edipro, 2018

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of Evolution. **The American Biology Teacher**, v. 35, n. 3, p. 125-129, 1973.

DIEGUES, C. S. **Evolução biológica no ensino médio: quais conteúdos estão sendo abordados pelos professores de biologia?** 2012. 51 F. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2012.

DUARTE, A. J. C. Evolução Biológica. *In: GUERRA, R. A. T. (Org.). Cadernos CB virtual* 6. João Pessoa: Editora Universitária, 2010. p. 04-80.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. 3. ed. Brasília: Liber Livro, 2008.

FUTUYMA, D. J.; KIRKPATRICK, M. **Evolution**. 4. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., 2017.

GOULD, S. J. Evolution as a fact and theory. May 1981. *In: Hen's teeth and horse's toes.* New York: W. W. Norton & Company, 1994. p. 253-262

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HILDEBRAND, M. GOSLOW, G. **Análise da estrutura dos Vertebrados.** 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.

KARDONG, K. V. **Vertebrados: Anatomia Comparada, Função, Evolução.** 7. ed. São Paulo: Roca, 2016.

LEÃO, F. B. F.; MEGID-NETO, J. Avaliações oficiais sobre o livro didático de Ciências. *In: FRACA-LANZA, H.; MEGID-NETO, J. (Orgs.). O livro didático de Ciências no Brasil.* 1. ed. Campinas: Komedi, 2006. p. 35-79.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2018.

MARCONATTO, A. L. **Empédocles de Agrigento (484 - 421 a.C.).** Disponível em: [http://www.filosofia.com.br/historia\\_show.php?id=17](http://www.filosofia.com.br/historia_show.php?id=17). Acesso em: 29 set. 2019.

MARTINS, L. A. C. P.; BAPTISTA, A. M. H. Lamarck, evolução orgânica e tempo: algumas considerações. **Filosofia e História da Biologia**, v. 2, n. 17, p. 279-296, 2007.

MARTINS, L. A. C. P. **Nos tempos de Lamarck: o que ele realmente pensava sobre evolução orgânica.** Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.ghtc.usp.br/server/PDF/lacpm-Tempos-de-Lamarck.PDF>. Acesso em: 28 set. 2019.

MAYR, 1982. **The growth of biological thought.** 11. ed. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NUNES-MACEDO, M. S. A; MORTIMER, E. F; GREEN, J. L. A constituição das interações em sala de aula e o uso do livro didático: análise de uma prática de letramento no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Educação**, n.25, p.18-29, 2004.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HERSEY, J. B. **A vida dos Vertebrados.** 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

QUEIROZ, K. Systematics and the darwinian revolution. **Philosophy of Science**, v. 55, n. 2, p. 238-59, 1988.

RIBEIRO JÚNIOR, W. A. **Anaximandro de Mileto.** Disponível em: <http://greciantiga.org/arquivo.asp?num=0795>. Acesso em: 27 set. 2019.

RIDLEY, M. **Evolução.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. **Anatomia comparada dos Vertebrados.** São Paulo: Atheneu, 1985.

ROSA, M. D. A.; MOHR, M. Os fungos na escola: Análise dos conteúdos de micologia em livros didáticos do ensino fundamental de Florianópolis. **Experiência em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 95-102, 2010.

SANTOS, B. C. P.; MICHELOTTI, D. V. P.; SILVEIRA, L. R.; VARGAS, R. S.; MARTINI, V. V. **Importância do livro didático**: eficiência e/ou eficiência deste instrumento no processo de ensino-aprendizagem. 2018. Disponível em: <http://importanciadolivrodidatico.blogspot.com.br/>. Acesso em: 30 set. 2019.

SANTOS, C. M. D. Os dinossauros de Hennig: sobre a importância do monofiletismo para a sistemática biológica. **Scientiæ Studia**, v. 6, n. 2, p. 179-200, 2008.

SANTOS, F. R.; DIAS, C. A. **Fascículo**: evolução. Belo Horizonte: CAED-UFMG, 2013.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

ZAMBERLAN, E. S. J.; SILVA, M. R. O evolucionismo como princípio organizador da biologia. **Temas & Matizes**, n. 15, p. 27-41, 2009.

