

SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL

www.sciam.com.br

COMO
VIVERAM

DINOSSAUROS

E POR QUE
MORRERAM

O longo
reinado de uma
família de titãs

O comportamento
enigmático do
Tiranossauro rex

O dia em que a
Terra incendiou-se
e os grandes lagartos
foram extintos

Uberaba, em Minas,
abriga ovos que não
tiveram tempo de eclodir

E MUITO MAIS



segmento



Nº 64 R\$ 13,90 € 4,50

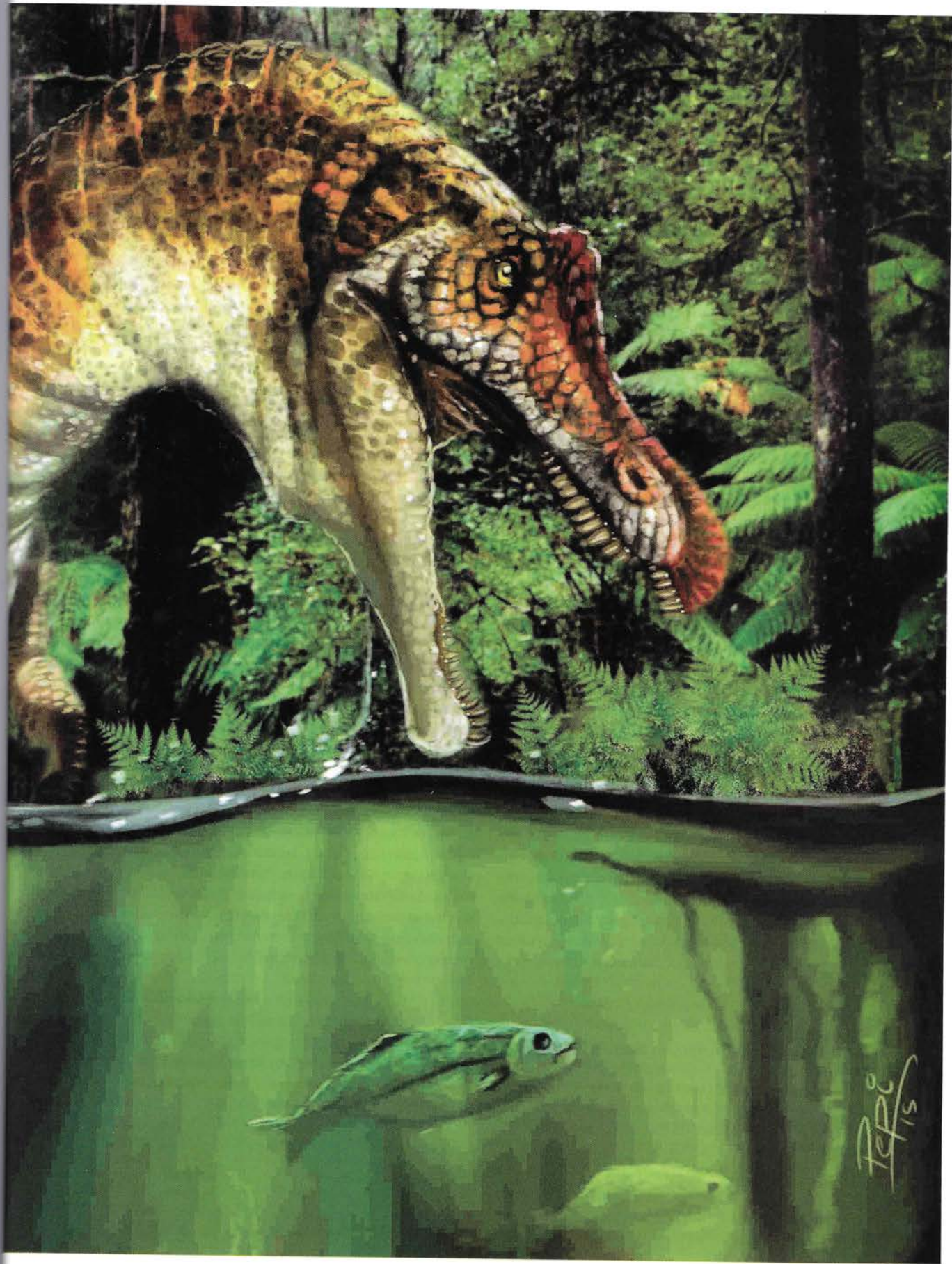


ROCHAS ANTIGAS

A SAGA DOS DINOSSAUROS BRASILEIROS

No Brasil, ocorrências de dinossauros aparecem em rochas de 230 a 66 milhões de anos. Elas se manifestam em bacias sedimentares, antigas depressões que, ao longo do tempo, acumularam todo tipo de detritos

