

Análise do uso de elementos da paleontologia em livros didáticos de biologia no ensino médio

RESUMO

Análises de conteúdos paleontológicos de livros didáticos são importantes para que educadores possam conhecer a realidade da veiculação do tema e obter informações para a escolha dos melhores materiais de Biologia. Assim, este trabalho objetivou analisar o uso de elementos da paleontologia no Ensino Médio, utilizando como subsídio Coleções Didáticas de Biologia aprovadas no PNLD (2018-2020). Três coleções de Biologia do Ensino Médio foram escolhidas, e individualmente cada volume foi avaliado observando-se a presença ou ausência de dez elementos ligados a paleontologia, agrupados em temas básicos e amplos, identificando-se o número total de páginas em que os conteúdos temáticos são abordados nos textos, figuras e atividades. Os resultados mostraram que a Coleção Didática 1 (7,3%) é a que possui a maior quantidade de páginas em que os elementos que compõe os temas paleontológicos são abordados, seguida pela Coleção Didática 3 (5,3%) e Coleção Didática 2 (4,9%). Recomenda-se aos autores de livros de Biologia para o Ensino Médio um maior cuidado no uso de definições exatas, atualização e ampliação dos conteúdos textuais, ilustrativos e avaliativos, além de articulação dos fósseis com outras áreas como a Zoologia, Botânica e a Biotecnologia, esta última relacionada a assuntos atuais da Paleontologia Molecular.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros Curriculares Nacionais. Educação Básica. Ensino de Paleontologia. Ensino de Biologia.

Everton Fernando Alves

efalves.mga@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7876-6274>

Laboratório Virtual de Paleontologia Molecular (PALEOMOL), Maringá, Paraná, Brasil

Maria do Socorro Silva Pereira

Lippi

sopeli4@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9828-9599>

Universidade de Santo Amaro (UNISA), Santo Amaro, São Paulo, Brasil

INTRODUÇÃO

A Paleontologia, do grego palaios = antigo; onto = ser; logos = estudo, é um campo científico interdisciplinar que basicamente estuda os fósseis (do latim fossilis = extraído da terra) de diferentes formas de vida do passado, através de seus restos mineralizados ou não mineralizados e de vestígios de vida deixados por eles preservados nas rochas e em outros materiais como o gelo, o âmbar e o asfalto (CASSAB, 2010; CRUZ; MORAES; CHAVES, 2019; ALVES; MACHADO, 2020; SILVA et al. 2021). Por meio dos fósseis é possível compreender a vida do passado da Terra e o seu desenvolvimento ao longo do tempo geológico, os paleoambientes nos quais habitaram os diversos seres pré-históricos, a complexidade de seus ecossistemas, bem como os processos que os levaram à extinção.

A Paleontologia tem papel fundamental no ensino de Biologia, pois é usada para referendar conhecimentos a respeito da origem da vida, de processos evolutivos que ocorreram ao longo da escala geológica com base em registros de vida antiga preservados nas rochas e da compreensão acerca do estabelecimento dos ecossistemas atuais a partir das dinâmicas evolutivas associadas à biogeosfera pretérita (DANTAS; ARAÚJO, 2006; SILVA et al. 2021). Contudo, a esses conteúdos paleontológicos tem sido destinado um espaço limitado para sua abordagem na disciplina de Biologia em sala de aula. Por isso, é necessário compreender como os mesmos vêm sendo trabalhados nos livros didáticos, que serão, em última instância, usados no espaço escolar por professores do Ensino Médio de escolas públicas e privadas.

Os livros didáticos têm sido alvo de estudos, já que, no ambiente escolar, são eles, muitas vezes, a principal ferramenta utilizada no processo de ensino-aprendizagem, sendo a fonte central de consulta para conteúdos a serem ensinados e aprendidos, por professores e alunos, o que levam muitos desses professores a adaptarem suas aulas baseadas unicamente nos livros (ALMEIDA et al. 2017; SILVA et al. 2021).

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos nas últimas décadas buscando compreender, comparar e verificar a quantidade de informações acerca da abordagem de elementos da paleontologia nos livros didáticos de Biologia, tendo como base os tópicos relacionados à origem e evolução da vida na terra, sugeridos no capítulo sobre Conhecimentos de Biologia dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM; BRASIL, 2006; ARAÚJO JÚNIOR; PORPINO, 2010; MARINHO; SETÚVAL; AZEVEDO, 2015; OLIVA, 2018; CRUZ; MORAES; CHAVES, 2019; SILVA et al. 2019; SILVA et al. 2021).

Entretanto, diversas pesquisas relataram que, embora continuamente revisados e avaliados, muitos livros didáticos de Biologia apresentam equívocos e há uma falta de conceitos mais claros, o que pode comprometer a qualidade do ensino da paleontologia (MEGID NETO; FRACALANZA, 2003; ALMEIDA et al. 2017; CRUZ; MORAES; CHAVES, 2019; SILVA et al. 2021). Isso porque podem ser encontradas diferenças entre as obras didáticas, discrepância entre a linguagem científica e a cotidiana, conteúdos de baixa qualidade, ausência de contextualização entre o currículo escolar e as experiências concretas vivenciadas pelos alunos, questões deficitárias quanto à interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, além de pouca contribuição ao desenvolvimento do

pensamento crítico e tomada de decisões em relação ao ensino de conteúdos da paleontologia (ARAÚJO JÚNIOR; PORPINO, 2010; SILVA et al. 2021).

Por outro lado, percebe-se nos últimos anos um tímido aumento, ao menos quantitativo, na presença de elementos temáticos da paleontologia quando comparados com os preconizados nos PCNEM (CRUZ; MORAES; CHAVES, 2019). Portanto, acredita-se que a ação de compreender o modo como os livros didáticos adotados pelas escolas abordam a paleontologia, pode auxiliar os professores do Ensino Médio a conhecer o atual estado de veiculação de tais conteúdos nos livros, fornecer informações úteis para a escolha das melhores obras didáticas de Biologia relativas às temáticas paleontológicas, além de auxiliar os autores de livros a aprimorarem seus manuscritos a partir da identificação de erros contidos nos materiais analisados (ARAÚJO JÚNIOR; PORPINO, 2010).

Diante disso, este estudo teve como objetivo analisar o uso de elementos da paleontologia no Ensino Médio, utilizando como subsídio coleções didáticas de Biologia aprovadas no PNLD (2018-2020).

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, cujo tipo de pesquisa tem sido conceituado como aquele que tem como foco principal a exploração do conjunto de opiniões e representações sociais sobre o tema que pretende investigar (GOMES, 2009). A pesquisa qualitativa direciona a realização de estudos que buscam respostas que possibilitam entender, descrever e interpretar fatos. Existem diferentes tipos de pesquisa qualitativa como, por exemplo, a pesquisa documental, o estudo de caso e a etnografia. No caso deste trabalho o método de investigação utilizado foi o de pesquisa documental que possibilita um contato direto entre o pesquisador e o objeto de estudo (NEVES, 2003), que aqui esteve representado por livros didáticos.

Para a delimitação do objeto de estudo foram utilizados como critérios de inclusão: 1) as obras deveriam ter sido previamente analisadas, aprovadas e incluídas no catálogo do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD, triênio 2018-2020), cuja nova nomenclatura foi redefinida recentemente, passando a ser denominado como Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD; BRASIL, 2017); 2), terem sido publicadas nos últimos cinco anos, sendo ainda utilizados atualmente no Ensino Médio; e 3) terem sua origem a partir de diferentes autores e editoras, e estas estarem disponíveis gratuitamente na internet.

Nesse sentido, o objeto de estudo foi constituído de três coleções de livros didáticos. As coleções são compostas por livros publicados em volumes separados pelos mesmos autores e destinados aos três anos do Ensino Médio. Na tabela a seguir, utilizamos LD para representar Livro Didático e Vol para representar Volume.

Tabela 1 – Coleções de livros didáticos de Biologia selecionadas para análise dos elementos da paleontologia

Código	Livro	Autores	Editora	Vol	Ano
LD1	Biologia Moderna	AMABIS; MARTHO	Moderna	1	2016a
LD2	Biologia Moderna	AMABIS; MARTHO	Moderna	2	2016b
LD3	Biologia Moderna	AMABIS; MARTHO	Moderna	3	2016c
LD4	Biologia Hoje	LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA	Ática	1	2016a
LD5	Biologia Hoje	LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA	Ática	2	2016b
LD6	Biologia Hoje	LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA	Ática	3	2016c
LD7	BIO	LOPES; ROSSO	Saraiva	1	2016a
LD8	BIO	LOPES; ROSSO	Saraiva	2	2016b
LD9	BIO	LOPES; ROSSO	Saraiva	3	2016c

Fonte: A autoria própria (2021).