ANEXO A – SUMÁRIO DO VOLUME 1 DA OBRA BIOLOGIA MODERNA, DE JOSÉ MARIANO AMABIS E GILBERTO RODRIGUES MARTHO (2016a)

 **Sumário**

<b>MÓDULO 1   A NATUREZA DA VIDA</b> .....	<b>10</b>	<b>3.1 Componentes da matéria viva</b> .....	<b>45</b>
<b>Capítulo 1   Biologia: ciência e vida</b> .....	<b>12</b>	<b>3.2 Água e sais minerais</b> .....	<b>47</b>
Humanidade e ciência .....	12	Importância da água para a vida, 47	
A importância do assunto .....	13	A água como solvente, 47	
<b>1.1 Fundamentos do pensamento científico e surgimento da Biologia</b> .....	<b>13</b>	A água nas reações químicas dos seres vivos, 47	
<b>1.2 Procedimentos em ciência</b> .....	<b>14</b>	A água como moderador de temperatura, 48	
O procedimento hipotético-dedutivo da ciência, 14		Importância biológica da coesão e da adesão da água, 48	
A comunicação em ciência, 17		Sais minerais e sua importância biológica, 49	
<b>1.3 A Biologia como ciência</b> .....	<b>18</b>	<b>3.3 Glicídios e lipídios</b> .....	<b>49</b>
A ciência da vida: Biologia, 18		Características gerais dos glicídios, 49	
Características dos seres vivos, 19		Classificação dos glicídios, 50	
O que é vida, 19		Características gerais dos lipídios, 50	
Composição química dos seres vivos, 19		Classificação dos lipídios, 51	
Organização celular, 20		<b>   Ciência e cidadania: Colesterol e saúde</b> , 53	
Metabolismo, 20		<b>3.4 Proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos</b> .....	<b>54</b>
Reação e movimento, 21		O que são proteínas?, 54	
Crescimento e reprodução, 22		Ligação peptídica, 55	
Hereditariedade, 22		Em que diferem as proteínas?, 55	
Variabilidade genética, seleção natural e adaptação, 23		Arquitetura das proteínas, 55	
Níveis de organização biológica, 24		Desnaturação das proteínas, 55	
<b>   Atividades</b> .....	<b>26</b>	Funções das proteínas, 56	
<b>Capítulo 2   Origem da vida na Terra</b> .....	<b>30</b>	Enzimas, 56	
À procura de nossas origens .....	30	Cofatores e coenzimas, 57	
A importância do assunto .....	31	Fatores que afetam a atividade das enzimas, 57	
<b>2.1 A origem do universo e do Sistema Solar</b> .....	<b>31</b>	<b>   Amplie seus conhecimentos: "Teste do pezinho"</b> , 58	
A teoria do <i>big bang</i> ou teoria da grande explosão, 31		O que são vitaminas?, 58	
A origem do Sistema Solar, 32		Ácidos nucleicos, 60	
A formação da Terra, 33		Estrutura dos ácidos nucleicos, 61	
<b>2.2 Como surgiu a vida na Terra?</b> .....	<b>34</b>	<b>   Atividades</b> .....	<b>62</b>
A queda da teoria da geração espontânea, 34			
O experimento de Redi, 34		<b>MÓDULO 2   CITOLOGIA</b> .....	<b>64</b>
Needham <i>versus</i> Spallanzani, 35		<b>Capítulo 4   A descoberta das células</b> .....	<b>66</b>
Pasteur e a derrubada da abiogênese, 36		De que são feitos os seres vivos? .....	66
Pesquisas sobre geração espontânea levaram a novas tecnologias, 37		A importância do assunto .....	67
<b>2.3 Ideias modernas sobre a origem da vida</b> .....	<b>37</b>	<b>4.1 A invenção do microscópio</b> .....	<b>67</b>
A origem pré-biológica dos precursores da vida, 37		<b>4.2 As partes fundamentais da célula</b> .....	<b>68</b>
Teoria da evolução molecular, 38		<b>4.3 A teoria celular</b> .....	<b>69</b>
A origem das primeiras células vivas, 39		<b>4.4 O desenvolvimento da Citologia</b> .....	<b>69</b>
As hipóteses heterotrófica e autotrófica, 40		A microscopia fotônica (óptica), 69	
<b>   Atividades</b> .....	<b>41</b>	A qualidade dos microscópios, 70	
<b>Capítulo 3   Bases moleculares da vida</b> .....	<b>44</b>	Preparação de materiais para observação microscópica, 71	
A Química e a vida .....	44	<b>   Amplie seus conhecimentos: Técnicas em Citologia</b> , 72	
A importância do assunto .....	45	A microscopia eletrônica, 74	
		<b>4.5 Células procarióticas e eucarióticas</b> .....	<b>75</b>
		<b>   Atividades</b> .....	<b>76</b>



## CONTINUAÇÃO DO ANEXO A

**MÓDULO 4 | REPRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO ..... 162**
**Capítulo 9 Tipos de reprodução, meiose e fecundação ..... 164**