Por Ismar de Souza Carvalho



D
I
N
O
S
S
A
U
R
O
S
1





O

VERÃO QUE SE APROXIMAVA INDICAVA TEMPERATURAS CADA VEZ MAIS ALTAS, COM UM REGIME de chuvas bastante instável, possibilitando apenas a existência de rios e lagos temporários. Os amplos mares localizados no interior dos continentes, e que ainda eram locais de maior umidade, apresentavam-se cada vez mais rasos e salgados, sinalizando as profundas mudanças que se processavam nos ecossistemas terrestres e marinhos.

Conduzido pela rápida movimentação das placas tectônicas, que aglutinaria todas as áreas continentais no supercontinente de Pangea, há aproximadamente 270 milhões de anos, esse cenário de transformação ambiental resultaria no maior evento de extinção da história da Terra, quando cerca de 99% de toda a vida no planeta se extinguiu, marcando o fim da era Paleozoica. Tanto nos ambientes continentais como nos oceanos a formação de Pangea levou a uma completa ruptura das cadeias tróficas. O intenso vulcanismo, com uma grande quantidade de cinzas e gases venenosos jogados na atmosfera; o amplo recuo dos mares, que cada vez mais se localizavam no interior de áreas continentais, mostrando-se rasos e com profundas alterações nas condições de circulação de oxigênio e nutrientes, conduziram a eventos episódicos de cataclismos ecológicos, com a mortandade em massa de plantas e animais. Uma história de ruptura marcante, que definiria os novos caminhos a serem seguidos pelos sobreviventes desse momento de mudanças planetárias.

Os processos que conduzem ao desaparecimento e a própria extinção de espécies animais e vegetais são sempre o elemento condutor de novas oportunidades. A transformação dos espaços ecológicos e o desaparecimento dos organismos são determinantes para o aparecimento de novos seres vivos e do estabelecimento de outros modos de vida. Há 252 milhões de anos a extensa superfície continental de Pangea condicionava um regime climático de altas temperaturas, quente e seco. Os mares, afastados das áreas mais centrais, apenas amenizavam o clima em direção aos polos. Assim, o domínio de regiões áridas e quentes eram paisagens comuns nesse momento da história geológica da Terra. Os rios perenes eram raros, dominando os cenários desertificados, com lagos e rios temporários no interior dos continentes. A ação eólica, com a formação de grandes campos de dunas, transformava os antigos pântanos e alagados em extensas planícies arenosas. A água doce era um recurso natural raro, disponível em regiões circundadas por montanhas, em que os rios

convergiam para as porções mais centrais das bacias de drenagem. Viver em condições tão adversas era um desafio, em que as novidades evolutivas representariam um marco para a história da vida na Terra.

No epicentro das mudanças ambientais que transcorriam em Pangea, encontrava-se o território brasileiro. Localizado abaixo da região equatorial e na porção mais central do supercontinente, eram comuns os desertos e condições climáticas extremas. Nesse contexto surgirá, na região que agora é o Rio Grande do Sul, há 230 milhões de anos, um novo grupo de répteis – os Dinosauria – que terão grande sucesso no decorrer de sua história evolutiva, dominando a Terra por mais de uma centena de milhões de anos.

BERÇÁRIOS DE FÓSSEIS DE DINOSSAUROS

NO BRASIL EXISTEM MUITAS OCORRÊNCIAS de dinossauros, distribuídas em rochas que variam em idade de 230 a 66 milhões de anos. Os registros desses fósseis provêm de nossas bacias sedimentares, áreas que, no passado, mostravam-se como depressões, nas quais os detritos de rios, lagos, desertos e mares se acumulavam, e que hoje, devido à dinâmica interna do planeta, encontram-se novamente expostas na superfície. Uma longa história que só agora começa a ser melhor conhecida face aos estudos regulares que vêm sendo desenvolvidos em universidades, museus e centros de pesquisa brasileiros.

