

PALEONTOLOGIA

ISMAR DE SOUZA CARVALHO
(Editor)



EDITORA INTERCIÊNCIA

Apresentação

No transcorrer do tempo geológico, muitas foram as espécies de animais e vegetais que habitaram nosso planeta. Suas formas, tamanhos e aspectos fisiológicos denotam uma pluralidade ímpar no mundo paleobiológico. São 3,8 bilhões de anos de vida na Terra, tempo durante o qual o mundo orgânico ficou parcialmente preservado através dos fósseis.

O objetivo inicial da Paleontologia é este amplo universo de organismos que existiram em épocas geológicas passadas, e cujos registros foram eternizados nas sucessões litológicas. São bactérias, vegetais aquáticos e terrestres, bem como inúmeros invertebrados e vertebrados. Alguns ainda possuem representantes viventes, enquanto outros são espécimens há muito desaparecidos, e sem nenhum análogo atual.

Os fósseis, evidência direta dos antigos seres vivos, nos informam não apenas sobre a diversidade do mundo orgânico, mas dão, sobretudo, indicações sobre as transformações ambientais no decorrer dos milhões de anos da existência de nosso planeta. As alterações climáticas, geográficas, ecológicas e oceanográficas podem ser deduzidas a partir do conhecimento das interações e variedades da paleobiota. As aplicações dos estudos paleontológicos situam-se, assim, desde o conhecimento teórico do porquê da existência da vida até o seu uso no âmbito da Geologia econômica, visando a prospecção de bens minerais, tais como o carvão e o petróleo.

Apesar de tal abrangência, a Paleontologia sempre foi considerada como uma ciência a ter um rápido fim. Bastaria a organização, descrição e classificação da biota encontrada fossilizada e, como ciência, seu destino seria o mesmo de muitos grupos de organismos que habitavam a Terra – a extinção. Uma ciência em pleno processo de morte, cujas indagações estariam restritas à sistematização da vida e de suas transformações no decorrer do tempo geológico.

Após dois séculos, a crônica de uma morte anunciada não ocorreu. Observamos um crescente interesse pelas questões abordadas pela Paleontologia, que transcendem em muito a simples organização do universo fóssil. Incontáveis publicações nacionais e internacionais atestam esse rejuvenescimento da Paleontologia. A interdisciplinariedade com a Física, Matemática, Química, Geologia e Genética possibilitou uma nova visão de sua importância. A aplicação das informações advindas dos fósseis na indústria petrolífera; na Paleontologia molecular, desvendando os mistérios das relações de parentesco entre espécies extintas e formas viventes, e o ressuscitar de espécies que há muito desapareceram transformaram-na numa ciência extremamente viva, dinâmica e com enormes interesses para o conhecimento teórico e para a economia.

Neste livro você encontrará um pouco do mundo biológico pretérito. São apresentados os principais grupos paleobotânicos e paleozoológicos, com a caracterização de suas morfologias, sistemas de classificação, bem como o uso em interpretações paleoambientais e aplicações bioestratigráficas. A ênfase para os grupos fósseis discutidos é sua representatividade de ocorrência nas bacias sedimentares brasileiras.

Os capítulos foram agrupados em cinco temas principais: CONCEITOS, MICROFÓSSEIS, PALEOBOTÂNICA, PALEOINVERTEBRADOS e PALEOVERTEBRADOS. A abordagem inicial apresentada em CONCEITOS engloba os objetivos e princípios da Paleontologia, histórico, tafonomia, uso estratigráfico dos fósseis, teorias evolutivas, sistemática, icnofósseis, estromatólitos, paleoecologia e âmbar. Um conjunto de capítulos que introduz aos principais conceitos paleontológicos. Em MICROFÓSSEIS, são discutidas as técnicas de preparação e estudo, além da identificação dos principais grupos, tais como foraminíferos, radiolários, nanofósseis e palinórfos. A PALEOBOTÂNICA ca-

raeteriza os processos de preservação dos vegetais e realiza uma ampla abordagem sobre a diversidade das plantas no tempo geológico. Em PALEOINVERTEBRADOS são analisadas a morfologia, classificação, distribuição estratigráfica e aplicações de briozoários, poríferos, cnidários, braquiópodes, moluscos, anelídeos, artrópodes e equinodermas. Os PALEOVERTEBRADOS compreendem, além de informações morfológicas e bioestratigráficas, dados evolutivos e ecológicos de

hemicordados, conodontes, cordados em geral, agnatos, peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