Para a seleção dos elementos paleontológicos foram analisadas previamente as diretrizes dos PCNEM. Como critério para a seleção dos conteúdos, o tópico “fósseis” deveria de alguma forma estar conectado aos elementos temáticos da paleontologia. Em seguida, foram selecionados dez elementos paleontológicos, desde assuntos básicos até os mais amplos, observando-se atentamente a presença ou ausência de tais conteúdos temáticos nos textos, figuras e atividades de cada um dos volumes que compõem as coleções analisadas, conforme critérios estabelecidos em trabalho prévio de Silva et al. (2021).

Os dez elementos selecionados foram agrupados em temas básicos e amplos. Os **temas básicos** incluem: 1) Definição de paleontologia; 2) Definição de fósseis; 3) Processo de fossilização; 4) Importância dos fósseis; 5) Tipos de fossilização; 6) Datação de fósseis; 7) Tempo geológico e suas subdivisões. Os **temas amplos** são compostos pelos seguintes elementos: 8) Fósseis relacionados à origem da vida; 9) Fósseis como evidências da evolução das espécies; 10) Extinções em massa.

Os dados foram tratados qualitativa e quantitativamente. Durante a análise qualitativa dos conteúdos, foram investigados em textos, figuras e atividades, os seguintes aspectos: presença ou ausência nos livros, precisão conceitual, atualização dos elementos temáticos, além da concordância com outro(s) capítulo(s) da mesma obra ou de capítulo(s) equivalente(s) de volume(s) diferente(s), mantendo a análise em torno do objeto básico de estudo da Paleontologia, o “fóssil”. Em relação às figuras, foi realizado um rastreamento em busca de imagens ou ilustrações que remetesse a fósseis, etapas da fossilização, locais de escavação, ferramentas de trabalho paleontológico, mapas dos continentes com a distribuição de fósseis e demais questões geocientíficas, animais pré-históricos em seus paleoambientes e/ou evolução biológica atrelada ao registro fóssil. Ao final, foi montado um quadro de presença ou ausência dos elementos que compõem os temas analisados.

Na análise quantitativa dos dados, o percentual referente à presença de elementos paleontológicos em cada um dos volumes analisados, seguiu o método utilizado por Araújo Júnior e Porpino (2010). Neste método, a

porcentagem de abordagem do conteúdo específico é quantificada através da relação feita entre o número de páginas com a presença de elementos da paleontologia e o número total de páginas do livro em análise. Essa verificação se faz necessária, visto que a maior quantidade de páginas destinadas a um determinado conteúdo representa o grau de importância do assunto que o autor confere à obra (ALMEIDA; CARVALHO; ORIOLI, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos anos do Ensino Médio, o 3º ano foi o que apresentou um maior número de presenças de elementos paleontológicos por número de páginas (31,7% do total), seguido pelo 2º ano, cujos conteúdos paleontológicos dos livros perfizeram um total de 15,7%, enquanto o 1º ano apresentou apenas 7,6% de elementos paleontológicos trabalhados em seus respectivos livros.

O Quadro 1 apresenta de forma sintetizada a identificação de conceitos da paleontologia, agrupados em dez elementos temáticos, desde os básicos até os mais amplos, para cada um dos volumes que compõem as coleções didáticas analisadas.

Quadro 1 – Análise sobre a presença/ausência do uso de elementos da paleontologia nas coleções didáticas

Grupos temáticos	Elementos temáticos	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	LD8	LD9
Básicos	Definição de Paleontologia						X			
	Definição de Fósseis			X			X			X
	Processo de Fossilização			X			X			X
	Importância dos Fósseis			X			X			X
	Tipos de Fossilização			X			X			X
	Datação de Fósseis			X			X			X
Amplos	Tempo Geológico e suas subdivisões		X	X	X	X		X		
	Fósseis relacionados à Origem da Vida		X	X	X	X		X	X	
	Fósseis como evidências da Evolução das Espécies		X	X	X	X	X	X	X	X
	Extinções em Massa		X	X	X			X		X
	Figuras		X	X	X	X	X	X	X	X
Atividades		X	X	X	X	X	X	X	X	

Fonte: Autoria própria (2021).

Foi possível perceber que, para cada um dos volumes analisados, os elementos da paleontologia encontram-se distribuídos em diferentes capítulos. A única exceção é o LD1 no qual não foi encontrado nenhum tipo de conteúdo relacionado à Paleontologia.

Coleção Didática 1 – Biologia Moderna

A primeira coleção didática é composta por três volumes representados pelas siglas LD1, LD2 e LD3. Observou-se que a soma de todas as páginas dos volumes da coleção didática 1 é de 801 páginas, e o número de páginas destinado aos elementos da paleontologia é de 59; logo, o espaço ocupado pelos temas paleontológicos é de aproximadamente 7,3% da coleção, configurando-se como a que destina a maior quantidade de informações a respeito de conteúdos paleontológicos.

LD2

No LD2, por sua vez, os elementos paleontológicos foram identificados em quatro capítulos destinados à **Sistemática e classificação biológica, A diversidade das plantas e Tendências evolutivas nos grupos animais e Cordados**; e tais elementos se encontram distribuídos em 10 páginas, que perfazem o total de 3,6% de todos os conteúdos abordados no livro. Nesta obra, os conceitos básicos da paleontologia não são trabalhados, com exceção de “Tempo Geológico e suas subdivisões”, o que pode resultar na restrição do entendimento de temas paleontológicos uma vez que os conteúdos básicos estritamente relacionados aos fósseis e ao processo de fossilização são determinantes para a compreensão da origem, evolução e extinção dos seres pretéritos. Na obra, os elementos paleontológicos são abordados por meio de temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies” e “Extinções em Massa”, além de trazer figuras e atividades – embora não estivessem presentes em todos os capítulos, tão menos em quantidades ideais – relacionadas a cada um dos temas abordados. Além disso, percebeu-se que era escasso o uso de exemplos de espécies fósseis já descobertas, já que estes seriam úteis no início de cada tópico relacionado à origem e evolução dos diversos grupos animais e vegetais distribuídos ao longo do tempo geológico, para inserção e discussão sobre os mesmos.

LD3

Em relação ao LD3, os conteúdos paleontológicos são encontrados em três capítulos referentes aos **Fundamentos da evolução biológica, A origem de novas espécies e Evolução humana**, cujo número de páginas (49 no total), nas quais os elementos paleontológicos se inserem, é muito mais expressivo que o do volume anterior da mesma coleção, o equivalente, neste caso, a 17% do conteúdo integral do livro. Na obra, os conteúdos básicos da paleontologia são trabalhados por meio dos temas “Definição de Fósseis”, “Processos de Fossilização”, “Importância dos Fósseis”, “Tipos de Fossilização”, “Datação de Fósseis” e “Tempo Geológico e suas subdivisões”. A abordagem desses temas ocorre de forma ampla, possibilitando o ensino de algumas das principais informações paleontológicas, além da importância dos fósseis para o tema dos capítulos nos quais estão inseridos.

No entanto, existem alguns problemas a respeito dos conteúdos básicos da paleontologia como, por exemplo, o fato de o conceito de fóssil ser equivocado.

Embora os associe aos ossos, dentes, pegadas, coprólitos, troncos, entre outros, os autores descrevem-os como vestígios, em uma única categoria, como se segue: “Assim se origina os **fósseis** (do latim *fossilis*, tirado da terra), **vestígios** deixados por seres que viveram no passado [...]” (grifo nosso, AMABIS; MARTHO, 2016c, p. 110). Neste caso, o correto seria explicar que os fósseis estão relacionados a duas categorias distintas: restos e vestígios. Isso porque os **restos** estão relacionados a partes mais resistentes de um animal (*i. e.*, ossos, dentes, escamas, conchas) ou de uma planta (*i. e.*, tronco), enquanto os vestígios são evidências de sua existência ou de suas atividades (*i. e.*, pegadas, trilhas, coprólito, ovos, gastrólito, urólito; CARVALHO, 2010). Ademais, a descrição do processo de fossilização é superficial, não permitindo ao aluno entender as diversas variáveis que agem em conjunto para que esse fenômeno possa ocorrer.