Sexo e reprodução .....	164
A importância do assunto .....	165
<b>9.1</b> Tipos de reprodução .....	165
Processos assexuados de reprodução, 165	
A importância da reprodução sexuada, 166	
<b>9.2</b> Meiose e reprodução .....	167
Etapas da meiose, 168	
Semelhanças e diferenças entre mitose e meiose, 168	
Meiose I, 168	
Meiose II, 170	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Falhas na meiose e alterações cromossômicas, 172	
<b>9.3</b> Gametas e fecundação nos animais .....	173
Espermatogênese em mamíferos, 173	
Ovulogênese em mamíferos, 173	
A fecundação nos animais, 174	
<b>9.4</b> Meiose e ciclos de vida .....	176
Ciclo haplobionte diplonte, 176	
Ciclo haplobionte haplonte, 176	
Ciclo diplobionte, 177	
■ <b>Atividades</b> .....	178

**Capítulo 10 Desenvolvimento embrionário animal ..... 182**

O empreendimento embrionário .....	182
A importância do assunto .....	183
<b>10.1</b> Segmentação e formação da blástula .....	183
Tipos de ovos e segmentação, 183	
<b>10.2</b> Gastrulação .....	186
Formação dos folhetos germinativos, 186	
<b>10.3</b> Organogênese .....	188
O estágio de nêurula, 188	
Tubo nervoso, 188	
Notocorda, 189	
Mesoderma e endoderma, 189	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> A embriologia do anfioxo como exemplo, 190	
<b>10.4</b> Anexos embrionários .....	193
Saco vitelínico, 194	
Alantoide, 194	
Âmnio, 194	
Cório, 194	
Como se explica a presença de anexos embrionários em mamíferos?, 195	
■ <b>Atividades</b> .....	196

**Capítulo 11 Reprodução humana ..... 199**

Bebês de proveta e clonagem humana .....	199
A importância do assunto .....	200
<b>11.1</b> Sistema genital feminino .....	200
Pudendo feminino, 200	
Vagina e útero, 201	
Tubas uterinas e ovários, 202	
<b>11.2</b> Sistema genital masculino .....	202
Pênis, escroto e testículos, 202	
Ductos deferentes e glândulas acessórias, 203	
<b>11.3</b> Hormônios relacionados à reprodução .....	204
Gonadotrofinas: FSH e LH, 205	
Estrógeno e progesterona, 205	
Testosterona, 205	
Controle hormonal do ciclo menstrual, 206	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Homens e mulheres: compreender conceitos para vencer preconceitos e estereótipos, 208	
<b>11.4</b> Gravidez e parto .....	210
Fecundação e nidação, 210	
A placenta, 211	
Fase fetal, 211	
Parto, 213	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Compartilhando o útero materno: gêmeos humanos, 214	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> O controle da reprodução humana, 217	
■ <b>Atividades</b> .....	220

**Capítulo 12 A diversidade celular dos vertebrados ..... 222**

Células-tronco e engenharia de tecidos .....	222
A importância do assunto .....	223
<b>12.1</b> A diversidade dos tecidos vivos .....	223
■ <b>Ciência e cidadania:</b> A importância das células-tronco, 224	
<b>12.2</b> Tecido epitelial .....	225
Epitélios de revestimento, 225	
Epitélios glandulares, 226	
<b>12.3</b> Tecido conjuntivo .....	226
Tecidos conjuntivos propriamente ditos, 227	
Tecidos conjuntivos especiais, 228	
Tecido adiposo, 228	
Tecido cartilaginoso, 228	
Tecido ósseo, 229	
Tecido hematopoiético e sangue, 230	
<b>12.4</b> Tecido muscular .....	231
<b>12.5</b> Tecido nervoso .....	232
■ <b>Atividades</b> .....	234
Lista de siglas .....	237
Bibliografia .....	238
Sugestões de livros, sites e vídeos .....	239

ANEXO B – SUMÁRIO DO VOLUME 2 DA OBRA BIOLOGIA MODERNA, DE JOSÉ MARIANO AMABIS E GILBERTO RODRIGUES MARTHO (2016b)