As principais localidades com dinossauros no Brasil provêm das bacias sedimentares do Paraná, Bauru, Sanfranciscana, Sousa, Araripe, Parnaíba, São Luís e Amazonas, abrangendo regiões dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Paraíba, Ceará, Maranhão e Amazonas, numa área total de milhares de quilômetros quadrados. Exposições de rochas em cortes de rodovias, pedreiras e margens de rios são os locais privilegiados para a descoberta dos fósseis desses animais. Geralmente

EM SÍNTESE

As principais localidades com dinossauros no Brasil provêm das bacias sedimentares do Paraná, Bauru, Sanfranciscana, Sousa, Araripe, Parnaíba, São Luís e Amazonas. Exposições de rochas, aberturas para rodovias, pedreiras e margens de rios são situações apropriadas para a descoberta dos fósseis. As espécies de dinossauros que viveram no Brasil diferem das encontradas na América do Norte, Euro-

pa e Ásia. Durante a maior parte do longo reinado dos dinossauros, o oceano Atlântico ainda não existia. Assim, há semelhanças dos dinossauros do Brasil com os de outras regiões da América do Sul e África. As rochas do período Triássico, que abrangem um intervalo de tempo entre 252 e 201 milhões de anos, são as mais antigas a abrigarem ossos e pegadas de dinossauros. As condições ambientais

do Triássico devem ter sido um dos motivos para que, no atual estado do Rio Grande do Sul, sejam encontradas algumas das espécies mais antigas do mundo. Com exceção de pegadas fósseis dos estados de São Paulo e Tocantins, ossos de dinossauros jurássicos ainda são desconhecidos no Brasil. Essa situação está relacionada às características geológicas des-se período geológico, de extrema

aridez, em que dominavam amplos desertos. O principal ecossistema terrestre brasileiro durante o Jurássico foi o Deserto de Botucatu, que se estendeu por uma região de mais de 1,3 milhão de km². Os dinossauros reconhecidos por suas pegadas nas rochas do Deserto de Botucatu são animais de pequeno e grande porte, do grupo dos terópodes, saurópodes e ornitópodes.

D
I
N
O
S
A
U
R
O
S
1



trata-se de materiais desarticulados, com ossos isolados e quebrados, mas que quase sempre revelam uma história ainda desconhecida para a paleontologia mundial.

As espécies de dinossauros que viveram no Brasil diferem das encontradas na América do Norte, Europa e Ásia. Durante a maior parte do tempo de existência dos dinossauros o oceano Atlântico ainda não existia. Assim, há semelhanças dos dinossauros do Brasil com os existentes principalmente em outras regiões da América do Sul e África. A extensão continental do território brasileiro, no entanto, e o longo intervalo temporal de existência desses animais, que persistiram por aproximadamente 164 milhões de anos, conduziram a uma vasta diversificação de espécies, adaptadas às mais distintas condições ambientais.

Reconstituir o aspecto desses animais, a maneira como andavam, se alimentavam e reproduziam é o resultado de um longo trabalho de investigação científica, com início em pesquisas de campo que conduzem à descoberta dos fósseis. Não é simples a prospecção e identificação de novas localidades fossilíferas potencialmente promissoras em dinossauros.

O trabalho de pesquisa envolve o mapeamento geológico das áreas sedimentares de rochas com idade estimada em pelo menos 200 milhões de anos. Uma tarefa árdua, demorada e que requer longas jornadas de atividade de campo, visitando exposições naturais de rochas, cortes de estradas e pedreiras. Nelas, através do estudo das sucessões dos estratos rochosos, é possível interpretar os antigos ambientes sedimentares e verificar a existência de indícios de fósseis de dinossauros. É uma atividade sem garantia de sucesso, pelo simples fato de que a preservação dos fósseis representa um evento raro, já que demanda condições ambientais muito específicas após a morte dos organismos.

Para que haja o evento de conservação dos restos orgânicos, deve ocorrer um rápido soterramento, a atividade de necrófagos e bactérias deve ser muito baixa, além de que a oxidação da matéria orgânica não pode ocorrer de forma intensa, devendo predominar um ambiente de soterramento com condições anaeróbicas.