Em um tópico sobre os tipos de fossilização, os autores confundem o processo de substituição com o de permineralização, ou os trata como sendo sinônimos, ao afirmar que

a substituição pode ser tão exata que todos os detalhes do corpo do organismo ficam preservados como rocha, embora não reste nada mais do material orgânico original. **Esse processo de fossilização, chamado permineralização ou petrificação**, ocorreu em diversos lugares do planeta [...]. (grifo nosso, AMABIS; MARTHO, 2016c, p. 112).

É importante diferenciar ambos os processos, pois cada um deles diz respeito a um modo particular de fossilização.

A **substituição** (petrificação) é o processo mais conhecido (CARVALHO, 2010). Este tipo de fossilização ocorre pela troca gradual das substâncias orgânicas que compunham o organismo por elementos inorgânicos (*i. e.*, calcita, pirita, sílica, limonita, etc.) da camada sedimentar envolvente, preservando ou não a sua microestrutura celular. Nesses casos, os fósseis são réplicas das estruturas primitivas. A **permineralização**, por sua vez, é bastante frequente em partes duras como ossos e troncos (CARVALHO, 2010). Ocorre quando um mineral (*i. e.*, carbonato de cálcio, sílica), carregado pela água, preenche lentamente os poros, canalículos ou cavidades existentes no organismo, possibilitando que a estrutura original seja preservada.

Quanto ao tópico relacionado aos tipos de fossilização, são apresentados conhecimentos vagos e ultrapassados sobre a tafonomia. Interessante seria a presença de uma discussão atualizada sobre a preservação de biomateriais não mineralizados (ALVES; MACHADO, 2020, 2021a, 2021b; GOMES et al. 2020a, 2020b). Nas últimas décadas têm sido encontrados diversos tipos de estruturas teciduais, células e biomoléculas originais preservadas no interior de fósseis de diferentes grupos taxonômicos de animais vertebrados e invertebrados e de plantas. Para recuperação desses materiais orgânicos endógenos têm sido aplicadas diversas técnicas moleculares inovadoras, fornecidas pelo campo emergente de estudo conhecido como Paleontologia Molecular. Acredita-se que a inserção de tais conteúdos em livros didáticos do Ensino Médio complementar a bagagem de conteúdos paleontológicos da nova geração de estudantes.

No último tópico, relacionado ao Tempo geológico, a descrição sobre a formação da coluna geológica e as menções a sua divisão é generalista. No entanto, esse ponto é recompensado em outro capítulo, quando o livro traz um tópico específico sobre o Tempo geológico e suas subdivisões, na forma de

discussão textual, além de uma tabela esquemática sobre a correspondência de cada subdivisão com os eventos biológicos relacionados e uma foto sobre a sucessão de camadas de rochas sedimentares que pode ser vista no *Grand Canyon*.

Além disso, os elementos da paleontologia do LD3 também se inserem em temas mais amplos, tais como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies”, “Extinções em Massa”, bem como por meio de figuras e atividades. No entanto, os conteúdos paleontológicos relacionados a esses temas mais amplos também apresentam problemas. Por exemplo, observou-se que algumas atividades incluídas ao final do capítulo foram elaboradas tendo como base uma definição equivocada de fóssil, no caso os autores elaboraram uma questão sobre a que se refere o termo fóssil, e a seguir apresenta como opção correta que estes são “qualquer **vestígio** de um organismo que viveu em passado remoto” (grifo nosso, AMABIS; MARTHO, 2016c, p. 130).

Além disso, no tópico Breve história dos anfíbios, no qual se discute algumas das Extinções em Massa do Paleozoico, mais especificamente sobre a extinção permo-Triássica, os autores afirmam equivocadamente que não foi “encontrada nenhuma cratera que testemunhe o impacto” (AMABIS; MARTHO, 2016c, p.148), quando, na verdade, existe uma cratera de impacto datada de $254,7 \pm 2,5$ milhões de anos (m.a) atrás no Brasil, na região de Araguinha, Mato Grosso (TOHVER et al. 2012; TOHVER et al. 2013), embora ainda haja um debate se a queda do bólido seria capaz de provocar uma extinção global em massa. Além disso, existem evidências de cratera e de fragmentos de bólidos também desse período na região da Antártica (BASU et al. 2003; POREDA; BECKER, 2003; VON FRESE et al. 2013).

Já no tópico relacionado à origem das aves, faz-se uma referência ao *Archaeopteryx lithographica* (datado em 150 m.a) como um dinossauro não-aviano emplumado do final do Jurássico. Entretanto, essa afirmação é preocupante, uma vez que este ainda é um tema em debate devido a múltiplas evidências de que *Archaeopteryx* pode ser uma das primeiras aves verdadeiras que compunha a base do clado Avialae (MORELL, 1993; LEE; WORTHY, 2012; ALONSO et al. 2004; ERICKSON et al. 2009; VOETEN et al. 2018; SCHWARZ et al. 2019). Inclusive, o LD2, que faz parte da mesma coleção didática, logo, de autoria dos mesmos autores, traz como informação, na legenda correspondente à foto de um fóssil de *Archaeopteryx*, que o mesmo é “uma das primeiras espécies de aves”, contradizendo diretamente a narrativa trazida pelo LD3 (AMABIS; MARTHO, 2016b, p. 12).

Por fim, após análise do LD3, foi possível verificar que, embora seja o livro com maior número de temas paleontológicos abordados, também se configura como a obra que apresenta maiores erros conceituais ou de atualização do conhecimento sobre fatos da paleontologia.

Coleção Didática 2 – Biologia Hoje

A segunda coleção didática também é composta por três volumes a seguir denominados LD4, LD5 e LD6. Observou-se que a soma de todas as páginas dos três volumes da Coleção Didática 2 é de 855 páginas, e que o número de páginas

destinado aos elementos da paleontologia é de 42; logo, o espaço ocupado pelos temas paleontológicos é de aproximadamente 4,9% da coleção, configurando-se como a que destina a menor quantidade de informações a respeito de conteúdos paleontológicos.

LD4

No LD4, o uso de elementos da paleontologia é menos expressivo em relação ao livro anterior, ou seja, apresentando-se apenas em 11 páginas, o equivalente a 3,8% do total de conteúdo do livro, e distribuídos em apenas dois capítulos referentes às **Teorias sobre a origem da vida e História da vida**. O livro não aborda conteúdos básicos da paleontologia, com exceção do tema “Tempo Geológico e suas subdivisões”, direcionando a grande maioria das discussões para temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies” e “Extinções em Massa”.

Por exemplo, no tópico destinado à discussão sobre a origem da vida e o papel dos fósseis como evidência para compreensão do surgimento dos seres vivos, embora se apresente os estromatólitos como exemplos fósseis encontrados na Austrália e África do Sul, os autores limitaram o exercício do raciocínio crítico ao deixar de fora da discussão algumas problemáticas a respeito do tema. No caso, seria interessante se os autores mencionassem de igual forma que existem evidências contrárias a respeito da possibilidade de os estromatólitos fósseis, considerados os mais antigos registros fósseis da Terra, serem resultantes de processos abiogênicos que porventura geraram estruturas semelhantes a esses registros (ARAÚJO JÚNIOR; PORPINO, 2010).

No caso dos fósseis de aves, o livro traz a informação a respeito da evolução das aves a partir de um do grupo de dinossauros emplumados, fornecendo como exemplos alguns dos fósseis já descobertos de terópodes como *Sinornithosaurus millenii*, *Sinosauropteryx* ou *Protarchaeopteryx*, e apresentando ilustrações do dinossauro *T. rex* e da ave *Archaeopteryx* já citado anteriormente. Entretanto, o livro não menciona que as aves são classificadas como dinossauros avianos. Em relação ao tema “Extinções em Massa”, o conteúdo é escasso, apresentando breves descrições bem generalistas.

Quanto à presença de atividades relacionadas à paleontologia, verificou-se que nenhum exercício foi inserido no primeiro capítulo, enquanto que, no segundo capítulo, os autores inseriram apenas uma atividade, e esta solicitava que se associasse a questão sobre a ampla ocorrência de animais gigantes no Carbonífero e a possibilidade desse fato ser explicado pelo aumento da concentração de oxigênio atmosférico.

