

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

Curso Ciências Biológicas

Everton Fernando Alves

**ANÁLISE DO USO DE ELEMENTOS DA PALEONTOLOGIA EM
LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO**

São Paulo

2022

Everton Fernando Alves

**ANÁLISE DO USO DE ELEMENTOS DA PALEONTOLOGIA EM
LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Me. Maria do Socorro Pereira Lippi

São Paulo

2022

A477a Alves, Everton Fernando.

Análise do uso de elementos da paleontologia em livros didáticos de biologia do ensino médio / Everton Fernando Alves. — São Paulo, 2022.

20 p.: il., color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) — Universidade Santo Amaro, 2022.

Orientadora: Prof.^a Maria do Socorro Pereira Lippi.

1. Ensino médio. 2. Livro. 3. Paleontologia. I. Lippi, Maria do Socorro Pereira, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

Análise do uso de elementos da Paleontologia em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio

Everton Fernando Alves
Maria do Socorro Silva Pereira Lippi

Resumo

O livro didático ainda hoje é um dos principais norteadores do processo de ensino-aprendizagem no Ensino Médio. Análises de conteúdos da Paleontologia inseridos nesse material são importantes para que educadores possam conhecer a realidade atual da veiculação de tal tema nos livros e fornecer informações úteis na escolha de melhores livros didáticos de Biologia quanto à temática paleontológica. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar quantitativamente 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 atentamente a presença ou ausência de 10 (dez) temas selecionados da Paleontologia, agrupados em temas básicos e mais 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 elementos da Paleontologia, desde definições exatas e atualizadas, até a necessidade de ampliação dos conteúdos textuais, ilustrativos e avaliativos. Adicionalmente, deve haver uma melhor articulação dos conteúdos relacionados aos fósseis com outras áreas biológicas como a Zoologia, Botânica e a Biotecnologia, esta última especialmente relacionada a assuntos atuais da Paleontologia Molecular (Paleogenômica e Paleoproteômica).

Palavras-chave: Parâmetros Curriculares Nacionais, Educação Básica, Ensino de Paleontologia, Ensino de Biologia.

1. Introdução

Os livros didáticos têm sido alvo de estudos porque, 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.^{1,2}

Muitos 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).²⁻⁸

A Paleontologia, do grego *palaios*= “antigo”; *onto*= “ser”; *logos* = estudo, é um campo científico interdisciplinar que 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.^{2,7, 9,10}

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 do tempo geológico a partir de registros de vida pré-histórica preservada nas rochas e da compreensão acerca do estabelecimento dos ecossistemas atuais a partir das dinâmicas evolutivas associadas à bio-geosfera pretérita.^{2,11} Contudo, a esse conteúdo paleontológico tem sido destinado um espaço limitado para sua abordagem na disciplina de Biologia em sala de aula. Por isso, é necessário compreender como conteúdos paleontológicos 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.

Entretanto diversas pesquisas relataram que, embora continuamente revisados e avaliados, muitos livros didáticos de Biologia apresentam equívocos e falta de conceitos mais claros que podem comprometer a qualidade do ensino da Paleontologia.^{1,2,7,12} 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.^{2,4}

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.⁷ 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 à temática paleontológica, além de auxiliar os autores de livros a aprimorarem seus manuscritos a partir da identificação de erros contidos nesses materiais analisados.⁴

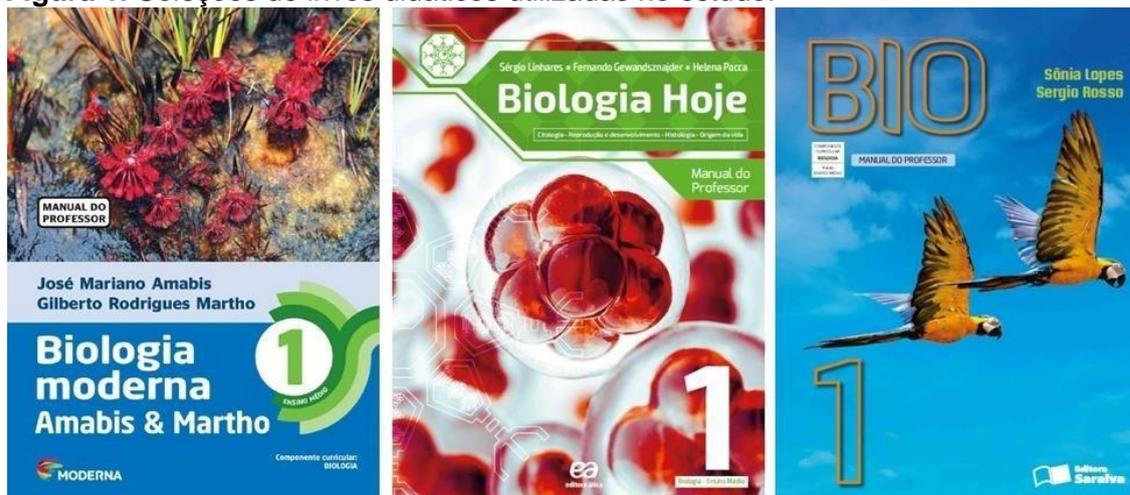
2. Objetivo

Analisar quantitativamente o uso de elementos da Paleontologia no Ensino Médio, utilizando como subsídio coleções didáticas de Biologia aprovadas no PNL (2018-2020).