Em caso de sucesso haverá a necessidade de realizar uma escavação controlada que possibilite sempre a contextualização dos fósseis na sucessão dos estratos rochosos. Isso não só possibilita melhor aferição de sua idade, como viabiliza estudos posteriores para o entendimento da paleobiogeografia, paleoclimatologia e interpretação paleoambiental. Após a coleta, uma nova fase do trabalho se inicia. Em laboratório será necessária a retirada de todo o material mineral circundante, com uma limpeza cuidadosa para liberação dos ossos de seu invólucro rochoso. Isto possibilitará a descrição, identificação e comparações científicas com outros exemplares. Assim será possível conhecermos sua anatomia, modo de vida, relações ecológicas e aspectos do ambiente em que viviam.

ARIDEZ EXTREMA NUM NOVO MUNDO

APÓS A COLISÃO DAS MASSAS CONTINENTAIS que originaram o supercontinente de Pangea, as catástrofes ecológicas, com a mortandade em massa e a ruptura das cadeias alimentares, abriram espaço para o surgimento de outras espécies adaptadas a esse novo mundo. A aridez extrema, a pouca disponibilidade de água de forma perene nas regiões continentais e as altas temperaturas foram aspectos favoráveis a um grupo de répteis bastante ágil, capaz de se locomover por grandes distâncias e adaptado a ambientes tão pouco hospitaleiros – os Dinosauria.

A rochas do período Triássico, que abrangem um intervalo temporal entre 252 e 201 milhões de anos, são as mais antigas a abrigarem ossos e pegadas de dinossauros. O período Triássico, na região sul do Brasil, caracteriza-se por condições climáticas quentes e áridas, que teriam sido extremamente propícias para o desenvolvimento desse e de outros

grupos de répteis, como os cinodontes, rincossauros e sinapsídeos. Mas o novo mundo de Pangea favoreceria a diversificação e proliferação dos dinossauros.

As condições ambientais do Triássico devem ter sido um dos motivos para que, no atual Estado do Rio Grande do Sul, sejam encontradas algumas das mais primitivas linhagens de dinossauros: *Pampadromaeus barberenai*, *Staurikosaurus pricei*, *Unaysaurus tolentinoi*, *Saturnalia tupiniquim*, e *Guaibasaurus candelariensis*. Essas espécies estão entre os mais antigos dinossauros do mundo, situando-se numa faixa temporal de 230 a 212 milhões de anos. Encontram-se nas rochas da Bacia do Paraná, em arenitos, siltitos e folhelhos, rochas sedimentares que indicam rios e lagos temporários. Esses ambientes eram locais de maior umidade e, certamente, representavam atrativos para o desenvolvimento dos primeiros dinossauros: animais de pequeno porte, com dimensões que não ultrapassam 2,5 m de comprimento. Algumas formas eram carnívoras vorazes, mas o maior número de espécies remete a animais herbívoros.

O *Pampadromaeus* ocorre em rochas com idade entre 230 e 228 milhões de anos. Trata-se possivelmente de uma saurópodomorfo primitivo, de pequeno tamanho, bípede, com não mais que 1,20 m de comprimento. *Staurikosaurus pricei* e *Unaysaurus tolentinoi* têm idade estimada de 225 milhões de anos. *Staurikosaurus* é um pequeno dinossauro terópode, bípede, com aproximadamente 2,2 m de comprimento. Foi certamente um predador bastante ativo. *Unaysaurus* pertence ao grupo dos dinossauros herbívoros *Prosauropoda* e apesar de não ultrapassar 2,5 m de comprimento, foi um dos maiores dinossauros de seu tempo. *Saturnalia tupiniquim* também provém de rochas com cerca de 225 milhões de anos. As características anatômicas desse fóssil indicam que são saurópodomorfos muito primitivos, com perto de 1,5 m de comprimento. Outro dinossauro semelhante à *Saturnalia* é *Guaibasaurus*, ambos da família Guaibasauridae. A espécie *Guaibasaurus candelariensis* tem idade estimada de 216 a 212 milhões de anos, um dinossauro bastante primitivo, do grupo que originaria os saurópodomorfa e os terópodes.

REGISTRO PELAS PEGADAS FÓSSEIS

O REGISTRO DESSE PRIMEIRO MOMENTO da história evolutiva dos dinossauros ainda é restrito, no Brasil, ao estado do Rio Grande do Sul. Isso possivelmente ocorre devido à pouca distribuição de rochas triássicas em outras regiões de nosso território, o que limitaria especialmente a ocorrência desse grupo de fósseis. Mas não se deve descartar a possibilidade de que o mapeamento de áreas ainda pouco conhecidas de bacias sedimentares revele uma grande quantidade de novos fósseis que reescrevam a história inicial de evolução dos Dinosauria.