LD5

No LD5, a presença de conteúdos da paleontologia é um pouco mais expressiva (12 páginas, 4,2% do total) em relação ao volume anterior analisado, sendo inserida em cinco capítulos: **Classificação dos seres vivos, Briófitas e Pteridófitas, Poríferos e Cnidários, Anfíbios e Répteis e Aves e Mamíferos**. Assim, tal como o volume anterior, esse livro não aborda conteúdos básicos da

Paleontologia, com exceção do tema “Tempo Geológico e suas subdivisões”, reservando as discussões para temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida” e “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies”, além de trabalhar os fósseis a partir de figuras e atividades. A ausência de uso dos elementos básicos da paleontologia nos livros didáticos prejudica o debate a respeito da origem, evolução e extinção das espécies, limitando o exercício do raciocínio crítico, essencial para discussões mais amplas, como as que são discutidas no mesmo livro a respeito da origem dos grandes grupos de animais vertebrados.

No capítulo **Anfíbios e Répteis**, ao se discutir a evolução dos grupos, menciona-se o conteúdo clássico a respeito da transição evolutiva entre os peixes com nadadeiras lobadas e os primeiros tetrápodes, trazendo exemplos bem conhecidos de fósseis, tais como do *Panderichthys* (peixe), e dos tetrápodes pioneiros *Acanthostega* (datado em 365 m.a.) e *Tiktaalik roseae* (datado em 375 m.a.). No entanto, os autores deixam de fora evidências mais atuais e controversas que, ou contestam o gênero *Tiktaalik* como sendo o fóssil transicional entre tetrápodes e peixes, ou formula-se novas hipóteses de como e por qual tipo de animal essas pegadas teriam sido deixadas naquelas regiões (NIEDŹWIEDZKI et al. 2010). No caso, foram descobertas na Polônia pegadas de membros anteriores e posteriores, datadas de aproximadamente 393 m.a., isto é, 18 milhões de anos antes do *Tiktaalik*, o que tem gerado amplos debates (KING et al. 2011; LUCAS, 2015; AHLBERG, 2018). As pegadas são de tamanhos e características variadas, apresentando alguns registros de até 26 centímetros de largura, o que sugere que os animais que o deixaram teriam aproximadamente 2,5 metros de comprimento (NIEDŹWIEDZKI et al. 2010).

No capítulo **Aves e Mamíferos**, ao se discutir a evolução das aves, o livro traz uma discussão sobre sua origem a partir de dinossauros terópodes emplumados, trazendo exemplos de alguns fósseis de *Archaeopteryx*, *Caudipteryx* e *Protarchaeopteryx* (QIANG et al., 1998) – aliás, sem as devidas informações a respeito do nome das espécies as quais eles se referem –, posicionando-os como “dinossauros carnívoros”, “descobertos na China, com 145 milhões de anos” e, ao contrário do LD4, com a separação entre dinossauros “avianos” e “não avianos” (LINHARES; GEWANDSZNAJDER; PACCA, 2016b, p. 209). Quanto à datação de *Caudipteryx* e *Protarchaeopteryx*, os autores trazem a informação incorreta, uma vez que ambos os gêneros foram datados em 124 m.a. (ZHOU; WANG, 2000). Como complemento, o livro traz uma paleoarte que ilustra um *Velociraptor mongoliensis* emplumado carregando uma presa, acompanhada de uma legenda que explica corretamente a presença de penas no dinossauro baseada em descobertas do registro fóssil. Por outro lado, seria de igual forma interessante os autores informarem aos alunos que, embora a hipótese de que as aves são descendentes diretas dos dinossauros terópodes é amplamente aceita, ainda não existe um consenso (HINCHLIFFE, 1997; BURKE; FEDUCCIA, 1997; FEDUCCIA; NOWICKI, 2002; FEDUCCIA; LINGHAM-SOLIAR; HINCHLIFFE, 2005; LINGHAM-SOLIAR; FEDUCCIA; WANG, 2007; JAMES; POURTLESS IV, 2009; QUICK; RUBEN, 2009; RUBEN, 2010; RUBEN, 2017).

Um ponto interessante é que, diferentemente dos outros livros, este volume insere conteúdos paleontológicos ainda pouco explorados. O primeiro deles relaciona-se a notícia de uma pesquisa na qual foi possível religar genes adormecidos de aves atuais resultando na expressão/formação de dentes

semelhantes aos de ancestrais de aves (HARRIS et al. 2006). Além disso, há menção a uma notícia sobre uma descoberta na área da Paleontologia Molecular, a respeito da preservação de biomateriais não mineralizados, que descreve a primeira extração da proteína colágena a partir de um fóssil do fêmur de um *T. rex* datado em 68 m.a., e a comparação desse colágeno com o de uma galinha atual, constatando suas semelhanças (SCHWEITZER et al. 2007).

Observou-se que nem todos os capítulos analisados trazem atividades que incluem elementos da paleontologia e, quando o fazem, são poucas as que abordam algum conteúdo relacionado aos fósseis. Porém, vale destacar uma dessas atividades, a ser realizada em grupo, na qual se solicita ao aluno que responda os locais do Brasil onde são encontrados fósseis de dinossauros, os tipos de dinossauros já encontrados no país e a época em que viveram. Entende-se que atividades como essa são importantes, uma vez que fazem o aluno entrar em contato com seu próprio contexto, possibilitando ao estudante a sensação de pertencimento, engajamento e o entendimento das diferenças que existem entre os diversos grupos fósseis encontrados a partir de distintas regiões geográficas (CRUZ; MORAES; CHAVES, 2019).

LD6

No LD6, assuntos de paleontologia são diluídos em quatro capítulos, sendo eles Evolução: as primeiras teorias, A teoria sintética: genética das populações e formação de novas espécies, Evolução: métodos de estudo e A evolução humana. Este volume foi o que inseriu conteúdos paleontológicos com mais expressividade, dentre os outros que compõem a mesma coleção, sendo distribuídos em 19 páginas, ou seja, perfazendo 6,7% do conteúdo total do livro. Ao contrário dos outros dois volumes da mesma coleção, o LD6 trouxe conteúdos básicos da paleontologia por meio da inserção dos temas “Definição de Paleontologia”, “Definição de Fósseis”, “Processos de Fossilização”, “Importância dos Fósseis”, “Tipos de Fossilização” e “Datação de Fósseis”, mas deixando de fora da discussão, questões relacionadas ao “Tempo Geológico e suas subdivisões”. Por outro lado, é o único livro da coleção que forneceu ao aluno, embora de forma superficial, uma definição correta e completa a respeito da paleontologia. No tópico sobre fósseis, os autores trazem uma definição na qual se separa os seus dois tipos. Sendo esse, o único volume da coleção a trazer corretamente essa divisão, e embora traga exemplos do que são vestígios, a mesma preocupação não houve com os restos, resultando em uma vaga ideia do que realmente significa tal termo. Ademais, todos os outros temas básicos são trabalhados superficialmente, seja a partir das definições e exemplos utilizados, seja com o uso de ilustrações. É interessante relatar que este volume é o único a fornecer uma imagem sobre o trabalho em campo dos paleontólogos.

Em relação aos temas mais amplos, o único foi “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies”, além de compor figuras e atividades. No capítulo sobre **A evolução humana**, o livro traz a ilustração de um australopitécino baseada no que se conhece do registro fóssil, e traz tópicos separados sobre exemplos dos principais grupos de homínídeos (pré-australopitécinos e espécies dos gêneros *Australopithecus* e *Homo*), usando exemplos de fósseis encontrados e seus encaixes no tempo geológico. Porém, toda a temática é abordada de forma desatualizada e generalista, em apenas quatro páginas, deixando de fora

importantes descobertas da paleoantropologia nas últimas décadas como, por exemplo, as espécies *Homo floresiensis* (VAN DEN BERGH et al. 2016) e *Homo naledi* (BERGER et al. 2015), que modificaram o entendimento da história evolutiva do homem.

Interessante seria, para o exercício do raciocínio crítico dos estudantes e para abordagem transparente de aspectos históricos, a inserção de exemplos dos principais erros de classificação cometidos na paleoantropologia a respeito de supostas espécies encontradas de homínídeos, tais como *Ramapithecus punjabicus* (ZLHLRNAN; LOWENSTEIN, 1979), *Eanthropos dawsoni* (conhecido por “Homem de Piltdown”; RUSSELL, 2012), *Hesperopithecus haroldcookii* (“Homem de Nebraska”; GREGORY, 1927), entre outras (BHATTACHARJEE, 2004).