**Sumário**

<b>MÓDULO 1   CLASSIFICAÇÃO BIOLÓGICA E OS SERES MAIS SIMPLES.....</b>	<b>10</b>		
<b>Capítulo 1 Sistemática e classificação biológica</b>	<b>12</b>		
Classificação biológica: é para facilitar ou para complicar?.....	12		
A importância do assunto.....	13		
1.1 Fundamentos da classificação biológica.....	13		
A classificação biológica de Lineu, 13			
Os táxons tradicionais, 14			
A nomenclatura binomial, 14			
1.2 A Sistemática moderna.....	15		
Sistemática e evolucionismo, 15			
Filogenias, 17			
A classificação segundo a cladística, 17			
1.3 Quantos reinos existem?.....	19		
Reinos Bacteria e Archaea, 20			
Reino Protocista, 21			
Reino Fungi, 21			
Reino Plantae, 21			
Reino Animalia, 21			
Vírus, 21			
■ Atividades.....	22		
<b>Capítulo 2 Vírus e bactérias</b>	<b>25</b>		
Transformando antigos inimigos em aliados.....	25		
A importância do assunto.....	26		
2.1 Vírus.....	26		
Simplicidade e sofisticação, 26			
Características gerais, 26			
A estrutura viral, 27			
Como os vírus se multiplicam, 27			
Ciclo de um vírus bacteriófago, 28			
Vírus e doenças humanas, 28			
Transmissão de doenças virais, 28			
Epidemias, endemias e pandemias, 29			
Tratamento e prevenção de doenças virais, 29			
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Um problema mundial de saúde: gripe, 30			
2.2 Bactérias e arqueas.....	32		
A estrutura da célula bacteriana, 32			
Nutrição das bactérias, 34			
A reprodução das bactérias, 34			
Processos de recombinação gênica em bactérias, 34			
As arqueas, 35			
■ <b>Ciência e cidadania:</b> A importância das bactérias para a humanidade, 36			
■ Atividades.....	38		
<b>Capítulo 3 Algas, protozoários e fungos</b>	<b>41</b>		
Nossas relações com protoctistas e fungos.....	41		
A importância do assunto.....	42		
3.1 Algas.....	42		
Características gerais, 42			
A diversidade, 43			
Reprodução e ciclo de vida, 46			
A importância econômica, 48			
3.2 Protozoários.....	48		
Características gerais, 48			
A diversidade, 49			
Reprodução e ciclo de vida, 51			
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Protozoários que causam doenças humanas, 52			
3.3 Fungos.....	58		
Características gerais, 58			
A diversidade, 60			
Reprodução e ciclo de vida, 61			
Líquens e micorrizas, 63			
A importância ecológica e econômica, 63			
■ Atividades.....	64		
<b>MÓDULO 2   O REINO DAS PLANTAS.....</b>	<b>66</b>		
<b>Capítulo 4 A diversidade das plantas</b>	<b>68</b>		
Nosso dia a dia com as plantas.....	68		
A importância do assunto.....	69		
4.1 Origem e evolução das plantas.....	69		
O que caracteriza as plantas, 70			
Origem dos grandes grupos de plantas, 70			
4.2 Grandes grupos de plantas atuais.....	71		
Plantas avasculares: briófitas, 72			
Características gerais, 72			
Reprodução e ciclo de vida, 73			
Plantas vasculares sem sementes: pteridófitas, 74			
Características gerais, 74			
Reprodução e ciclo de vida, 76			
Plantas vasculares com sementes nuas: gimnospermas, 77			
Características gerais, 77			
Reprodução e ciclo de vida, 78			
Polinização e formação da semente, 81			
Plantas vasculares com sementes em frutos: angiospermas, 82			
Características gerais, 82			
Reprodução e ciclo de vida, 82			
Tendências evolutivas no ciclo de vida das plantas, 82			
■ Atividades.....	83		
<b>Capítulo 5 Reprodução e desenvolvimento das angiospermas</b>	<b>85</b>		
Manchas solares e anéis de crescimento.....	85		
A importância do assunto.....	86		
5.1 Reprodução das angiospermas.....	86		
Estrutura e função da flor, 86			
Fecundação e origem da semente, 88			
Formação do grão de pólen, 88			
Formação do óvulo, 88			
Polinização e dupla fecundação, 89			
Desenvolvimento do óvulo fecundado, 90			
Origem e função do fruto, 91			
5.2 Desenvolvimento e componentes celulares das plantas.....	91		
Germinação da semente, 91			
Meristemas, 93			