3. Material e Métodos

Trata-se de um estudo de caráter qualitativo. No caso, a investigação conduzida neste trabalho foi de ordem exploratória tendo um caráter de pesquisa documental que possibilita um contato direto entre o pesquisador e o objeto da pesquisa.¹³ Nesse sentido, o objetivo de estudo foi constituído de três coleções de livros didáticos (Figura 1). As coleções são conjuntos de livros publicados em volumes separados pelos mesmos autores e destinados aos três anos do Ensino Médio.⁴

Figura 1. Coleções de livros didáticos utilizadas no estudo.



Fonte: autoria própria (2021).

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);¹⁴ 2) ter sido publicadas nos últimos cinco anos, sendo ainda utilizados atualmente no Ensino Médio; e 3) ter sua origem a partir de diferentes autores e editoras, e estas estarem disponíveis gratuitamente na internet.

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 e Martho	Moderna	1	2016 ¹⁵
LD2	Biologia Moderna	Amabis e Martho	Moderna	2	2016 ¹⁶
LD3	Biologia Moderna	Amabis e Martho	Moderna	3	2016 ¹⁷
LD4	Biologia Hoje	Linhares, Gewandsznajder e Pacca	Ática	1	2016 ¹⁸
LD5	Biologia Hoje	Linhares, Gewandsznajder e Pacca	Ática	2	2016 ¹⁹
LD6	Biologia Hoje	Linhares, Gewandsznajder e Pacca	Ática	3	2016 ²⁰
LD7	BIO	Lopes e Rosso	Saraiva	1	2016 ²¹
LD8	BIO	Lopes e Rosso	Saraiva	2	2016 ²²
LD9	BIO	Lopes e Rosso	Saraiva	3	2016 ²³

Fonte: autoria própria (2021). Legenda: LD, Livro Didático; Vol, Volume.

Inicialmente, foram analisadas as diretrizes dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM). Em seguida, foram selecionados os temas relativos à Paleontologia a serem analisados nos livros didáticos. Para tanto, o tópico “fósseis” deveria estar associado aos elementos temáticos da Paleontologia a serem selecionados. Para análise dos conteúdos, foram então selecionados dez temas da Paleontologia, desde assuntos básicos até os mais amplos, observando-se atentamente a presença ou ausência de tais elementos temáticos nos textos, figuras e atividades de cada um dos volumes que compõe as coleções analisadas, conforme critérios estabelecidos em trabalho prévio de Silva et al.²

Os dez temas selecionados foram: 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; 8) Fósseis relacionados à Origem da Vida; 9) Fóssil como evidência da Evolução das Espécies; 10) Extinções em Massa.

Durante a análise dos conteúdos, foram investigados em textos e atividades determinados elementos da Paleontologia como definições, processos, novidades da Paleontologia e demais menções à temática, principalmente em torno do objeto de estudo fóssil. Em relação às figuras, foi realizado um rastreamento em busca de fotos 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 conteúdos paleontológicos em cada um dos volumes analisados seguiu o método utilizado por Araújo Júnior e Porpino.⁴ 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.

4. Resultados e Discussão

O Quadro 1 apresenta de forma sintetizada a identificação de conceitos da Paleontologia, agrupados em dez temas, 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.

Temas	LD1	LD2	LD3	LD4	LD5	LD6	LD7	LD8	LD9
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
Tempo Geológico e suas subdivisões		X	X	X	X		X		
Fósseis relacionados à Origem da Vida		X	X	X	X		X	X	
Fóssil como evidência 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). Legenda: LD, Livro Didático.

4. 1. Coleção Didática 1

Percebeu-se que, para cada um dos volumes analisados, os elementos da Paleontologia encontram-sedistribuídos em diferentes capítulos. A única exceção é o LD1 para o qual não foi encontrado nenhum tipo de conteúdo relacionado à Paleontologia.

4. 1. 1. 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 perfazem o total de 3,6% de todo o conteúdo abordado 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. Por outro lado, são abordados elementos relacionados aos fósseis em temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies” e “Extinções em Massa”, além de trazer figuras e atividades – embora não estivessem presentes em todos os capítulos e nem nas quantidades ideais – relacionadas a cada um dos temas abordados. Além disso, perceberam-se escassos o uso de exemplos de espécies fósseis já descobertas pelos paleontólogos que seriam úteis para inserção e discussão no início de cada tópico relacionado à origem e evolução dos diversos grupos e subgrupos animais e vegetais distribuídos ao longo do tempo geológico.

4. 1. 2. LD3

No LD3, temas relacionados à Paleontologia são encontrados em três capítulos relacionados aos *Fundamentos da evolução biológica*, *A origem de novas espécies* e *Evolução humana*, cujo número de páginas nos quais os temas se inserem é muito mais expressivo que o volume anterior, da mesma coleção, equivalendo 17% do conteúdo total deste 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, fezes, troncos, entre outros, os autores descrevem-no como vestígios, em uma única categoria, quando, na verdade, o correto seria separá-los em duas categorias: restos e vestígios. Ademais, a descrição do processo de fossilização é superficial, não permitindo ao aluno entender as diversas variáveis agindo em conjunto para que esse fenômeno possa ou não acontecer. Em um tópico sobre os tipos de fossilização, os autores fazem uma menção superficial ao temas e cometem o mesmo erro anterior de associar restos esqueléticos

a vestígios. Se não bastasse, os autores confundem o processo de substituição com o de permineralização.