Quanto às atividades, percebe-se que a quantidade de questões que envolveram o uso de elementos da paleontologia é aceitável, embora ainda não seja a ideal, abordando os seguintes temas: “Definição de Fósseis”, “Processos de Fossilização”, “Datação de Fósseis”, “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies”, além de conceitos de fósseis de transição e a evolução humana a partir de cada uma das espécies fósseis encontradas.

Coleção Didática 3 - BIO

A terceira coleção didática de igual forma é composta por três volumes doravante denominados LD7, LD8 e LD9. A soma de todas as páginas dos três volumes da Coleção Didática 3 é de 855 páginas, enquanto o número de páginas destinado aos elementos da paleontologia é de 46; logo, o espaço ocupado pelos temas paleontológicos é de aproximadamente 5,3% do seu total, configurando-se como a que destina a segunda maior quantidade de informações a respeito de conteúdos paleontológicos quando comparado às outras coleções analisadas.

LD7

No LD7, os elementos paleontológicos são utilizados de forma pouco expressiva, no caso, sendo distribuídos em 11 páginas (3,8% do total da obra), em um único capítulo: Das origens aos dias de hoje. A obra não aborda conteúdos básicos da paleontologia, com exceção do tema “Tempo Geológico e suas subdivisões”, destinando-se em grande parte a discussões de temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies”, “Extinções em Massa”, com o uso de figuras e atividades.

Por outro lado, o tópico sobre a dinâmica da Terra e da vida ao longo do tempo chama a atenção, pois informa ao aluno que os fósseis são utilizados para se datar e dividir o tempo geológico em eras e demais subdivisões. Os autores disponibilizam infográficos e outras ilustrações que trazem exemplos de fósseis para cada ambiente característico dos diversos períodos geológicos. A seguir, o livro traz um texto informativo a respeito de como os fósseis foram importantes para a comprovação da deriva continental, que mais tarde se tornou a Teoria da Tectônica de Placas.

Em relação ao tema “Extinções em Massa”, o livro fornece um texto amplo e atualizado para discussão em sala de aula sobre o evento de extinção dos

dinossauros não-avianos ao final da Era Mesozoica (66 m.a.), inclusive acompanhado de ilustrações sobre o bólido e a região de impacto, além de mencionar outras possíveis causas da extinção, tais como intensas erupções vulcânicas e desequilíbrio nas cadeias alimentares. Como sugestão, os autores também inserem questões dissertativas sobre os demais eventos de extinção para pesquisa e apresentação em sala de aula. Ainda, em relação às atividades, o livro traz um exercício baseado em um mapa ilustrado, a respeito da correspondência entre a configuração atual dos continentes e a ocorrência de fósseis de determinados estratos geológicos. Além de uma questão sobre a ocorrência de fósseis grandes de animais invertebrados no período Carbonífero e relacionada com o aumento nos níveis de oxigênio (O₂) na atmosfera.

LD8

O LD8 incorpora os conteúdos paleontológicos de forma um pouco mais expressiva em relação ao volume anterior, sendo distribuído em 12 páginas, o equivalente a 4,2% do conteúdo total do livro; essas informações estão registradas em seis capítulos: Evolução e classificação, Protista, Origem, evolução e características gerais dos animais, Diversidade animal II, Diversidade animal III e Diversidade animal IV. Nessa obra, os conceitos básicos da paleontologia não são trabalhados, enquanto se reserva espaço para a discussão de temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida” e “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies”, além de inserir elementos paleontológicos por meio de figuras e atividades – apesar dessas últimas não estarem inseridas em todos os capítulos.

No capítulo Diversidade animal IV, ao se discutir questões sobre o clado *Reptilia*, o livro traz informações importantes relacionadas a répteis fósseis, inclusive, sobre dinossauros, que acompanhadas por um texto especial e um infográfico sobre o mesozoico. Entretanto, os autores se equivocam ao afirmarem, na legenda de uma figura, que o dinossauro terópode *Allosaurus* – aliás, sem as devidas informações a respeito do nome da espécie a qual eles se referem – seria o maior carnívoro que já existiu, uma vez que se conhecem fósseis de espécies ainda maiores como, por exemplo, *Giganotosaurus carolinii* (VALCO; CORIA, 1995) e *Spinosaurus aegyptiacus* (DAL SASSO et al. 2005).

Além disso, a obra fornece informações breves sobre ictiossauros e pterossauros, sem, no entanto, mencionar que eles não eram dinossauros – confusão frequente entre os leigos. Chama a atenção uma informação complementar que a obra traz por meio de um curto texto sobre o Rio Grande do Sul ser o local de origem dos dinossauros, inclusive, fornecendo uma foto de uma reconstrução de uma espécie de dinossauro brasileiro, o *Pampadromaeus barberenai*. O texto também explica como os pequenos répteis teriam sobrevivido à grande extinção que ocorreu ao final da Era Mesozoica, informando que eles “teriam conseguido fugir do frio, abrigando-se em tocas nas rochas ou cavando buracos no solo, comportamentos não compatíveis com animais de grande porte” (LOPES; ROSSO, 2016b, p. 244). Embora o texto não mencione outros fatores que estiveram envolvidos em sua extinção como, por exemplo, o fato de eles não precisarem ingerir grandes quantidades de alimentos para sobreviverem quando comparados aos grandes répteis. A informação a respeito da paleotoca, isto é, do abrigo subterrâneo pré-histórico, se configura como uma

informação atual, uma vez que no estado de Minas Gerais, por exemplo, foi encontrada, recentemente, a primeira da América do Sul, datada do final do Cretáceo, e que teria abrigado um crocodiliano (MARTINELLI et al. 2019).

No tópico sobre aves, o livro traz a informação de que elas surgiram no Mesozoico e “situam-se dentro do grupo dos dinossauros Theropoda, mais próximas dos Deinonychosauria” (LOPES; ROSSO, 2016b, p. 250), e que os avianos foram o único grupo de dinossauros que sobreviveram à extinção do Cretáceo. Além disso, menciona, corretamente, algumas características comuns entre dinossauros avianos e não-avianos: o grande número de vértebras no pescoço, que tem forma de “S”, os ossos pneumáticos e a comparação dos dedos dos pés dos dois grupos. O LD8, ao contrário do LD3 e LD54, afirma que “a primeira ave a surgir provavelmente foi *Archaeopteryx lithographica*”, logo, posicionando-o dentro do clado Avialae, e que “com as crescentes descobertas de novos fósseis, a origem das aves continua em debate” (LOPES; ROSSO, 2016b, p. 250).

Quanto ao tópico Mammalia, é mencionado que “os registros fósseis mais antigos de um mamífero datam de 225 milhões de anos, no início do Jurássico” (LOPES; ROSSO, 2016b, p. 252). De acordo com a literatura científica, esta informação está incorreta, pois os dados posicionam o surgimento dos primeiros mamíferos no final do Triássico (DEBUYSSCHERE; GHEERBRANT; ALLAIN, 2015). Além disso, os autores não fornecem nenhum exemplo fóssil descoberto. Também apresenta a ideia clássica e equivocada de que os mamíferos do mesozoico eram todos de pequeno porte, inexpressivos, insetívoros e de hábitos noturnos.

No entanto, atualmente, já se descobriram fósseis de espécies bem maiores, tais como *Castorocauda lutrasimilis*, um mamífero semi-aquático do tamanho de um castor, *Repenomamus robustus*, mamífero terrestre do tamanho de um gato (inclusive, um predador de pequenos dinossauros), *Repenomamus giganticus*, do tamanho de um cachorro labrador (HU et al. 2005; JI et al. 2006), entre outros. Também foram encontrados vários fósseis – incluindo fragmentos pós-cranianos de dinossauros, isto é, membros e costelas – que exibiam marcas de dentes feitas por pequenos mamíferos chamados multituberculados. Isso significa que até mesmo os pequenos mamíferos não eram apenas insetívoros como a visão clássica os reconstrói (LONGRICH; RYAN, 2010).

Quanto às atividades, o livro traz apenas uma, sobre um modelo polêmico a respeito da origem dos primatas durante o mesozoico, o que, sob esta hipótese, estenderia a origem do grupo para uma época anterior ao que é hoje aceito. O exercício acompanha um gráfico com a escala geológica, porém não informa se esse ancestral comum mesozoico apresenta registro fóssil.