O livro PALEONTOLOGIA resulta do esforço e dedicação de 37 pesquisadores de instituições universitárias públicas e privadas, museus e empresas de exploração mineral.

Trata-se de uma obra realizada por alguns dos mais renomados geocientistas brasileiros, que procuraram integrar as informações essenciais sobre o passado paleobiológico de nosso planeta.

Ismar de Souza Carvalho

Editor

Prefácio

O famoso paleontólogo de vertebrados George Gaylord Simpson, com a sua extraordinária experiência de estudioso, mas principalmente de paleontólogo explorador, escreve no seu relatório de expedições na Patagônia, *Attending Marvels*: “A caça aos fósseis é de longe o mais fascinante de todos os esportes. Nele, a gente acha incerteza, excitação e todo o arrepiado do jogo de azar, sem nenhum dos aspectos negativos dele. (...) No próximo morro pode estar enterrada a grande descoberta (...). Além do mais, o caçador de fósseis não mata, ele ressuscita.” Ler e estudar este manual de Paleontologia, editado por Ismar de Souza Carvalho, professor da UFRJ e presidente da Sociedade Brasileira de Paleontologia (já meu companheiro de trabalho de campo nos sertões do Nordeste), introduz os leitores a este gênero fascinante de esporte, quer eles sejam estudantes de Ciências da Terra ou de Biologia, quer estudantes de pós-graduação interessados em Paleontologia, ou mesmo pessoas letradas apaixonadas pela natureza.

A Paleontologia é importante não somente para os que estudam o mundo e a vida antigos, mas também para quem estuda os atuais; de fato não é possível entender os viventes de hoje, animais e plantas – e nem o mundo em geral – sem conhecer os viventes antigos, como eles nos são testemunhados pelos fósseis. Não é possível entender a própria espécie humana sem conhecer sua evolução. Os fósseis nos ensinam nossas origens físicas e nos colocam corretamente no conjunto da criação. Dinossauros ou foraminíferos, árvores fósseis ou diatomáceas, mamíferos ou peixes, o estudo da Paleontologia nos faz entender que todos eles são nossos parentes, irmãos de sangue e DNA.

A Paleontologia é uma ciência indispensável ao geólogo por que lhe permitiu resolver, muitas vezes já no campo, problemas de datação, de

relacionamento entre formações rochosas, até de posição tectônica das camadas. Para um exemplo muito atual, uma pegada de dinossauro, de boa qualidade, descoberta em arenitos grossos, no passado considerados silurianos ou devonianos, permite ao geólogo modificar esta formação rochosa, na coluna estratigráfica, do Paleozóico para o Mesozóico, alternando em 200 milhões de anos, ou mais, sua datação, sem contar as vantagens que a Paleontologia, principalmente a Micropaleontologia, proporcionam à prospecção de petróleo e outros hidrocarbonetos.

O livro é entendido e projetado sobretudo para os técnicos e candidatos; atualmente, porém, a Paleontologia escapou, de alguma forma, das mãos dos especialistas e virou uma paixão de massa, pelo menos no que diz respeito às formas animais mais intrigantes e gigantes, que estimulam a imaginação popular. Assim, pessoas leigas, mas cultas, também acharão interessante e até agradável a leitura e a consulta deste texto.

Apesar deste novo e mais amplo interesse pela Paleontologia, no Brasil não havia obras recentes deste tipo. A tradução de manuais estrangeiros não satisfaria a necessidade de pôr em destaque, grupo por grupo e, em geral, os fósseis brasileiros e sul-americanos, bem como contribuiria para manutenção de uma desagradável situação de dependência cultural, já plenamente superada.