No 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 tecidos moles não mineralizados.^{10,24,25} No último tópico, relacionado ao Tempo geológico, a descrição sobre a formação da coluna geológica e as menções a divisão da coluna geológica 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 também se inserem em temas mais amplos, tais como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fóssil como evidência 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 são elaboradas tendo como base uma definição equivocada de fóssil. Ademais, no tópico no qual se discute algumas das Extinções em Massa, mais especificamente sobre a extinção Permo-Triássica, os autores afirmam equivocadamente que não foram encontradas marcas de impacto de asteroide desse período, quando, na verdade, temos uma dessas marcas de impacto datadas de 254,7 Ma em nosso País, na região de Araguainha, Mato Grosso.^{26,27} Ademais, existem evidências de cratera e de fragmentos de meteoritos também desse período na região da Antártica.²⁸⁻³⁰

Já no tópico relacionado à origem das aves, faz-se uma referência ao *Archaeopteryx lithographica* como um dinossauro não aviano emplumado do final do Jurássico. Entretanto, essa informação está desatualizada, uma vez que existem múltiplas evidências de que *Archaeopteryx* era uma das primeiras aves verdadeiras que compunha a base do clado Avialae.³¹⁻³⁶ 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.^{17,p.12.}

Em suma, considerando que a soma de todas as páginas dos três volumes da Coleção Didática 1 até então analisada é de 801 páginas, e que o número de páginas destinadas aos elementos da Paleontologia é de 59 páginas, o espaço ocupado pelos temas paleontológicos é de aproximadamente 7,3% do total.

4. 2. Coleção Didática 2

4. 2. 1. LD4

No LD4, o uso de elementos da Paleontologia é menos expressivo (3,8% do total), sendo registrado 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”, “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies”, “Extinções em Massa”, bem como por meio de figuras e atividades.

No tópico destinado à discussão da origem da vida e do papel dos fósseis como evidência para compreensão do surgimento dos seres vivos neste planeta, 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 recentes a respeito do tema. No caso, não se mencionou nenhuma evidência contrária associada à 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.⁴

Um aspecto importante deste livro diz respeito a um tópico, Vida na Terra, relacionado à Evolução das espécies, no qual os autores fornecem alguns poucos exemplos fósseis de gêneros mais antigos para grupos de seres vivos pluricelulares, desde o Pré-Cambriano (entre 635 e 542 Ma) até o final da Era Mesozoica. À propósito, se limitando ao uso de ilustrações dos espécimes em seus paleoambientes, enquanto, por outro lado, há a presença de apenas uma foto de uma ave fóssil do Cretáceo.

No caso da ave fóssil, este livro traz corretamente a questão da Evolução das aves a partir de dinossauros emplumados, fornecendo como exemplos alguns dos fósseis já descobertos de aves primitivas como *Sinornithosaurus millenii*, *Sinosauropteryx* ou *Protarchaeopteryx*, inclusive, com ilustrações de dinossauros e do *Archaeopteryx*. Em relação ao tema “Extinções em Massa”, o conteúdo é escasso, apresentando breves descrições bem generalistas em dois momentos distintos.

Quanto à presença de atividades relacionadas à Paleontologia neste livro, verificou-se que nenhum exercício foi inserido no primeiro capítulo, enquanto que, no segundo capítulo analisado, os autores dedicaram apenas uma única atividade a ser respondida que associasse questões sobre a presença de fósseis gigantes no Carbonífero e a possível relação com o nível de oxigênio na atmosfera.

4. 2. 2. LD5

No LD5, a presença de conteúdos da Paleontologia é um pouco mais expressiva (4,2% do total) em relação ao volume anterior analisado, sendo inserida em cinco capítulos, a saber: *Classificação dos seres vivos, Briófitas e pteridófitas, Poríferos e Cnidários, Anfíbios e Répteis e Aves e Mamíferos*. Assim como o volume anterior, este livro, que, aliás, compõe a mesma coleção didática, 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 “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies”, além de trabalhar o tema dos fósseis a partir de figuras e atividades. Acredita-se que a ausência de uso dos elementos básicos da Paleontologia nos livros didáticos prejudica a discussão a respeito da Evolução das espécies, limitando o exercício do raciocínio crítico, essencial para discussões mais amplas, como as que são discutidas neste livro, a respeito da origem dos grandes grupos de animais vertebrados.

No capítulo sobre Anfíbios e Répteis, ao se discutir a evolução do grupo, menciona-se a transição entre os peixes com nadadeiras volumosas e os primeiros tetrápodes, trazendo exemplos de fósseis, tais como do *Panderichthys* (peixe), e dos tetrápodes pioneiros *Acanthostega* (datado de 365 Ma) e *Tiktaalik roseae* (datado de 375 Ma). No entanto, deixa de fora evidências mais atuais que, ou contestam o gênero *Tiktaalik* como sendo o elo transicional entre tetrápodes e peixes, ou cria-se novas hipóteses de como essas pegadas teriam sido deixadas naquelas regiões.^{37,38} No caso, foram descobertas na Polônia pegadas de membros superiores e inferiores,

datadas de aproximadamente 395 Ma, isto é, 18 milhões de anos antes do *Tiktaalik*. As pegadas são de tamanhos e características variadas, tendo registros isolados de até 26 centímetros de largura, o que indica que os animais que o fizeram teriam cerca de 2,5 metros de comprimento.