LD9

O LD9 foi o volume no qual se utilizou mais elementos paleontológicos, quando comparado às outras obras da mesma coleção, sendo distribuído em 23 páginas, o que perfaz 8% do conteúdo total do livro. Esse conteúdo paleontológico se distribui em três capítulos: Biotecnologia, Processos evolutivos e Evolução humana. Os conteúdos básicos são trabalhados por meio dos temas “Definição de Fósseis”, “Processos de Fossilização”, “Importância dos Fósseis”, “Tipos de Fossilização” e “Datação de Fósseis”, e os amplos por meio de temas

como “Fósseis como evidências da Evolução das Espécies” e “Extinções em Massa”, bem como por meio de figuras e atividades.

Um assunto importante e atualizado nesse livro se encontra no capítulo Biotecnologia, onde, ao se discutir a possibilidade de recuperação de espécies extintas, é feita menção ao filme Jurassic Park e à proposta que a filmografia traz a respeito da desextinção de espécies de dinossauros a partir da recuperação de material genético extraído do interior de insetos aprisionados em âmbar. É importante unir a cultura pop e conteúdos paleontológicos a fim de trazer o aluno para um contexto mais familiar, facilitando, assim, a assimilação de conteúdos.

Embora o filme date da década de 1990, o mesmo adiantou descobertas científicas como os achados de vestígios de DNA em dinossauros que viriam décadas mais tarde com o avanço da Paleontologia Molecular, mais especificamente por meio de uma de suas abordagens de investigação: a paleogenômica. Pode ser dito que essa é uma abordagem eficiente a se utilizar em um livro didático, isto é, o fato de associar o conhecimento informal que os alunos já trazem como bagagem adquirida a partir da mídia popular com temas relevantes que vêm sendo debatidos no campo da paleontologia. A obra ainda traz o exemplo do Quagga, equino semelhante a uma zebra, extinta por humanos no século XIX, que foi o primeiro animal extinto a ter parte do material genético recuperado e analisado (HIGUCHI et al. 1984).

No capítulo Processos evolutivos, utiliza-se o registro fóssil para discutir a biodiversidade e as extinções em massa ao longo do tempo, no caso, os autores iniciam com uma definição equivocada sobre fósseis, afirmando serem “vestígios de organismos que viveram em épocas remotas da Terra” (LOPES; ROSSO, 2016c, p. 237), o mesmo problema encontrado no LD3. Observou-se que esse é um erro comum que ocorre na maioria das coleções didáticas, com exceção do volume LD6, que compõe a coleção didática 2. Um ponto interessante é que o texto vem acompanhado de um infográfico bem informativo que apresenta todas as grandes extinções em massa ao longo do tempo geológico comparadas com as oscilações no número de famílias taxonômicas, o que sintetiza as informações, facilitando a percepção e compreensão do conteúdo, torna a leitura mais leve e complementa visualmente o texto.

A seguir, no tópico Evidências da evolução, é utilizada uma definição vaga sobre fóssil, o descrevendo como “qualquer indício da presença de organismos que viveram em tempos remotos na Terra” (LOPES; ROSSO, 2016c, p. 238). A seguir, comenta-se de forma superficial e equivocada sobre como se dá o processo de fossilização, dando a entender que tanto o processo de soterramento quanto o de fossilização, especificamente, demoram muito tempo pra ocorrer após a morte do animal. Na realidade, de acordo com os estudos de tafonomia conduzidos nas últimas décadas, espera-se que um soterramento extremamente rápido ocorra a fim de que o processo de mineralização diagenética precoce (fossilização rápida) também se inicie o mais cedo possível para que as estruturas do organismo sejam preservadas (FLESSA, 1993; BRAND et al. 2003; CARVALHO, 2010; GOBBO; BERTINI, 2015; ANDERSON; BELL, 2016; SCHWEITZER et al. 2019).

São percebidos alguns problemas também ao se discutir o tema “Tipos de fossilização”. Embora os autores afirmem que “existem vários processos de

fossilização” (LOPES; ROSSO, 2016c, p. 238), os mesmos tão somente fornecem aos alunos alguns poucos exemplos desses processos, seja na forma de texto, seja por meio de imagens, sendo eles: substituição, mumificação no gelo ou âmbar, e impressões. É fornecida uma figura esquemática com alguns modelos fósseis, tais como o de coprólito, pegada, ovos, impressão de pele e de esqueleto fossilizado, entretanto, a legenda da figura não traz nenhuma explicação ou diferenciação entre os diversos tipos de fossilização pelos quais eles passam. Por outro lado, um aspecto importante da obra relaciona-se à discussão sobre os registros do Período Cretáceo no Brasil. Nesse tópico, o livro traz uma boa explicação sobre regiões no sertão nordestino onde se encontram fósseis do Cretáceo, com foco especial nos dinossauros, bem como fornece ilustrações de mapa, de exposição de fósseis em museu, de sítios fossilíferos das respectivas regiões e de um excerto de um artigo publicado na revista Pesquisa Fapesp, comentando sobre uma dessas regiões.

Ao final do capítulo, encontra-se uma primeira atividade para que o aluno escreva uma carta para Charles Darwin, utilizando, dentre outros, o termo fóssil e como o registro fóssil tem corroborado a Teoria da Evolução desde o século 19. Além dessa, apresenta uma atividade de múltipla escolha a respeito das evidências da evolução biológica na qual apresenta uma opção falsa que descreve os fósseis como sendo uma evidência da evolução, porque supostamente “mostram que os organismos atuais são **mais especializados** e **mais adaptados** que os extintos” (grifo nosso; LOPES; ROSSO, 2016c, p. 258). Entende-se que essa estratégia é interessante, ensinando o estudante, por meio de uma questão falsa, que a evolução biológica não tem compromisso algum com o aumento contínuo e uniforme de complexidade e especialização ao longo do tempo geológico.

No capítulo **Evolução humana**, é importante destacar um ponto positivo da obra, relativo aos exemplos de diversos fósseis de espécies de pré-australopithecíneos, acompanhados de um infográfico ilustrativo das principais espécies do gênero *Homo* ao longo do tempo geológico. Também relata os diversos fósseis já encontrados da espécie *Australopithecus afarensis*, destacando o fóssil mais famoso e completo dessa espécie que recebeu o nome popular de “Lucy”. Também discorre especificamente sobre o gênero *Homo*, discutindo de forma ampla, os principais exemplares fósseis de espécies descobertas pela paleoantropologia, sempre trazendo ilustrações sobre esses ancestrais em seus respectivos paleoambientes, além de uma figura de um mapa mundi demonstrando a dispersão dos hominídeos pelo globo.

Ao final do capítulo, traz atividades a serem respondidas sobre o desenho esquemático dos estágios da evolução humana, estes baseados em achados fósseis, bem como de fósseis encontrados na Etiópia que seriam de um potencial ancestral mais antigo da humanidade datado em 5,8 m.a. Ademais, apresenta uma questão sobre a problemática da mídia popular (desenhos e filmes) retratando a coexistência entre dinossauros e hominídeos, e direciona o estudante a pesquisar e refletir sobre o tempo aproximado que separa os dois grupos de seres vivos. Além disso, há uma questão de múltipla escolha cujo enunciado apresenta informações sobre os fósseis de *H. sapiens* e *H. neanderthalensis* que teriam vivido há cerca de 40 mil anos, e a partir dos quais foi possível extrair e sequenciar seus DNA. Esta atividade solicita que o estudante assinale a opção verdadeira a respeito do entrecruzamento dessas espécies que levou a uma hibridização genética. No tocante a evolução humana, foi possível

observar que este volume possui a melhor e mais completa discussão sobre o tema entre todos os volumes analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora esta investigação tenha permitido encontrar nas coleções didáticas, do Ensino Médio, a presença da maioria dos conteúdos relacionados à paleontologia sugeridos nos PCNEM, essas mesmas coleções revelaram uma tendência à simplificação tanto dos temas básicos quanto dos conteúdos mais amplos ao deixarem de abordar alguns assuntos relevantes para a compreensão de como ocorreu à origem, evolução das formas de vida e dos ecossistemas e extinção ao longo do tempo geológico.