Se, durante o Triássico, o clima já se mostrava quente e com grandes regiões desertificadas, no período geológico que o sucede – o Jurássico – encontraremos no Brasil o maior deserto de toda a história da Terra – o Deserto de Botucatu.

O intervalo temporal compreendido entre 201 e 145 milhões de anos, o Jurássico, possibilitou a ampla distribuição dos dinossauros por todo o planeta, tornando-os os mais importantes animais terrestres. A partir de então, eles ocuparam muitos nichos ecológicos e atingiram as mais variadas proporções, do porte de uma galinha a uma baleia azul adulta, com mais de 30 m. Mas praticamente não são conhecidas faunas desse tempo no Brasil. O registro de rochas jurássicas, aqui, é restrito a pequenas áreas no interior dos estados de São Paulo (Bacia Bauru), Minas Gerais (Bacia Sanfranciscana), Bahia (Bacia do Recôncavo), Ceará (Bacia do Araripe) e Maranhão (Bacia do Parnaíba). A pouca prospecção e atividade de pesquisa nessas localidades pode ser um dos motivos de ainda não conhecermos, em detalhe, os dinossauros desse momento de nossa história geológica.





Com exceção de pegadas fósseis, provenientes dos estados de São Paulo e Tocantins, ossos de dinossauros jurássicos ainda não são conhecidos no país. Essa situação está relacionada às características geológicas desse período geológico, de extrema aridez, em que dominavam amplos desertos. Esse ambiente é inadequado a uma preservação dos organismos em função do predomínio das condições de oxidação, que destroem rapidamente a matéria orgânica e não favorecem a fossilização.

Assim, o principal ecossistema terrestre brasileiro durante o Jurássico será o Deserto de Botucatu, que se estendia por uma região de mais de 1,3 milhão de km², abrangendo os atuais estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, e os países vizinhos Uruguai, Argentina e Paraguai. Registros desse enorme deserto, numa época em que América do Sul e África ainda permaneciam unidas, são também encontrados na Namíbia.

Nas areias desse deserto ficou o registro de uma enorme diversidade de dinossauros, conhecidos apenas por suas pegadas. A preservação dessas marcas fósseis, ou icnofósseis, ocorre em condições ambientais distintas daquelas em que se preservam os fósseis. Um único animal pode produzir milhares de pegadas durante sua vida, enquanto seu registro, pelos ossos, será muito mais limitado.

Ao caminhar, a impressão deixada pelos pés dos dinossauros em sedimentos úmidos possibilita um registro extensivo da atividade de vida desses animais. Aspectos como os hábitos comportamentais, envolvendo o gregarismo, as estratégias de caça e a distribuição geográfica das populações, são facilmente compreendidos. Assim, as pegadas fósseis representam um registro do momento de vida das populações dinossaurianas e de sua interação com o ambiente.

Os dinossauros reconhecidos através de suas pegadas nas rochas do Deserto de Botucatu são animais de pequeno e grande porte, do grupo dos terópodes, saurópodes e ornitópodes. Mas eles não estavam sós, pois, nas mesmas superfícies em que são encontrados os rastros de dinossauros, ocorrem pistas de pequenos mamíferos e também de invertebrados, como anelídeos e artrópodes.

A quantidade e diversidade de pegadas encontradas no Deserto de Botucatu é um bom indicativo de que, apesar das condições de extrema aridez, existiam ambientes mais úmidos, onde possivelmente ocorria água de forma abundante, possibilitando a formação de amplos oásis onde proliferavam diferentes espécies.