Este livro é uma obra original e extremamente interessante, surgida da colaboração de uma trintena de afirmados paleontólogos brasileiros, representantes de quase todas as universidades federais e algumas outras privadas, bem como de alguns dos principais museus do país, especialistas cada um em cada campo. O livro abrange, então, a experiência de muita gente, quer experiência de campo e de laboratório, quer experiência didática de um grande número de docentes em cursos de graduação e pós-graduação nas diferentes regiões

do país. Na maioria, trata-se de autores jovens e brilhantes, que representam a Paleontologia brasileira atual, em rápida evolução. São eles paleontólogos que contam coisas por eles próprios examinadas na ponta do martelo e embaixo da lupa, nas selvas amazônicas e nos sertões semi-áridos do Nordeste, nos cerrados do planalto central, nos campos e nas matas de pinheiros do Sul.

Os fósseis brasileiros têm destaque em *boxes* realçados tipograficamente. O livro está rica-

mente ilustrado com estampas de desenhos; uma escolha racional que privilegia o aspecto da economia evitando as fotografias. Abundantes listas bibliográficas, capítulo por capítulo, guiam o leitor sequioso de aprofundamento e mais detalhes sobre os grupos em discussão.

O propósito dos autores em fornecer uma síntese completa do estado atual da Paleontologia, em geral, e em particular da Paleontologia brasileira foi plena e felizmente alcançado.

Giuseppe Leonardi
Paleoherpetólogo e Icnólogo de vertebrados

Sumário

APRESENTAÇÃO	V
PREFÁCIO	VII
CONCEITO	1
Capítulo 1 – Objetivos e Princípios	3
Fundamentos e Objetivos	3
Ramos da Paleontologia	4
Preservação dos Fósseis	4
Tipos de Fossilização	5
Outras Considerações	10
Referências	11
Capítulo 2 – Histórico das Pesquisas Paleontológicas no Brasil	13
Primeiras Notícias	14
Contribuição dos Estrangeiros	14
Comissão Geológica do Império	15
Museu Nacional	15
Comissão de Estudos das Minas de Carvão do Brasil	15
Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil	15
Expansão das Instituições de Pesquisa Paleontológica	16
Petrobras	16
Paleontologia Contemporânea	17
Leituras Recomendadas	17
Referências	17
Capítulo 3 – Tafonomia: Processos e Ambientes de Fossilização	19
Terminologia	20
Coleta e Descrição Tafonômica de Assembléias Fossilíferas	21
Mortandade na Biota e Eventos de Sedimentação	28
Classificação das Concentrações Fossilíferas	30
Comentários Finais	34
Referências	34
Capítulo 4 – Uso Estratigráfico dos Fósseis e Tempo Geológico	47
Bacias Sedimentares	47
Conceitos Fundamentais da Estratigrafia	48
Litoestratigrafia	49
Bioestratigrafia	50
Cronoestratigrafia, Geocronologia e Tabela de Tempo Geológico	53
Referências	58
Capítulo 5 – Teorias Evolutivas	61
Histórico do Pensamento Evolutivo	61

Lamarckismo	62
Darwinismo	63
Teoria Sintética da Evolução	64
Espécie e Especiação	67
Microevolução versus Macroevolução	71
Gradualismo versus Pontualismo	72
Biogeografia	75
Referências	81
Capítulo 6 – Taxonomia e Sistemática	83
Taxonomia, Sistemática, Classificação Taxonômica, Taxometria e Identificação Taxonômica	84
Regras de Nomenclatura	88
Aplicações	93
Referências	94
Capítulo 7 – Icnofósseis	95
Bioturbações	95
Biocrosões	96
Coprólitos	96
Outros Tipos de Icnofósseis	97
Pseudoicnofósseis	97
Classificação	98
Icnofáceis e Icnocenoses	103
Quantificação e Utilização nas Icnofácies	109
Aplicações	110
Referências	117
Capítulo 8 – Estromatólitos	119
Características Principais de Estromatólitos	120
Classificação	125
Métodos e Técnicas de Estudo	128
Distribuição Estratigráfica	130
Aplicações	133
Referências	134
Capítulo 9 – Âmbar	137
Características Físicas e Químicas dos Âmbares	138
Preservação de Organismos no Âmbar	140
Aplicações	142
Referências	143
Capítulo 10 – Paleoecologia	145
Refazendo as Relações Pretéritas	145
Aplicações	146
Referências	153
MICROPALAEONTOLOGIA	155
Capítulo 11 – Microfósseis – Parte I: Foraminíferos, Radiolários e Diatomáceas	157
FORAMINÍFEROS	158
Morfologia	158