Entende-se que a forma reduzida dos temas, como é encontrada em ambas as coleções didáticas, pode comprometer a discussão e deixar de fora atualizações importantes que enriqueceriam o estudo e a compreensão dos estudantes acerca da importância e da inter-relação da paleontologia com outras áreas das ciências naturais. Observa-se também que a maioria dos volumes analisados utiliza os elementos da paleontologia sem uma conexão com temas de outras áreas da Biologia, e sem contextualização, principalmente no que diz respeito à paleontologia brasileira e suas descobertas fósseis.

O ensino da paleontologia não vem sendo realizado da forma como deveria, o que demonstra que uma análise como esta pode ser utilizada como base para que autores produzam propostas melhores. Frente aos resultados, recomenda-se um maior cuidado no uso de elementos da paleontologia nos livros didáticos, desde o uso de definições exatas e atualizadas, até a necessidade de ampliação dos conteúdos textuais, ilustrativos e avaliativos. Também sugere-se que os assuntos relacionados aos fósseis sejam mais bem articulados com os demais temas biológicos como, por exemplo, Zoologia, Botânica e Biotecnologia, esta última especialmente relacionada a assuntos atuais da Paleontologia Molecular (Paleogenômica).

Com base nesta análise, seus resultados se somam ao conjunto de evidências disponíveis na literatura, e se configuram como ferramentas para a ampliação da discussão sobre como se deve trabalhar a paleontologia em sala de aula, de forma que seja possível preparar melhor os alunos do Ensino Médio para a percepção da importância de conteúdos atualizados dessa ciência. Também é necessária a adesão de professores ao uso de materiais de suporte paradidáticos atualizados, a fim de preencher as lacunas a respeito de conteúdos paleontológicos nos livros didáticos.

Analysis of the use of Paleontology elements in high school biology textbooks

ABSTRACT

Analysis of paleontological contents of textbooks are important so that educators can get to know the reality of the theme's dissemination and obtain information for choosing the best Biology materials. Thus, this work aimed to analyze the use of elements of Paleontology in High School, using as a subsidy Didactic Collections of Biology approved in the PNLD (2018-2020). Three collections of High School Biology were chosen, and each volume was individually evaluated by observing the presence or absence of ten elements related to Paleontology, grouped into basic and broad themes, identifying the total number of pages in which the thematic contents are covered in texts, figures and activities. The results showed that the Didactic Collection 1 (7.3%) is the one with the largest number of pages in which the elements that make up the paleontological themes are addressed, followed by the Didactic Collection 3 (5.3%) and Didactic Collection 2 (4.9%). It is recommended that authors of Biology books for high school take greater care in the use of exact definitions, updating and expanding textual, illustrative and evaluative content, in addition to articulating the fossils with other areas such as Zoology, Botany and Biotechnology, the latter related to current issues of Molecular Paleontology.

KEYWORDS: National Curriculum Parameters. Basic Education. Teaching Palaeontology. Teaching Biology.

REFERÊNCIAS

- AHLBERG, P. Follow the footprints and mind the gaps: A new look at the origin of tetrapods. **Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 109, n. 1-2, p. 115-137, 2018.
- ALMEIDA, C. M.; CARVALHO, A. S. T.; ORIOLI, A. R. Análise dos Conteúdos de Evolução e Geociências em Livros Didáticos do Ensino Médio adotados em Escolas Públicas de Anápolis, Goiás. *In*: CONGRESO IBEROAMERICANO DE INCLUSIÓN EDUCATIVA Y SOCIODIGITAL, 9, 2017. Madrid. **Anais [...]** Madrid: Universidad de Alcalá, 2017. p. 1595–1604.
- ALONSO, P.; *et al.* The avian nature of the brain and inner ear of *Archaeopteryx*. **Nature**, v. 430, p. 666–669, 2004.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. **Terrae Didactica**, v. 16, p. e020028, 2020.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Frequência de preservação de biomateriais não mineralizados no registro fóssil de répteis mesozoicos: uma abordagem sobre pterossauros e répteis marinhos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 44797-44821, 2021a.
- ALVES, E. F.; MACHADO, M. F. Preservação excepcional de biomateriais não mineralizados em fósseis do clado *Avialae*. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 44, p. 37908, 2021b.
- 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.
- ANDERSON, G. S.; BELL, L. S. Impact of Marine Submergence and Season on Faunal Colonization and Decomposition of Pig Carcasses in the Salish Sea. **PLoSOne**, v. 11, n. 3, p. e0149107, 2016.
- ARAÚJO JUNIOR, H. I.; PORPINO, K. O. Análise da Abordagem do Tema Paleontologia nos Livros Didáticos de Biologia. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 33, n. 1, p. 63-72, 2010.
- BASU, A. R.; *et al.* Chondritic meteorite fragments associated with the Permian-Triassic boundary in Antarctica. **Science**, v. 302, n. 5649, p. 1388-92, 2003.
- BERGER, L. R.; *et al.* *Homo naledi*, a new species of the genus *Homo* from the Dinaledi Chamber, South Africa. **eLife**, v. 4, p. e09560, 2015.
- BHATTACHARJEE, Y. On campus. **Science**, v. 305, n. 5688, p. 1237, 2004.

BRAND, L.; *et al.* Decay and Disarticulation of Small Vertebrates in Controlled Experiments. **Journal of Taphonomy**, v. 1, n. 2, p. 69-95, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. v. 2. Brasília, 2006.

BRASIL. Decreto nº. 9.099, de 18 de julho de 2017. **Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático**. Brasília, Ministério da Educação, 2017.

BURKE, A. C.; FEDUCCIA, A. Developmental Patterns and the Identification of Homologies in the Avian Hand. **Science**, v. 278, n. 5338, p. 666-668, 1997.

CARVALHO, I. S. **Paleontologia: conceitos e métodos**. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2010.

CASSAB, R. C. T. Objetivos e princípios. *In*: CARVALHO, L. S (Org.) **Paleontologia**, v. 1. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 3–11.

CRUZ, L. C. O.; MORAES, S. S.; CHAVES, R. S. Importância dada à Paleontologia e Geologia no ensino de Ciências Naturais e Biologia: o que mudou? **Terræ Didática**, v. 15, p. 1–13, 2019.

DAL SASSO, C.; *et al.* New information on the skull of the enigmatic theropod *spinosauros*, with remarks on its size and affinities. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 25, n. 4, p. 888-896, 2005.

DANTAS, M. A. T.; ARAÚJO, M. I. O. Novas tecnologias no ensino de Paleontologia: Cd-rom sobre os fósseis de Sergipe. **Revista Eletrônica de Investigación em Educación em Ciências**, v. 1, n. 2, p. 27-38, 2006.

DEBUYSSCHERE, M.; GHEERBRANT, E.; ALLAIN, R. Earliest known European mammals: a review of the Morganucodonta from Saint-Nicolas-de-Port (Upper Triassic, France). **Journal of Systematic Palaeontology**, v. 13, n. 10, p. 825-855, 2015.

ERICKSON, G. M.; *et al.* Was Dinosaurian Physiology Inherited by Birds? Reconciling Slow Growth in *Archaeopteryx*. **PLoSOne**, v. 4, n. 10, p. e7390, 2009.

FEDUCCIA, A.; NOWICKI, J. The hand of birds revealed by early ostrich embryos. **Die Naturwissenschaften**, v. 89, n. 9, p. 391–393, 2002.

FEDUCCIA, A.; LINGHAM-SOLIAR, T.; HINCHLIFFE, J. R. Do feathered dinosaurs exist? Testing the hypothesis on neontological and paleontological evidence. **Journal of morphology**, v. 266, n. 2, p. 125–166, 2005.

FLESSA, K. W. Time-averaging and temporal resolution in Recent marine shelly faunas. *In*: KIDWELL, S. M.; BEHRENSMEYER, A. K. (Orgs). Taphonomic Approaches to Time Resolution in Fossil Assemblages. **Short Courses in Paleontology**, n. 6, p. 9-33, 1993.

GOBBO, S. R.; BERTINI, R. Tecidos moles (não resistentes): como se fossilizam? **Terræ Didactica**, v. 10, n. 1, p. 2-13, 2015.

GOMES, R. Análise e Interpretação de dados de pesquisa qualitativa. In: MINAYO, M. C. S. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 28 ed. Petrópolis: Vozes, 2009.

GOMES, W. A.; *et al.* Biomoléculas em fósseis de mamíferos cenozoicos: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em fósseis recuperados de diferentes contextos tafonômicos. In: **Paleo RJ/ES Virtual**, Vitória-ES, 2020a.