No capítulo Aves e Mamíferos, ao se discutir a evolução das aves, o livro traz uma discussão sobre a origem das aves a partir de dinossauros terópodes emplumados, trazendo exemplo de alguns fósseis dos gêneros *Archaeopteryx* (datado de 150 Ma) e *Caudipteryx* e *Protarchaeopteryx*, ambos com 145 Ma, inclusive, posicionando-os corretamente no clado Avialae. Como complemento, o livro traz uma paleoarte que ilustra um velociraptor emplumado carregando uma presa, incluso, acompanhada de uma legenda que explica a presença de penas em alguns dinossauros baseada em descobertas do registro fóssil

Um ponto interessante nesta obra é que, diferentemente dos outros livros, este volume insere novidades da Paleontologia. A primeira delas relaciona-se a notícia de uma pesquisa na qual foi possível *religar* genes adormecidos de aves atuais resultando na expressão/formação de dentes semelhantes às de ancestrais de aves.³⁹ Além disso, e o mais notável, é menção a uma notícia sobre a descoberta feita por pesquisadores da Paleontologia Molecular, cuja área tem revolucionado a ciência, a respeito da preservação de tecidos moles não mineralizados. No caso, descreve a primeira extração da proteína colágeno a partir de um osso fóssil femural de um tiranossauro datado de 68 Ma e a comparação desse colágeno com o de uma galinha atual, constatando suas semelhanças.⁴⁰

Quanto às atividades, observou-se que nem todos os capítulos analisados trazem atividades que incluem elementos da Paleontologia e, quando o fazem, são poucas atividades que abordem algum conteúdo relacionado aos fósseis. Porém, vale destacar uma dessas atividades, a ser realizada em grupo, na qual 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 faz 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.

4. 2. 3. 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*. Esta obra representa o volume que inseriu conteúdos paleontológicos com mais expressividade, dentre os outros que compõem a mesma coleção, 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”, deixando de fora da discussão questões relacionadas ao “Tempo Geológico e suas subdivisões”. Por outro lado, representa o único livro da coleção a fornecer ao aluno, embora superficial, uma definição a respeito do que vem a ser a Paleontologia. No tópico sobre Fósseis, os autores trazem uma definição de fóssil na qual se separa os seus dois tipos: restos e vestígios. A análise aponta que esse é o único volume a trazer corretamente essa divisão. Mas, embora traga exemplos do que são *vestígios*, a mesma preocupação não houve com os *restos*, resultando a vaga a ideia do que realmente significa tal

termo. Ademais, todos os outros temas básicos são trabalhados superficialmente, seja a partir das definições e exemplos utilizados ou das ilustrações escolhidas. É interessante relatar que este volume é o único a fornecer foto sobre o trabalho de escavação dos paleontólogos.

Já em relação aos temas mais amplos, o único representante foi sobre “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies”, além de compor figuras e atividades. No capítulo sobre *A evolução humana*, o livro traz a ilustração de um australopitecíneo, baseado no que se conhece do registro fóssil, e traz tópicos separados sobre os clássicos exemplos dos principais grupos de homínidos (pré-australopitecíneos, Australopiteco e o gênero *Homo* e suas principais espécies), usando exemplos de fósseis encontrados e seus encaixes nos devidos tempos geológicos. Porém, toda a temática é abordada de forma desatualizada e generalista, em apenas quatro páginas, deixando de fora atualizações importantes que a Paleontologia descobriu nas últimas décadas como, por exemplo, as espécies *Homo floresiensis*⁴¹ e *Homo naledi*.⁴²

Interessante seria, para o exercício do raciocínio crítico dos estudantes e para abordagem transparente de aspectos históricos, a inserção, neste volume, de exemplos dos principais erros cometidos a respeito de supostas espécies encontradas no campo da Paleontologia, tais como *Ramapithecus*,⁴³ *Eanthropos dawsoni* (Homem de Piltown),⁴⁴ *Hesperopithecus haroldcookii* (Homem de Nebraska),⁴⁵ entre outras⁴⁶.

Quanto às atividades, percebe-se que a quantidade de questões que envolvem o uso de elementos da Paleontologia é suficiente, com variedades de temas abordados, tais como: “Definição de Fósseis”, “Processos de Fossilização”, “Datação de Fósseis”, “Fósseis como evidência da Evolução das Espécies”, além de conceitos de fósseis de transição e a evolução humana a partir de cada uma das espécies fósseis encontradas.

Em suma, considerando que a soma de todas as páginas dos três volumes da Coleção Didática 2 analisada é de 855 páginas, e que o número de páginas destinadas aos elementos da Paleontologia é de 42 páginas, o espaço ocupado pelos temas paleontológicos é de aproximadamente 4,9% do total.

4. 3. Coleção Didática 3

4. 3. 1. LD7

No LD7, elementos da Paleontologia também são utilizados, porém de forma pouco expressiva (3,8% do total), sendo mencionados em apenas 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 grande parte das discussões para temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida”, “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies”, “Extinções em Massa”, bem como por meio de figuras e atividades.

O tópico sobre a dinâmica da terra e da vida ao longo do tempo chama a atenção, pois informa ao aluno que os fósseis foram utilizados pelos cientistas, dentre outras contribuições, para se dividir o tempo geológico em Eras e demais subdivisões. À propósito, os autores disponibilizam infográficos e demais ilustrações trazendo exemplos de fósseis para cada biota característica 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, inclusive acompanhado de ilustrações sobre o asteroide e a região de impacto. Como sugestão, os autores também inserem exercícios sobre os demais eventos de extinção para pesquisa e apresentação em sala de aula. Em relação às atividades, ainda, 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 períodos geológicos. Além de uma questão sobre os fósseis de animais grandes no período Carbonífero e a relação com o aumento no nível de O₂ na atmosfera.