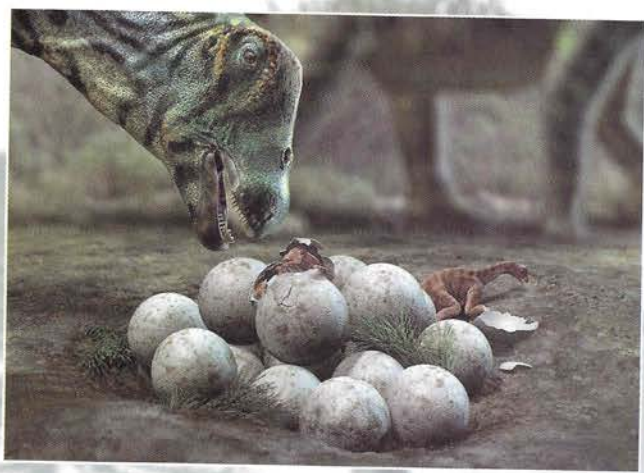
O PRINCÍPIO DO FIM

A PARTIR DE 145 MILHÕES DE ANOS, até a extinção do grupo no final do período Cretáceo – há 66 milhões de anos – os dinossauros têm maior registro em nossas bacias sedimentares. A vasta ocorrência de rochas desse período geológico no Brasil, depositadas pela ação geológica de rios, lagos, mares rasos e ambientes marinhos litorâneos, faz com que se encontrem pegadas, fezes fossilizadas, dentes e ossos de dinossauros desde a região Amazônica até o Rio Grande do Sul. O Cretáceo é um momento de bastante relevância geológica. É durante esse tempo que ocorrem expressivas alterações ambientais, e por consequência, na composição da fauna e flora da Terra. Além disso, é quando se origina o oceano Atlântico, cuja formação conduziu a oscilações climáticas levando aos eventos de extinção da biota dos continentes e ao aparecimento de novas espécies.

Durante o Cretáceo, encontramos muitas espécies de dinossauros. Entre os carnívoros, temos *Santanaraptor placidus*, *Mirischia asymmetrica*, *Irritator challengeri*, *Angaturama limai*, *Oxalaia quilombensis* e *Pycnonemosaurus nevesi*. Os grandes herbívoros são os saurópodes das espécies *Gondwanatitan faustoi*, *Maxakalisaurus topai*, *Baurutitan britoi*, *Trigonosaurus pricei*, *Adamantinasaurus mezzalirai*,

DURANTE A MAIOR PARTE DO TEMPO de existência de dinossauros, o oceano Atlântico ainda não havia se formado, o que explica a semelhança entre animais da América do Sul e África: reconstruir o aspecto e comportamento desses animais exige um longo trabalho de pesquisa científica.







Aeolosaurus maximus, *Tapuiasaurus macedoi*, *Brasilotitan nemophagus* e *Uberabatitan ribeiroi*, todos de um mesmo grupo – os titanossaurídeos. Esses fósseis distribuem-se pelos estados de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás em rochas datadas entre 93 e 66 milhões de anos.

Há, ainda, um outro saurópode – *Amazonsaurus maranhensis* – oriundo da região amazônica, e que integra um tipo distinto de dinossauros herbívoros, os diplodocídeos. *Amazonsaurus* foi descoberto no Maranhão, em rochas datadas entre 125 e 113 milhões de anos. Seu comprimento não ultrapassava 12 m, e é um dos mais raros dinossauros do Brasil. Há também o achado inusitado de um dinossauro no Amazonas. A perfuração de um poço levou à descoberta de um grande dente pontiagudo e com bordas serrilhadas, identificado como de um dinossauro terópode. Um golpe de sorte, mas que sugere a presença comum desses animais na região Norte.

De qualquer maneira, é no Nordeste que a descoberta de pequenos dinossauros carnívoros, com idade entre 125 e 100 milhões de anos, na região da Chapada do Araripe, estado do Ceará, tem chamado a atenção. As excelentes condições de preservação de espécies, como *Santanaraptor placidus* e *Mirischia asymmetrica*, possibilitaram até mesmo a identificação de tecidos moles preservados. Uma situação rara, pois nesse processo de fossilização devem ter dominado condições ambientais de soterramento com baixíssima atividade de decomposição bacteriana. Outros predadores, também do Araripe, de grande tamanho, como os espinossauros *Irritator challengerii* e *Angaturama limai*, permitem inferências que demonstram a similaridade das faunas de dinossauros encontradas no interior nordestino, com as existentes na África.