Classificação	159
Distribuição Estratigráfica	161
Aplicações	163
Referências	169
RADIOLÁRIOS	171
Morfologia	171
Classificação	171
Distribuição Estratigráfica	172
Vasas e <i>Cherts</i>	172
Aplicações	173
Referências	175
DIATOMÁCEAS	176
Morfologia	177
Classificação	178
Classificação de Hendey	180
Distribuição Estratigráfica	181
Aplicações	182
Diatomitos	182
Referências	183
Capítulo 12 – Microfósseis – Parte II: Nanofósseis Calcários, Calpionelídeos, Tintinídeos e Técnicas de Preparação de Microfósseis	185
NANOFÓSSEIS CALCÁRIOS	185
Morfologia	185
Classificação	187
Distribuição Estratigráfica e Paleobiogeográfica	187
Aplicações	187
Referências	188
CALPIONELÍDEOS	191
Morfologia	191
Classificação	191
Distribuição Estratigráfica e Paleobiogeográfica	191
Aplicações	191
Referências	191
TINTINÍDEOS	193
Morfologia	193
Classificação	193
Distribuição Estratigráfica e Paleobiogeográfica	193
Aplicações	193
Referências	193
TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO DE MICROFÓSSEIS	194
Microfósseis Calcários	194
Microfósseis Silicosos	197
Microfósseis Orgânicos (Palinomorfos)	197
Referências	199
Capítulo 13 – Palinologia	201
Morfologia	201

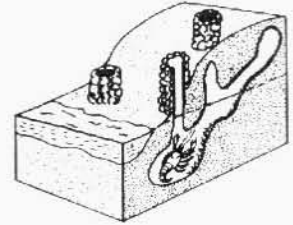
Classificação	206
Distribuição Estratigráfica	209
Aplicações	210
Referências	211
Capítulo 14 – Quitinozoários	213
Morfologia	213
Classificação	216
Distribuição Estratigráfica	219
Aplicações	221
Referências	221
Capítulo 15 – Acritarcos	223
Morfologia	223
Classificação Sistemática	224
Distribuição Estratigráfica	224
Referências	226
PALEOBOTÂNICA	229
Capítulo 16 – Paleobotânica	231
Metodologia Paleobotânica	232
Tafonomia	234
Classificação	237
Aplicações	318
Referências	321
PALEOINVERTEBRADOS	327
Capítulo 17 – Briozoários	329
Morfologia	329
Classificação	330
Distribuição Estratigráfica	335
Aplicações	337
Referências	340
Capítulo 18 – Poríferos	341
Morfologia	343
Classificação	344
Distribuição Estratigráfica	347
Paleobiogeografia	348
Aplicação	349
Referências	349
Capítulo 19 – Cnidários	351
Morfologia	353
Classificação	353
Paleoecologia	362
Distribuição Estratigráfica	362
Aplicações	363
Referências	363