4. 3. 2. LD8

O LD8 incorpora os conteúdos de Paleontologia de forma um pouco mais expressa em relação ao volume anterior, que compõe a mesma coleção, sendo equivalente a 4,2% do conteúdo total do livro; essas informações são registradas em seis capítulos, sendo eles: *Evolução e classificação, Protista, Origem, evolução e características gerais dos animais, Diversidade animal II, Diversidade animal III e Diversidade animal IV*. Nesta obra, os conceitos básicos da Paleontologia não são trabalhados, enquanto se reserva espaço para discussão dos fósseis atrelados a temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida” e “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies”, além de inserir elementos a partir de figuras e atividades. Nesta obra, os conceitos básicos da Paleontologia não são trabalhados, enquanto se utiliza abordagens fósseis em temas mais amplos como “Fósseis relacionados à Origem da Vida” e “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies”, bem como por meio de figuras e atividades – esta última, apesar de não estar inserida em todos os capítulos.

No capítulo *Diversidade animal IV*, ao se discutir questões sobre o clado Reptilia, o livro traz informações importantes relacionadas aos répteis fósseis, inclusive, sobre os Dinossauros. Acompanham, a seguir, um texto especial e um infográfico sobre o Mesozoico, a Era dos répteis. Entretanto, os autores se equivocam ao afirmarem, em uma legenda de figura, que o gênero de dinossauro terópode *Allosaurus* seria o maior carnívoro que já existiu, uma vez que se conhecem fósseis de espécies ainda maiores como, por exemplo, *Giganotosaurus*⁴⁷ e *Spinosaurus*.⁴⁸

Além disso, a obra fornece informações breves e curtas sobre ictiossauros e pterossauros, sem, no entanto, mencionar que eles não eram dinossauros – confusão freqüente entre a população. Chama a atenção uma informação complementar que a obra traz por meio de um curto texto sobre as rochas triássicas do Rio Grande do Sul como sendo o local de origem dos dinossauros, inclusive, fornecendo uma foto de reconstituição da espécie extinta de dinossauro brasileiro *Pampadromaeus barberenai*. Se não bastasse, o texto explica como os pequenos répteis teriam sobrevivido à grande extinção que ocorreu ao final da Era Mesozoica (66 Ma), informando que eles se abrigaram em paleotocas. Esta se configura como uma informação atual, uma vez que no estado de Minas Gerais, por exemplo, foi encontrado recentemente a primeira paleotoca da América do Sul correspondente ao final do Cretáceo, que teria abrigado um crocodiliano.⁴⁹

No tópico sobre Aves, o livro traz a informação de que elas surgiram no Mesozoico a partir de dinossauros terópodes de pequeno porte, dentro do grupo de Deinonychosauria, e que os avianos foram o único grupo de dinossauros que sobreviveram à extinção do Cretáceo. Além disso, menciona, corretamente, as características comuns entre dinos e aves, a saber: 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. Algumas informações importantes atualizadas que esta obra traz é que o *Archaeopteryx lithographica* é encaixado dentro do clado Avialae, e, segundo os autores, “com as crescentes descobertas de novos fósseis, a origem das aves continua em debate”.^{22,p.250} Geralmente, ambas as informações encontram-se desatualizadas em outras coleções.

No tópico sobre Mammalia, é mencionado que os registros fósseis mais antigos de mamíferos datam do início do Jurássico (225 Ma), sem, contudo, informar quais seriam os exemplares fósseis desses espécimes. Também apresenta a ideia clássica e equivocada de que os mamíferos do mesozóico eram todos de pequeno porte, do tamanho de roedores, 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 ou gambá (inclusive, um predador de pequenos dinossauros), e, *Repenomamus giganticus*, do tamanho de um cachorro labrador.^{50,51} Se não bastasse, foram encontrados vários fósseis – incluindo fragmentos de pós-crânio 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 inexpressivos como a visão clássica os reconstrói.⁵²

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

4. 3. 3. LD9

O LD9 foi o volume no qual se utilizou mais elementos da Paleontologia, quando comparado as outras obras da mesma coleção, perfazendo 8% do conteúdo total do livro. Esse conteúdo paleontológico se distribui em três capítulos, a saber: *Bioteχνologia*, *Processos evolutivos*, *Evolução humana*. 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” e “Datação de Fósseis”. Os conteúdos relacionados a fósseis também são trabalhados por meio de temas mais amplos como “Fóssil como evidência da Evolução das Espécies” e “Extinções em Massa”, bem como por meio de figuras e atividades.

Um assunto importante e atualizado neste livro se encontra no capítulo *Bioteχνologia*, 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 extintas de dinossauros a partir da recuperação de material genético extraído do interior de insetos aprisionados em âmbar.

Embora o filme date da década de 1990, o mesmo certamente adiantou novidades científicas que viriam décadas mais tarde com o avanço da Paleontologia Molecular, mais especificamente em relação a um de seus ramos, a Paleogenômica. Percebe-se que essa é uma abordagem eficiente de ensino em um livro didático, isto é, o fato de associar o conhecimento informal que os alunos já trazem como bagagem de conhecimento adquirido da mídia popular com temas relevantes que vêm sendo debatidos no campo da Paleontologia. Inclusive, a obra ainda traz o exemplo do Quagga, um equino semelhante a uma zebra extinta no século XIX, que foi o primeiro animal a ter parte do material genético recuperado e analisado.⁵³

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 os fósseis, afirmando serem apenas *vestígios* de organismos do passado, o mesmo problema encontrado na coleção didática 1. 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 da obra é que o texto vem acompanhado de um infográfico bem informativo que apresenta todas as grandes extinções em massa ao longo do tempo geológico em comparação com as oscilações no número de famílias taxonômicas.