GOMES, W. W.; *et al.* Paleontologia molecular do Cenozoico: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em mamíferos encontrados em depósitos sedimentares pouco favoráveis à preservação. In: **Paleo RJ/ES Virtual**, Vitória-ES, 2020b.

GREGORY, W. K. *Hesperopithecus* apparently not an ape nor a man. **Science**, v. 66, n. 1720, p. 579-81, 1927.

HARRIS, M. P.; *et al.* The Development of Archosaurian First-Generation Teeth in a Chicken Mutant. **Current Biology**, v. 16, n. 4, p. 371-7, 2006.

HIGUCHI, R.; *et al.* DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. **Nature**, v. 312, n. 5991, p. 282-284, 1984.

HINCHLIFFE, R. The Forward March of the Bird-Dinosaurs Halted? **Science**, v. 278, n. 5338, p. 596-597, 1997.

HU, Y.; *et al.* Large Mesozoic mammals fed on young dinosaurs. **Nature**, v. 433, n. 7022, p. 149-52, 2005.

JAMES, F. C.; POURTLESS IV, J. A. Cladistics and the origin of birds: A review and two new analyses. **Ornithological Monographs**, v. 66, p. 1–78, 2009.

Jl, Q.; *et al.* A Swimming Mammaliaform from the Middle Jurassic and Ecomorphological Diversification of Early Mammals. **Science**, v. 311, n. 5764, p. 1123-1127, 2006.

KING, H. M.; *et al.* Behavioral evidence for the evolution of walking and bounding before terrestriality in sarcopterygian fishes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 52, p. 21146–21151, 2011.

LEE, M. S. Y.; WORTHY, T. H. Likelihood reinstates *Archaeopteryx* as a primitive bird. **Biology Letters**, v. 8, p. 299–303, 2012.

LINGHAM-SOLIAR, T.; FEDUCCIA, A.; WANG, X. A new Chinese specimen indicates that ‘protofeathers’ in the Early Cretaceous theropod dinosaur *Sinosauropteryx* are degraded collagen fibres. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1620, p. 1823-1829, 2007.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia hoje**. 3 ed. v. 1. São Paulo: Ática, 2016a.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia hoje**. 3 ed. v. 2. São Paulo: Ática, 2016b.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.; PACCA, H. **Biologia hoje**. 3 ed. v. 3. São Paulo: Ática, 2016c.

LONGRICH, N. R.; RYAN, M. J. Mammalian tooth marks on the bones of dinosaurs and other Late Cretaceous vertebrates. **Paleontology**, v. 53, n. 4, p. 703-709, 2010.

LOPES, S.; ROSSO, S. **BIO**. 3 ed. v. 1. São Paulo: Saraiva, 2016a.

LOPES, S.; ROSSO, S. **BIO**. 3 ed. v. 2. São Paulo: Saraiva, 2016b.

LOPES, S.; ROSSO, S. **BIO**. 3 ed. v. 3. São Paulo: Saraiva, 2016c.

LUCAS, S. G. *Thinopus* and a Critical Review of Devonian Tetrapod Footprints. **Ichnos**, v. 22, n. 3-4, p. 136-154, 2015.

MARINHO, L. C.; SETÚVAL, F. A. R.; AZEVEDO, C. O. Botânica geral de angiospermas no ensino médio: uma análise comparativa entre livros didáticos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 237-258, 2015.

MARTINELLI, A. G.; *et al.* Palaeoecological implications of na Upper Cretaceous tetrapod burrow (Bauru Basin; Peirópolis, Minas Gerais, Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 528, p. 147-159, 2019.

MORELL, V. *Archaeopteryx*: Early Bird Catches a Can of Worms. **Science**, v. 259, n. 5096, p. 764–5, 1993.

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

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Cadernos de Pesquisa em Administração**, v. 1, p. 1-5, 2003.

NIEDŹWIEDZKI, G.; *et al.* Tetrapod trackways from the early Middle Devonian period of Poland. **Nature**, v. 463, p.43–48, 2010.

OLIVA, E. **Ensino da Paleontologia em espaços não formais**. 2018. 105f. Dissertação (Mestrado em Paleontologia). Universidade de Évora/ Universidade Nova de Lisboa, Évora, Lisboa, 2018.

POREDA, R. J.; BECKER, L. Fullerenes and Interplanetary Dust at the Permian-Triassic Boundary. **Astrobiology**, v. 3, n. 1, p. 75-90, 2003.

QIANG, J.; *et al.* Two feathered dinosaurs from northeastern China. **Nature**, v. 393, p. 753–761, 1998.

QUICK, D. E.; RUBEN, J. A. Cardio-pulmonary anatomy in theropod dinosaurs: Implications from extant archosaurs. **Journal of morphology**, v. 270, n. 10, p. 1232–1246, 2009.

RUBEN, J. Paleobiology and the origins of avian flight. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 107, n. 7, p. 2733–2734, 2010.

RUBEN, J. Avian Evolution: The Fossil Record of Birds and Its Paleobiological Significance. **The Auk: Ornithological Advances**, v. 134, n. 4, p. 925-926, 2017.

RUSSELL, M. **The Piltdown Man Hoax: Case Closed**. 1 ed. Stroud: The History Press, 2012.

SCHWARZ, D.; *et al.* Ultraviolet light illuminates the avian nature of the Berlin *Archaeopteryx* skeleton. **Scientific Reports**, v. 9, p.6518, 2019.

SCHWEITZER, M. H.; *et al.* Analyses of soft tissue from *Tyrannosaurus rex* suggest the presence of protein. **Science**, v. 316, n. 5822, p. 277-280, 2007.

SCHWEITZER, M. H.; *et al.* Paleoproteomics of Mesozoic Dinosaurs and Other Mesozoic Fossils. **Proteomics**, v. 19, n. 16, p. 1800251, 2019.

SILVA, D. C.; *et al.* Paleontologia e ensino de ciências: uma análise dos documentos oficiais e materiais presentes nos anos finais do ensino fundamental. **ACTIO**, v. 4, n. 1, p. 111-126, 2019.

SILVA, C. N.; *et al.* Paleontologia e Ensino básico: análise dos parâmetros curriculares nacionais e dos livros didáticos em Juiz de Fora, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 24, n. 1, p. 62–69, 2021.

TOHVER, E.; *et al.* Geochronological constraints on the age of a Permo–Triassic impact event: U–Pb and $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ results for the 40 km Araguinha structure of central Brazil. **Geochimica et Cosmochimica**, v. 86, p. 214-227, 2012.

TOHVER, E.; *et al.* Shaking a methane fizz: Seismicity from the Araguinha impact event and the Permian–Triassic global carbon isotope record. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 387, p. 66-75, 2013.

VALCO, J. O.; CORIA, R. New specimen of *Giganotosaurus carolinii* (Coria & Salgado, 1995), supports it as the largest theropod ever found. **Gaia**, v. 15, p. 117-122, 1998.

VOETEN, D. F. A. E.; *et al.* Wing bone geometry reveals active flight in *Archaeopteryx*. **Nature Communications**, v. 9, p.923, 2018.

VAN DEN BERGH, G. D.; *et al.* *Homo floresiensis*-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores. **Nature**, v. 534, n. 7606, p. 245-248, 2016.

VON FRESE, R. R. B.; *et al.* Satellite magnetic anomalies of the Antarctic Wilkes Land impact basin inferred from regional gravity and terrain data. **Tectonophysics**, v. 585, p. 185-195, 2013.

ZHLRNAN, A. L.; LOWENSTEIN, J. False Start of the Human Parade. **Natural History**, p. 86-91, 1979.

ZHOU, Z.; WANG, X. A new species of Caudipteryx from the Yixian Formation of Liaoning, northeast China. **Vertebrata Palasiatica**, v. 38, n. 2, p. 113–130, 2000.

Recebido: 31 mai. 2021

Aprovado: 13 ago. 2021

DOI: 10.3895/actio.v6n2.14360

Como citar:

ALVES, E. F.; LIPPI, M. do S. S. P. Análise do uso de elementos da paleontologia em livros didáticos de biologia no ensino médio. **ACTIO**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 1-24, mai./ago. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Everton Fernando Alves

Rua Dirce Bassi Rigoldi, n. 283-B, Jardim Colina Verde, Maringá, Paraná, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