## CONTINUAÇÃO DO ANEXO B

## SUMÁRIO

Diferenciação celular e principais tecidos vegetais, 93	
Tecidos de revestimento, 94	
Parênquimas, 94	
Tecidos de sustentação, 95	
Tecidos vasculares, 95	
5.3 Organização corporal das angiospermas ..... 97	
Estrutura da raiz, 97	
Estrutura do caule, 99	
Crescimento secundário de raiz e caule, 100	
Estrutura da folha, 102	
■ Atividades ..... 103	
<b>Capítulo 6 Fisiologia das plantas</b> ..... <b>106</b>	
Nossa relação com as plantas ..... 106	
A importância do assunto ..... 107	
6.1 A nutrição das plantas ..... 107	
Nutrição orgânica das plantas: fotossíntese, 107	
Fatores que afetam a fotossíntese, 107	
Relação entre fotossíntese e respiração, 108	
Nutrição inorgânica das plantas: macronutrientes e micronutrientes, 109	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Importância da adubação para a agricultura, 110	
6.2 Absorção e condução da seiva mineral ..... 112	
Hipótese da coesão-tensão, 112	
6.3 A condução da seiva orgânica ..... 114	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> A importância da osmose para as plantas, 115	
6.4 Hormônios vegetais e controle do desenvolvimento ..... 116	
Auxinas, 116	
Dominância apical e outros efeitos das auxinas, 117	
Giberelinas, 118	
Citocininas, 118	
Ácido abscísico e etileno, 118	
6.5 Fitocromos e desenvolvimento ..... 119	
Luz e germinação de sementes, 119	
Luz e estiolamento, 120	
Luz e floração, 120	
Controle de fotoperíodismo pelo fitocromo, 120	
■ Atividades ..... 121	
<b>MÓDULO 3   O REINO DOS ANIMAIS</b> ..... <b>124</b>	
<b>Capítulo 7 Tendências evolutivas nos grupos animais</b> ..... <b>126</b>	
Enigmas da história da vida animal ..... 126	
A importância do assunto ..... 127	
7.1 Parentesco evolutivo entre os principais grupos animais ..... 127	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Principais filos animais, 128	
Primórdios da diversificação dos animais, 130	
Animais diblásticos e animais triblásticos, 130	
Animais protostômios e animais deuterostômios, 130	
Cavidades corporais e metameria, 131	
A explosão cambriana, 132	
Estudos genômicos e a evolução dos animais, 133	
7.2 Sistemas corporais dos animais ..... 134	
Sistemas digestivos, 134	
Sistemas respiratórios, 135	
Respiração cutânea, 135	
Respiração traqueal, 135	
Respiração branquial, 136	
Respiração pulmonar, 136	
Sistemas circulatórios, 137	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Comparação entre sistemas circulatórios de vertebrados, 139	
Sistemas excretores, 140	
Tipos de sistemas excretores, 140	
■ Atividades ..... 142	
<b>Capítulo 8 Animais invertebrados</b> ..... <b>145</b>	
Pequeno passeio gastronômico pelo reino Animal ..... 145	
A importância do assunto ..... 146	
8.1 Filo Porifera (poríferos ou esponjas) ..... 146	
Características gerais, 146	
Reprodução e ciclo de vida, 147	
8.2 Filo Cnidaria (cnidários) ..... 148	
Características gerais, 148	
Reprodução e ciclo de vida, 150	
8.3 Filo Platyhelminthes (platelmintos) ..... 151	
Características gerais dos turbelários, 151	
Características gerais dos trematódeos, 152	
Ciclo de vida de <i>Schistosoma mansoni</i> , 152	
Características gerais dos cestóides, 153	
Ciclo de vida de <i>Taenia solium</i> , 154	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Doenças causadas por vermes platelmintos, 155	
8.4 Filo Nematoda (nematódeos) ..... 157	
Características gerais, 157	
Reprodução e ciclo de vida, 157	
Ciclo de vida de <i>Ascaris lumbricoides</i> , 158	
Ciclo de vida de <i>Wuchereria bancrofti</i> , 159	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Doenças provocadas por vermes nematódeos, 160	
8.5 Filo Mollusca (moluscos) ..... 161	
Características gerais, 161	
Reprodução e ciclo de vida, 163	
8.6 Filo Annelida (anelídeos) ..... 164	
Características gerais, 164	
Reprodução e ciclo de vida, 166	
8.7 Filo Arthropoda (artrópodes) ..... 168	
Características gerais, 168	
Crustáceos, 168	
Quelicerados, 170	
Miriápodes, 171	
Hexápodes, 171	
8.8 Filo Echinodermata (equinodermos) ..... 173	
Características gerais, 173	
Reprodução e ciclo de vida, 175	
■ Atividades ..... 176	
<b>Capítulo 9 Cordados</b> ..... <b>179</b>	
Luzes sobre a origem dos vertebrados ..... 179	
A importância do assunto ..... 180	
9.1 Características gerais dos cordados ..... 180	
9.2 Protocordados ..... 181	
Tunicados, 181	
Cefalocordados, 182	
9.3 Características gerais dos eraniados ..... 183	
Reprodução dos craniados, 183	
9.4 Peixes ..... 184	