No tópico a respeito das evidências da evolução, é utilizada uma definição generalista de fóssil. 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.⁵⁴⁻⁵⁹

São percebidos alguns problemas também ao se discutir o tema “Tipos de fossilização”, para o qual apresenta poucos exemplos, seja na forma de texto ou por meio de fotos, sendo eles: substituição, mumificação no gelo ou âmbar e impressões. A seguir, 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 legendada figura não traz nenhuma explicação ou diferenciação entre esses tipos diversos de fossilização. Por outro lado, um aspecto importante da obra relaciona-se à discussão sobre os registros do 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 sítiosossilíferos 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 Darwin, utilizando, dentre outros, o termo fóssil e como o registro fóssil tem corroborado a Teoria da Evolução das espécies no século XXI. Além dessa, apresenta outra atividade a ser respondida a respeito das evidências da evolução biológica e a relação com os fósseis.

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* que participaram da evolução humana ao longo do tempo geológico. Também relata os diversos fósseis já encontrados da espécie *Australopithecus afarensis*, dando foco para a famosa “Lucy”. A seguir, discorre especificamente sobre o gênero *Homo*, e é discutido de forma ampla os diversos exemplares fósseis para cada tipo de espécie distinta já descoberta pela Paleoantropologia, sempre trazendo ilustrações sobre esses ancestrais em seus respectivos paleoambientes, além de uma figura de um mapa mundi a respeito da 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 seria um potencial ancestral mais antigo da humanidade (5,8 Ma). Ademais, traz uma questão sobre a diferença do tempo geológico entre os achados de dinossauros e hominídeos, além de uma questão cujo

enunciado apresenta informações sobre duas espécies do gênero *Homo* que teriam vivido há cerca de 40 mil anos e a partir das quais foi possível extrair e seqüenciar DNA de ossos fossilizados. No tocante ao tema da evolução humana, foi possível observar que este volume foi a melhor e mais completa discussão sobre o tema entre todos os outros volumes analisados.

Em suma, considerando que a soma de todas as páginas dos três volumes da Coleção Didática 3 analisada é de 855 páginas, e que o número de páginas destinadas aos elementos da Paleontologia é de 46 páginas, o espaço ocupado pelos temas paleontológicos é de aproximadamente 5,3% do total.

5. Considerações finais

Os livros precisam ser mais bem construídos em relação à exatidão dos conteúdos evolutivos os quais se propõem explicar. Primeiro, porque o livro didático tem se mostrado fundamental para a formação dos estudantes que possivelmente terão tal material como a única base de referência científica caso não siga carreira universitária. Em segundo lugar, dada a importância da Paleontologia e dos elementos que a constitui como registros da origem da vida e das mudanças ocorridas nos seres vivos ao longo do tempo.

Embora esta investigação tenha permitido encontrar nas Coleções Didáticas analisadas do Ensino Médio a presença de todos os conteúdos relacionados à Paleontologia sugeridos nos PCNEM, essas mesmas coleções revelaram uma tendência à simplificação tanto dos temas básicos quanto dos conteúdos mais amplos da Paleontologia e deixaram de abordar alguns assuntos relevantes para a compreensão de como ocorreu a evolução das formas de vida e dos ecossistemas ao longo da história geológica.

Identificamos que a Coleção Didática 1 (7,3%) é a que possui a maior quantidade de páginas em que os conteúdos são abordados, seguida pelas Coleção Didática 3 (5,3%) e Coleção Didática 2 (4,9%). Foi possível verificar ainda que o LD3 (Coleção Didática 1), embora seja o livro com maior número de temas abordados, também se configura como o livro que apresenta maiores erros conceituais ou de atualização do conhecimento sobre fatos da Paleontologia.

Entendemos 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 subáreas das ciências naturais.

Observamos também que a maioria dos volumes analisados utiliza os elementos da Paleontologia sem uma conexão com temas de outras áreas, e sem contextualização, principalmente no que diz respeito à Paleontologia brasileira e seus fósseis. Além disso, os conteúdos paleontológicos raramente são trabalhados de forma interdisciplinar, com exceção de temas sobre os combustíveis fósseis e a relação com questões ambientais.

O ensino dos fósseis não vem sendo realizado da forma como deveria, o que justifica compreender que uma análise como esta serve de base para que os autores possam produzir propostas melhoras. Frente aos achados, recomendamos um maior cuidado no uso de elementos da Paleontologia, desde definições exatas e atualizadas, até a necessidade de ampliação dos conteúdos textuais, ilustrativos e avaliativos. Também sugerimos que os assuntos relacionados aos fósseis sejam mais bem articulados com os demais temas biológicos, como a Zoologia, Botânica e

Biotecnologia, esta última especialmente relacionada a assuntos atuais da Paleontologia Molecular (Paleogenômica e Paleoproteômica).

Com base nesta análise, estes 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 e de que forma é possível preparar melhor os alunos de Ensino Médio para a fixação e percepção da importância de conteúdos atualizados dessa ciência, além da adesão de professores e gestores quanto ao uso em sala de aula de materiais de suporte paradidáticos atualizados a fim de preencher as lacunas a respeito de conteúdos paleontológicos nos livros didáticos.