Capítulo 20 – Braquiópodes	365
Morfologia	365
Classificação	370
Glossário de Termos Morfológicos	378
Distribuição Estratigráfica	379
Paleobiogeografia	381
Aplicações	383
Referências	383
Capítulo 21 – Moluscos	387
Morfologia	387
Classificação	390
Distribuição Estratigráfica dos Moluscos	409
Aplicações	411
Referências	411
Capítulo 22 – Anelídeos	415
Morfologia	415
Classificação	417
Distribuição Estratigráfica	420
Aplicações	421
Referências	422
Capítulo 23 – Artrópodes	423
Morfologia	424
Classificação	425
Distribuição Estratigráfica e Paleogeográfica dos Artrópodes Fósseis no Brasil	448
Aplicações	449
Referências	449
Capítulo 24 – Equinodermas	453
Morfologia	453
Classificação	454
Distribuição Estratigráfica e Paleobiogeografia dos Equinodermas Fósseis no Brasil	464
Aplicações	464
Referências	465
PALEOVERTEBRADOS	467
Capítulo 25 – Hemicordados	469
Morfologia	469
Classificação	470
Paleoecologia e Distribuição Estratigráfica	473
Referências	473
Capítulo 26 – Cordados	477
Morfologia	477
Classificação	478
Ancestral dos Vertebrados	482
Referências	483
Capítulo 27 – Conodontes	485
Morfologia	488

Classificação	490
Paleoecologia	490
Paleobiogeografia	491
Aplicações	492
Referências	493
Capítulo 28 – Agnatos e Peixes	497
Morfologia	497
Classificação	498
Distribuição Estratigráfica e Paleobiogeográfica dos Primeiros Vertebrados	
Não-Tetrápodes	521
Aplicações	521
Referências	522
Capítulo 29 – Anfíbios	525
Morfologia	527
Classificação	528
Bioestratigrafia	538
Paleoecologia	538
Referências	540
Capítulo 30 – Répteis	543
Morfologia	543
Classificação	544
Distribuição Estratigráfica	569
Paleoecologia	572
Paleobiogeografia	574
Referências	575
Capítulo 31 – Aves	579
Morfologia	580
Classificação	582
Aplicações	590
Referências	591
Capítulo 32 – Mamíferos	595
Morfologia	596
Classificação	600
Distribuição Estratigráfica	618
Paleobiogeografia	620
Aplicações	621
Referências	622
AUTORES	625

Icnofósseis

Ismar de Souza Carvalho
Antonio Carlos Sequeira Fernandes



Um icnofóssil é o resultado da atividade de um organismo, que pode vir a ser preservado em um sedimento, rocha ou corpo fóssil. Seu estudo enquadra-se no âmbito da Icnologia. A **Paleoicnologia** é a parte integrante da icnologia que estuda o resultado das atividades de organismos que viveram em épocas passadas, ou seja, os **icnofósseis**. São importantes pois:

- possibilitam o registro da presença de animais de corpo mole que normalmente não se preservam;
- mostram a diversidade de comportamento das assembléias fossilíferas;
- demonstram o grau de retrabalhamento dos sedimentos pelos organismos;
- auxiliam nas interpretações paleoambientais e paleoecológicas uma vez que não sofrem retrabalhamento; e
- indicam topo e base de camada.

Os icnofósseis revelam algumas vantagens sobre os fósseis corporais. Primeiro, por serem representantes diretos de uma biocenose, já que ocorrem *in situ*, enquanto que os fósseis corporais compõem mais freqüentemente as tanatocenoses. Em segundo lugar, por serem registrados com mais freqüência em determinados tipos de rochas (como siltitos e arenitos), em que os fósseis corporais são menos comuns e muitas vezes mal preservados. E, em terceiro lugar, pela tendência da diagênese em aumentar a visibilidade dos

icnofósseis, enquanto os fósseis corporais têm suas estruturas de detalhe destruídas.

Os icnofósseis abrangem diferentes tipos de estruturas que são classificadas como bioturbações, bioerosões, coprólitos, ovos e nidificações.

Bioturbações

Diversos organismos, tanto marinhos como continentais, produzem uma ampla variedade de pistas, escavações e tubos nos sedimentos, que podem ser interpretados como atividade de alimentação, reptação, habitação e/ou descanso, e que resultam, muitas vezes, na destruição das estruturas sedimentares previamente existentes.