## CONTINUAÇÃO DO ANEXO B



Peixes-bruxa, 184	
Lampreias, 184	
Peixes cartilagosos (Chondrichthyes), 185	
Peixes ósseos (Osteichthyes), 186	
9.5 Tetrápodes (Tetrapoda).....	186
Anfíbios (Amphibia), 187	
Répteis (Reptilia), 188	
Aves, 189	
Mamíferos (Mammalia), 190	
■ Atividades.....	191
<b>MÓDULO 4   ANATOMIA E FISIOLOGIA HUMANAS.....</b>	<b>194</b>
<b>Capítulo 10 Nutrição, respiração, circulação e excreção</b>	<b>196</b>
O que o brasileiro come?.....	196
A importância do assunto.....	197
10.1 Nutrição humana.....	197
Alimentação e nutrientes, 197	
Nutrientes essenciais, 197	
Vitaminas, água e sais minerais, 198	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Que alimentos precisamos comer para manter a saúde?, 200	
Organização do sistema digestório e a digestão dos alimentos, 202	
Digestão na boca e deglutição, 202	
Digestão no estômago, 203	
Digestão no intestino delgado, 204	
Funções do intestino grosso, 206	
Funções do pâncreas e do fígado, 206	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Cuidando do sistema digestório, 207	
10.2 Respiração.....	209
Organização do sistema respiratório, 209	
Fisiologia da respiração, 211	
Ventilação pulmonar, 211	
Hematose, 211	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Cuidando do sistema respiratório, 212	
10.3 Circulação sanguínea e linfática.....	214
Componentes do sistema cardiovascular, 214	
Estrutura e fisiologia do coração, 214	
Vasos sanguíneos, 216	
O sangue, 218	
Circulação linfática, 218	
Sistema imunitário, 219	
Principais células do sistema imunitário, 220	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> A síndrome da imunodeficiência adquirida: aids, 221	
O sistema imunitário em ação, 222	
Imunizações ativa e passiva: vacinas e soros, 223	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Cuidando do sistema cardiovascular, 223	
10.4 Sistema urinário humano.....	225
Componentes do sistema urinário, 225	
Filtragem do sangue, formação e destino da urina, 226	
Controle hormonal da função renal, 228	
■ Atividades.....	229
<b>Capítulo 11 Integração e controle corporal</b>	<b>233</b>
<b>Década do cérebro: o fim de um começo.....</b>	<b>233</b>
A importância do assunto.....	234
11.1 Sistema nervoso.....	234
O tecido nervoso, 235	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Como se propagam os impulsos nervosos, 236	
Sistema nervoso central, 237	
Encéfalo, 237	
Medula espinal, 238	
Sistema nervoso periférico, 239	
Respostas reflexas medulares, 240	
Divisão funcional do sistema nervoso periférico, 240	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Cuidados com a saúde do sistema nervoso, 242	
11.2 Os sentidos.....	244
Paladar e olfato, 244	
Audição e equilíbrio, 245	
Como percebemos os sons, 245	
O sentido de equilíbrio, 246	
Visão, 246	
Tato, 248	
11.3 Sistema endócrino.....	248
Principais glândulas endócrinas humanas, 248	
Hipófise, 249	
Glândula tireóide, 249	
Glândulas paratireóides, 250	
Pâncreas, 251	
Glândulas suprarrenais, 252	
Gônadas, 252	
■ Atividades.....	253
<b>Capítulo 12 Revestimento, suporte e movimento do corpo humano</b>	<b>256</b>
A importância do trabalho em equipe.....	256
A importância do assunto.....	257
12.1 Estrutura e funções da pele humana.....	257
Epiderme, 257	
Anexos da pele, 258	
Derme, 259	
Funções da pele humana, 259	
12.2 Sistema esquelético humano.....	260
Componentes do esqueleto, 260	
Tecido ósseo, 260	
Tecido cartilaginoso, 261	
Tendões e ligamentos, 261	
O esqueleto humano, 261	
Esqueleto axial, 263	
Esqueleto apendicular, 264	
12.3 Sistema muscular humano.....	266
Tecidos musculares, 266	
Tecido muscular não estriado, 266	
Tecido muscular estriado cardíaco, 267	
Tecido muscular estriado esquelético, 267	
Músculos esqueléticos em ação, 269	
Contração das miofibrilas, 269	
Músculos e movimentação corporal, 270	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Músculos e exercício físico, 271	
■ Atividades.....	273
Lista de siglas.....	276
Bibliografia.....	277
Sugestões de livros, sites e vídeos.....	278

ANEXO C – SUMÁRIO DO VOLUME 3 DA OBRA BIOLOGIA MODERNA, DE JOSÉ MARIANO AMABIS E GILBERTO RODRIGUES MARTHO (2016c)

 Sumário

MODULO 1 | FUNDAMENTOS DA GENÉTICA ... 10

**Capítulo 1** Lei da herança genética 12

A Genética na sociedade contemporânea ..... 12

A importância do assunto ..... 13

1.1 Mendel e as origens da Genética ..... 13

A ervilha como material experimental, 13

A análise numérica da descendência, 15

A dedução da lei da separação dos fatores, 16

■ **Amplie seus conhecimentos:** Teoria das probabilidades aplicada à Genética, 18