Referências

1. Almeida CM, Carvalho AST, Orioli AR. Análise dos conteúdos de evolução e Geociências em livros didáticos do Ensino médio adotados em escolas Públicas de Anápolis, Goiás. Anais do IX Congreso Iberoamericano de Educación Científica y del I Seminario de Inclusión Educativa y Sociodigital (CIEDUC – 2017); Madrid: Espanha. Madrid: Universidad de Alcalá; 2017 p. 1595–1604.
2. Silva CN, Mendes MAF, Carvalho MM, Stroppa GM. Paleontologia e Ensino básico: análise dos parâmetros curriculares nacionais e dos livros didáticos em Juiz de Fora, MG, Brasil. Rev. Bras. Paleontol. 2021; 24(1):62–69.
3. Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Orientações Curriculares para o Ensino Médio; volume 2; 2006.
4. Araújo Junior HI, Porpino KO. Análise da Abordagem do Tema Paleontologia nos Livros Didáticos de Biologia. Anu. Inst. Geociênc. (Online) 2010; 33(1):63-72.
5. Marinho LC, Setúval FAR, de Azevedo CO. Botânica geral de angiospermas no ensino médio: uma análise comparativa entre livros didáticos. Investig. Ensino Ciênc. 2015; 20(3): 237-258.
6. Oliva E. Ensino da Paleontologia em espaços não formais [dissertação]. Évora: Universidade de Évora/Universidade Nova de Lisboa; 2018.
7. Cruz LCO, Moraes SS, Chaves RS. Importância dada à Paleontologia e Geologia no ensino de Ciências Naturais e Biologia: o que mudou? TerraeDidat. 2019;15:1–13.
8. Silva DC, Reis RA, Silva LE, Domiciano TD. Paleontologia e ensino de ciências: uma análise dos documentos oficiais e materiais presentes nos anos finais do ensino fundamental. Actio. 2019; 4(1):111-126.
9. Cassab RCT. Objetivos e princípios. In: Carvalho LS, organizador. Paleontologia. Rio de Janeiro: Interciência; 2010. v.1.
10. Alves EF, Machado MF. Perspectivas atuais sobre tecidos moles não mineralizados em fósseis de dinossauros não avianos. TerraeDidat. 2020;16:e020028.
11. Dantas MAT, Araújo MIO. Novas tecnologias no ensino de Paleontologia: Cd-rom sobre os fósseis de Sergipe. Rev. electrón. investig. educ. cienc. 2006; 1(2):27-38.
12. Megid Neto J, Fracalanza H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. Ciênc. educ. (Bauru) 2003; 9(2):147-157.
13. Neves JL. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. Cad. pesqui. adm. 2003; 1:1-5.
14. Brasil. Ministério da Educação. Decreto nº. 9.099. Dispõe sobre o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Brasília, Ministério da Educação; 2017.
15. Amabis JM, Martho GR. Biologia moderna. 1 ed. São Paulo: Moderna; 2016. v.1.

16. Amabis JM, Martho GR. *Biologia moderna*. 1 ed. São Paulo: Moderna; 2016. v.2.
17. Amabis JM, Martho GR. *Biologia moderna*. 1 ed. São Paulo: Moderna; 2016. v.3.
18. Linhares S, Gewandsznajder F, Pacca H. *Biologia hoje*. 3 ed. São Paulo: Ática; 2016. v.1.
19. Linhares S, Gewandsznajder F, Pacca H. *Biologia hoje*. 3 ed. São Paulo: Ática; 2016. v.2.
20. Linhares S, Gewandsznajder F, Pacca H. *Biologia hoje*. 3 ed. São Paulo: Ática; 2016. v.3.
21. Lopes S, Rosso S. *Bio*. 3 ed. São Paulo: Saraiva; 2016. v.1.
22. Lopes S, Rosso S. *Bio*. 3 ed. São Paulo: Saraiva; 2016. v.2.
23. Lopes S, Rosso S. *Bio*. 3 ed. São Paulo: Saraiva; 2016. v.3.
24. Gomes WA, Machado MF, Bélo P, Alves EF. Biomoléculas em fósseis de mamíferos cenozoicos: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em fósseis recuperados de diferentes contextos tafonômicos. *Paleo RJ/ES Virtual*. Vitória: Brasil. Vitória: Reunião Regional Anual do Núcleo Rio de Janeiro/Espírito Santo da Sociedade Brasileira de Paleontologia; 2020.
25. Gomes WA, Machado MF, Bélo P, Alves EF. Paleontologia molecular do Cenozoico: reivindicações de tecidos moles não mineralizados em mamíferos encontrados em depósitos sedimentares pouco favoráveis à preservação. *Paleo RJ/ES Virtual*. Vitória: Brasil. Vitória: Reunião Regional Anual do Núcleo Rio de Janeiro/Espírito Santo da Sociedade Brasileira de Paleontologia; 2020.
26. Tohver, E, Lana C, Cawood PA, Fletcher IR, Jourdan F, Sherlock S, 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. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2012; 86:214-227.
27. Tohver E, Cawood PA, Riccomini C, Lana CC, Trindade RIF. Shaking a methanefizz: Seismicity from the Araguinha impact event and the Permian–Triassic global carbon isotope record. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2013; 387:66-75.
28. Basu AR, Petaev MI, Poreda RJ, Jacobsen SB, Becker L. Chondritic meteorite fragments associated with the Permian-Triassic boundary in Antarctica. *Science*. 2003; 302(5649):1388-92.
29. Poreda RJ, Becker L. Fullerenes and Interplanetary Dust at the Permian-Triassic Boundary. *Astrobiology*. 2003; 3(1):75-90.
30. von Frese RRB, Kim HR, Leftwich TE, Kim JW, Golynsky AV. Satellite magnetic anomalies of the Antarctic Wilkes Land impact basin inferred from regional gravity and terrain data. *Tectonophysics*. 2013; 585:185-195.
31. Morell V. *Archaeopteryx*: Early Bird Catches a Can of Worms. *Science*. 1993; 259(5096):764–5.
32. Lee MSY, Worthy TH. Likelihood reinstates *Archaeopteryx* as a primitive bird. *Biol. Lett.* 2012; 8:299–303.
33. Alonso P, Milner A, Ketcham R, Cookson MJ, Rowe TB. The avian nature of the brain and innervation of *Archaeopteryx*. *Nature*. 2004; 430:666–669.
34. Erickson GM, Rauhut OWM, Zhou Z, Turner AH, Inouye BD, Hu D, et al. Was Dinosaurian Physiology Inherited by Birds? Reconciling Slow Growth in *Archaeopteryx*. *PLoS One*. 2009; 4(10): e7390.
35. Voeten DFAE, Cubo J, de Margerie E, Röper M, Beyrand V, Bureš S, et al. Wingbone geometry reveals active flight in *Archaeopteryx*. *Nat Commun*. 2018; 9: 923.