Invertebrados

Entre os invertebrados, praticamente todos os filos possuem indivíduos potencialmente produtores de icnitos ou icnofósseis. Anelídeos, moluscos e artrópodes são os grupos que possuem maior número de espécies responsáveis pela produção de pistas e escavações em sedimentos inconsolidados (figura 7.1).

Vertebrados

Apesar das pegadas e pistas serem os icnitos mais comuns entre os vertebrados, existem outros tipos de estruturas produzidas por eles. Algumas espécies de

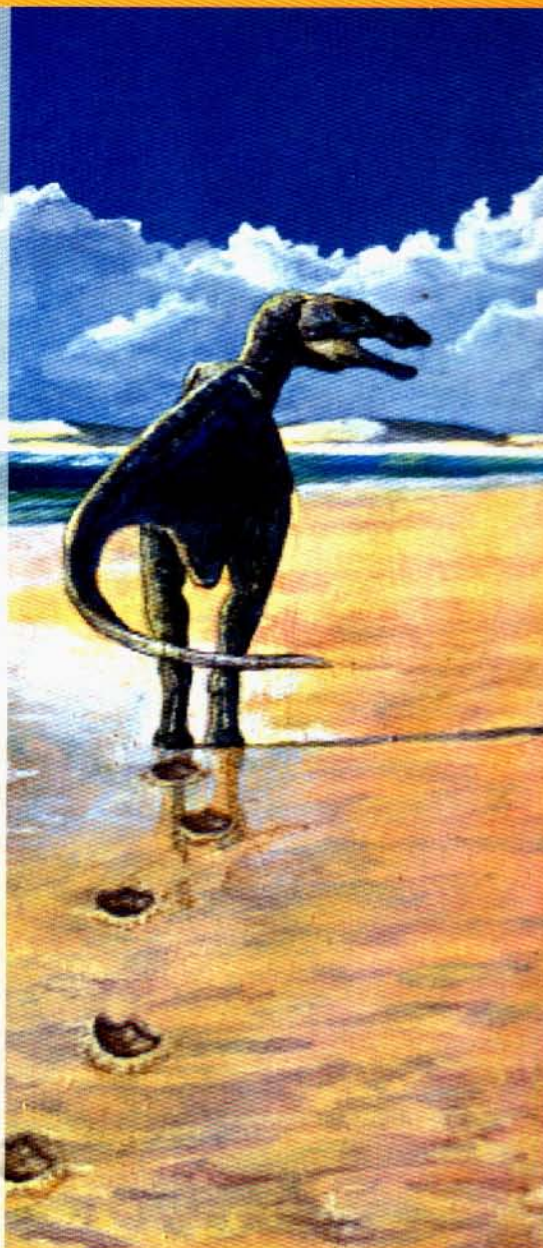


PALEONTOLOGIA

Os fósseis são o registro de uma longa história da vida sobre nosso Planeta. Uma história que remonta a 3,8 bilhões de anos, e durante a qual a vida se diversificou, continentes surgiram e desapareceram, bem como catástrofes ecológicas levaram à extinção de incontáveis espécies animais e vegetais.

Este livro redigido por 37 especialistas em Paleontologia apresenta-nos a instigante história geológica da vida. Trata-se de uma obra destinada a todos aqueles que desejam ampliar seus conhecimentos sobre a diversidade e transformações pela qual passou o mundo orgânico no decurso do tempo geológico.

Os processos de preservação dos organismos, utilização dos fósseis na estratigrafia, teorias evolutivas, icnologia e paleoecologia são abordados de maneira a introduzir o leitor nos principais conceitos da ciência dos fósseis - a PALEONTOLOGIA. Os grupos de microfósseis, vegetais fósseis, paleoinvertebrados e paleovertebrados são analisados quanto aos seus aspectos morfológicos, de classificação e aplicação bioestratigráfica, enfatizando as bacias sedimentares brasileiras.



ISBN 85 - 7193 - 041 - 4



9 788571 930414