1.2 Conceitos básicos em Genética ..... 20

Os conceitos de fenótipo e genótipo, 21

Exemplos de herança mendeliana, 21

Herança de um tipo de pelagem em coelhos, 21

Herança do tipo de folha em cóleo, 22

Herança mendeliana na espécie humana, 23

■ **Resolvendo problemas de Genética:** Heredogramas e probabilidades, 24

1.3 Variações do modelo mendeliano de herança ..... 25

Alelos letais, 25

Alelos múltiplos, 26

Dominância incompleta, 26

Codominância, 28

Penetrância e expressividade gênicas, 28

1.4 Herança de grupos sanguíneos na espécie humana ..... 30

Sistema ABO, 30

Genética do sistema ABO, 30

Sistema Rh, 31

Genética do sistema Rh, 31

Incompatibilidade materno-fetal no sistema Rh, 32

■ **Ciência e cidadania:** Sistema ABO e transfusões sanguíneas, 33

■ **Atividades** ..... 35

**Capítulo 2** As bases cromossômicas da herança 39

Por dentro das "caixas-pretas": o poder da ciência ..... 39

A importância do assunto ..... 40

2.1 A segregação independente de genes ..... 40

A base celular da segregação independente: meiose, 43

■ **Resolvendo problemas de Genética:** Segregação independente de genes para os grupos sanguíneos ABO e Rh, 44

2.2 Interações entre genes com segregação independente ..... 45

Interação gênica na cor da plumagem de periquitos, 45

Interação gênica na cor dos olhos de seres humanos, 46

Como surgem as diferentes cores de olhos?, 46

Genes envolvidos na determinação da cor dos olhos, 47

Interação gênica na forma da crista de galináceos, 48

Interação gênica na cor da pelagem de cães labradores, 50

Herança quantitativa ou poligênica, 52

Um exemplo de herança quantitativa, 52

■ **Resolvendo problemas de Genética:** Herança quantitativa, 54

2.3 Genes localizados no mesmo cromossomo ..... 55

Explicando a recombinação pela permutação, 57

Estimando a taxa de recombinação entre dois locos gênicos, 57

Princípios de construção dos mapas gênicos, 58

Unidade de distância nos mapas gênicos, 59

■ **Resolvendo problemas de Genética:** Ligação gênica e mapeamento cromossômico, 59

■ **Atividades** ..... 60

**Capítulo 3** Herança e sexo 63

De novo o sexo... ..... 63

A importância do assunto ..... 64

3.1 Os cromossomos e o sexo ..... 64

Principais sistemas cromossômicos de determinação do sexo, 64

Sistema XY, 64

Sistema XO e sistema ZW, 65

Cromossomos sexuais e determinação do sexo, 65

3.2 Herança de genes localizados em cromossomos sexuais ..... 67

Exemplos de herança ligada ao cromossomo X, 67

Daltonismo ou cegueira para cores, 67

Hemofilia, 68

■ **Resolvendo problemas de Genética:** Herança autossômica e herança ligada ao cromossomo X, 69