36. Schwarz D, Kundrát M, Tischlinger H, Dyke G, Carney RM. Ultraviolet light illuminates the avian nature of the Berlin *Archaeopteryx* skeleton. *Sci Rep.* 2019; 9: 6518.
37. Niedźwiedzki G, Szrek P, Narkiewicz K, Narkiewicz M, Ahlberg PE. Tetrapod trackways from the early Middle Devonian period of Poland. *Nature.* 2010; 463: 43–48.
38. Ahlberg P. Follow the footprints and mind the gaps: A new look at the origin of tetrapods. *Earth Environ Sci Trans R Soc Edinb.* 2018; 109(1-2): 115-137.
39. Harris MP, Hasso SM, Ferguson MWJ, Fallon JF. The Development of Archosaurian First-Generation Teeth in a Chicken Mutant. *Curr Biol.* 2006 Feb 21;16(4):371-7.
40. Schweitzer MH, Suo Z, Avci R, Asara JM, Allen MA, Arce FT, et al. Analyses of soft tissue from *Tyrannosaurus rex* suggest the presence of protein. *Science.* 2007;316(5822), 277-280.
41. van den Bergh GD, Kaifu Y, Kurniawan I, Kono RT, Brumm A, Setiyabudi E, et al. *Homo floresiensis*-like fossils from the early Middle Pleistocene of Flores. *Nature.* 2016 Jun 9;534(7606):245-8.
42. Berger LR, Hawks J, de Ruiter DJ, Churchill SE, Schmid P, Delezene LK, et al. *Homo naledi*, a new species of the genus *Homo* from the Dinaledi Chamber, South Africa. *eLife.* 2015;4:e09560.
43. Zihlman AL, Lowenstein J. False Start of the Human Parade. *J. Nat. Hist.* 1979 Aug./Sep. 1979, pp. 86-91.
44. Russell M. *The Piltdown Man Hoax: Case Closed.* 1. Ed. Stroud: The History Press, 2012. 211p.
45. Gregory WK. *Hesperopithecus* apparently not an ape nor a man. *Science.* 1927 Dec 16;66(1720):579-81.
46. Bhattacharjee Y. On campus. *Science.* 2004; 305(5688):1237.
47. Valco JO, Coria R. New specimen of *Giganotosaurus carolinii* (Coria & Salgado, 1995), supports it as the largest theropod ever found. *Gaia.* 1998;15:117-122.
48. Dal Sasso C, Maganuco S, Buffetaut E, Mendez MA. New information on the skull of the enigmatic theropod *Spinosaurus*, with remarks on its size and affinities. *J. Vertebr. Paleontol.* 2005;25(4):888-896.
49. Martinelli AG, Basilici G, Fiorelli LE, Klock C, Karfunkel J, Diniz AC, et al. Palaeoecological implications of an Upper Cretaceous tetrapod burrow (Bauru Basin; Peirópolis, Minas Gerais, Brazil). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2019; 528:147-159.
50. Hu Y, Meng J, Wang Y, Li C. Large Mesozoic mammals fed on young dinosaurs. *Nature.* 2005; 433(7022):149-52.
51. Ji Q, Luo Z-X, Yuan C-X, Tabrum AR. A Swimming Mammaliaform from the Middle Jurassic and Ecomorphological Diversification of Early Mammals. *Science.* 2006; 311(5764):1123-1127.
52. Longrich NR, Ryan MJ. Mammalian tooth marks on the bones of dinosaurs and other Late Cretaceous vertebrates. *Paleontology.* 2010; 53(4):703-709.
53. Higuchi R, Bowman B, Freiberger M, Ryder OA, Wilson AC. DNA sequences from the quagga, an extinct member of the horse family. *Nature.* 1984 Nov 15-21;312(5991):282-4.
54. Flessa KW. Time-averaging and temporal resolution in Recent marine shelly faunas. *Short Courses in Paleontology* 1993; 6:9-33.

55. Brand L, Hussey M, Chadwick AV, Taylor J. Decay and Disarticulation of Small Vertebrates in Controlled Experiments. *J. Taphonomy* 2003; 1(2):69-95.
56. Carvalho IS. Paleontologia: conceitos e métodos. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência; 2010.
57. Gobbo SR, Bertini R. Tecidos moles (não resistentes): como se fossilizam? *Terra e Didat.* 2015;10(1):2-13.
58. Anderson GS, Bell LS. Impact of Marine Submergence and Season on Faunal Colonization and Decomposition of Pig Carcasses in the Salish Sea. *PLoS One.* 2016; 11(3): e0149107.
59. Schweitzer MH., Schroeter ER, Cleland TP, Zheng W. Paleoproteomics of Mesozoic Dinosaurs and Other Mesozoic Fossils. *Proteomics.* 2019;19(16):1800251.