A hipótese da compensação de dose, 71

Herança ligada ao cromossomo sexual em aves, 72

■ **Atividades** ..... 73

**Capítulo 4** Genética e biotecnologia na atualidade 76

A manipulação dos genes ..... 76

A importância do assunto ..... 77

4.1 O controverso conceito de gene ..... 77

Os limites de um gene, 77

Diferença entre genes bacterianos e genes eucarióticos, 78

*Splicing* genético: corte e emenda do RNA, 79

4.2 Melhoramento genético ..... 79

Heterose ou vigor híbrido, 80

Problemas decorrentes do melhoramento genético, 81

4.3 Engenharia Genética ..... 81

"Tesouras" moleculares: endonucleases de restrição, 82

Separação eletroforética de fragmentos de DNA, 83

■ **Ciência e cidadania:** A identificação de pessoas pelo DNA, 84

4.4 Clonagem do DNA ..... 86

Plasmídios como vetores de clonagem de DNA, 86

Bacteriófagos como vetores de clonagem de DNA, 87

Bactérias como "fábricas" de proteínas humanas, 88

## CONTINUAÇÃO DO ANEXO C

## SUMÁRIO

4.5 Misturando genes entre espécies: transgênicos ..... 88	
Como são produzidos animais transgênicos?, 89	
Transgênicos entre animais e plantas, 90	
4.6 Desvendando o genoma humano ..... 91	
O Projeto Genoma Humano, 91	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Mais difícil do que o imaginado, 93	
■ <b>Atividades</b> ..... 95	
<b>MÓDULO 2   A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA</b> ..... 100	
<b>Capítulo 5 Os fundamentos da evolução biológica</b> ..... 102	
Mitos de criação ..... 102	
A importância do assunto ..... 103	
5.1 O pensamento evolucionista ..... 103	
Ideias evolucionistas de Lamarck, 104	
Ideias evolucionistas de Darwin, 105	
O conceito darwiniano de seleção natural, 108	
A essência do darwinismo, 110	
5.2 Evidências da evolução biológica ..... 110	
O documentário fóssil como evidência da evolução biológica, 110	
Tipos de fossilização, 111	
Determinação da idade dos fósseis, 113	
Anatomia Comparada como evidência da evolução biológica, 115	
Semelhanças genéticas como evidências da evolução biológica, 117	
5.3 A teoria sintética da evolução ..... 119	
Principais fatores evolutivos, 119	
Mutações gênicas, 119	
Recombinação gênica, 120	
Seleção natural, 121	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Resistência a drogas e seleção natural, 122	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Médicos identificam superbactéria inédita em paciente brasileiro, 124	
5.4 Adaptação e evolução ..... 125	
Melanismo industrial como exemplo de adaptação evolutiva, 125	
Camuflagem, coloração de aviso e mimetismo, 126	
Mimetismo Batesiano e mimetismo mülleriano, 128	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Em pequena escala, a evolução pode ser observada em ação, 129	
■ <b>Atividades</b> ..... 130	
<b>Capítulo 6 A origem de novas espécies e dos grandes grupos de seres vivos</b> ..... 134	
A ciência por trás do evolucionismo ..... 134	
A importância do assunto ..... 135	
6.1 O processo evolutivo e a diversificação da vida ... 135	
A árvore filogenética, 135	
Diversificação da vida: anagênese e cladogênese, 136	
Conceito de espécie biológica e especiação, 136	
Espécies em formação: o conceito de subespécie, 137	
Tipos de isolamento reprodutivo, 138	
6.2 A origem dos grandes grupos de seres vivos ..... 139	
O tempo geológico, 139	
A vida nos mares primitivos, 142	
Precusores da vida, 142	
A explosão de vida no Cambriano, 144	
A conquista do ambiente de terra firme, 144	
A expansão da vegetação, 146	
Origem dos tetrápodes, 146	
Breve história dos anfíbios, 148	
Origem e evolução dos répteis, 149	
Origem das aves, 151	
Origem e evolução dos mamíferos, 151	
Breve história dos mamíferos monotremados e marsupiais, 152	
Breve história dos mamíferos placentários, 154	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> A movimentação dos continentes da Terra, 156	
■ <b>Atividades</b> ..... 158	
<b>Capítulo 7 Evolução humana</b> ..... 162	
A fraude e as lições deixadas pelo homem de Piltdown.. 162	
A importância do assunto ..... 163	
7.1 Nosso parentesco evolutivo com os grandes macacos ..... 163	
Semelhanças e diferenças entre seres humanos e grandes macacos, 165	
Comparações anatômicas e fisiológicas, 165	
Comparações genéticas, 166	
7.2 História evolutiva dos primatas ..... 166	
Classificação, origem e diversificação dos primatas, 166	
Tendências evolutivas entre os primatas, 169	
Primeiro dedo oponível, 170	
Visão binocular ou estereoscópica, 170	
Vida familiar e cuidado com a prole, 170	
7.3 A ancestralidade humana ..... 171	
Primeiros representantes da linhagem humana, 171	
Os australopitecos, 171	
Predecessores dos australopitecos, 172	
Tendências adaptativas dos predecessores do gênero <i>Homo</i> , 173	
Origem e evolução do gênero <i>Homo</i> , 174	
Emergência e evolução de <i>Homo erectus</i> , 175	
Os homens de Neandertal, 177	
■ <b>Amplie seus conhecimentos:</b> Estudos moleculares de homínidos fósseis, 179	
A espécie humana moderna: <i>Homo sapiens sapiens</i> , 181	
Evolução e cultura, 181	
■ <b>Ciência e cidadania:</b> Receita para uma humanidade desracionalizada, 183	
■ <b>Atividades</b> ..... 186	
<b>MÓDULO 3   FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA</b> ..... 190	
<b>Capítulo 8 O fluxo de energia e ciclos da matéria na natureza</b> ..... 192	
Pode-se dizer que vivemos de luz? ..... 192	
A importância do assunto ..... 193	
8.1 Energia para a vida ..... 193	
8.2 Transferências de energia entre seres vivos ..... 194	
Teias e cadeias alimentares, 194	
Dissipação de energia na teia alimentar, 196	
Pirâmides ecológicas, 197	
Pirâmides de biomassa e de energia, 198	
Pirâmides de números, 199	
O conceito de produtividade, 199	