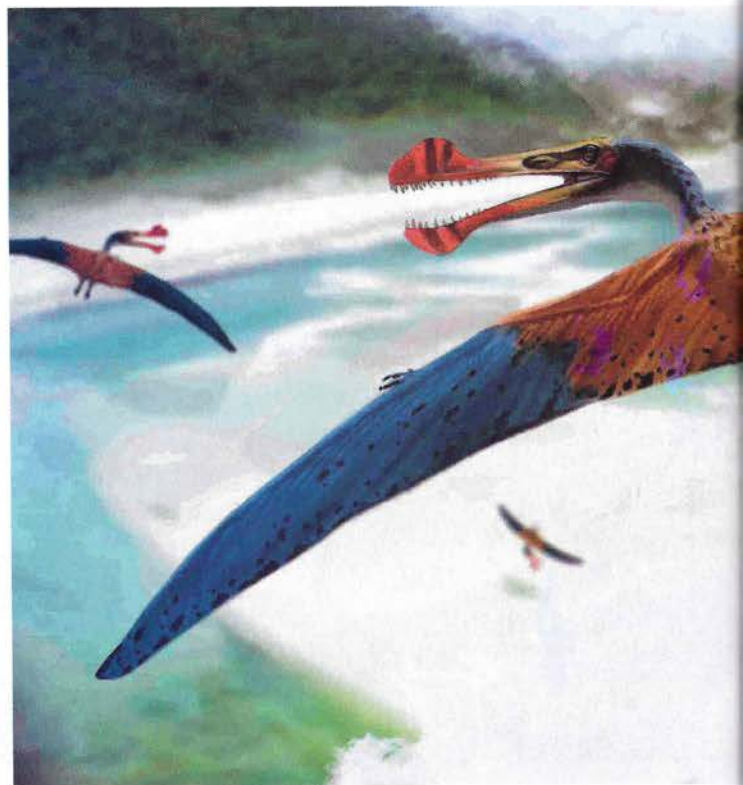
PRESERVAÇÃO EM CALCÁRIO

ESSES FÓSSEIS DO ARARIPE foram preservados em rochas calcárias, material resultado da precipitação química do carbonato de cálcio em ambientes lacustres e lagunares, em que domina um balanço hídrico negativo. Ou seja, há o predomínio da evaporação, com pouca renovação de água doce, tanto pelo aporte de rios como chuva. Essa situação leva a uma progressiva salinização da água, facilitando a precipitação de sedimentos químicos, conhecidos genericamente como evaporitos. O calcário é um tipo de evaporito, e os fósseis nele existentes são geralmente ricos em detalhes anatômicos, com a preservação de estruturas delicadas, como pequenas escamas, plumas e até mesmo tecidos orgânicos. Uma preciosidade para o entendimento da paleobiologia dos dinossauros brasileiros e só encontrados em fósseis do sertão nordestino.

Mas não apenas os ossos de dinossauros são oriundos das rochas do Cretáceo brasileiro. Em Souza, na Paraíba, já foram identificadas centenas de pegadas fósseis, atribuídas a uma população de pelo menos 585 indivíduos, distribuídos em depósitos de antigos rios e lagos com 140 milhões de anos. São preservadas em argilitos, um tipo de rocha com origem associada às lamas provenientes do transbordamento das águas dos canais fluviais nas planícies de inundação. Neste caso, detritos são decantados e acumulados como extensas superfícies argilosas que viabilizam um registro detalhado das pegadas produzidas por animais que transitaram por ali.

Como representam um ambiente temporário, mas que se repete de forma cíclica com as estações chuvosas, o registro de pegadas pode ser encontrado em sucessivos níveis rochosos, refletindo inundações episódicas. Além das pegadas de dinossauros, marcas de ondas, de gotas de chuva e gretas de ressecamento relatam uma história de transformação dos ambientes terrestres, possibilitando também a compreensão das modificações climáticas que se processavam.

Pelo fato de as pegadas terem sido preservadas em rochas que originalmente eram sedimentos lamosos, existe a possibilidade de identifica-



ção de detalhes anatômicos não encontrados quando o registro dos dinossauros ocorre por seus ossos. Impressões da forma dos dedos, pele, unhas, garras, almofadas da planta dos pés e dedos retratam os momentos em que a vida desses animais se mostrava pulsante e dinâmica.

Também no estado do Maranhão, no entorno da baía de São Marcos, são encontradas pegadas de dinossauros. Elas são compostas principalmente por animais carnívoros, terópodes de grande e pequeno porte. Geralmente preservadas em arenitos, retratam a passagem desses animais pelas areias de antigos deltas, estuários e praias, há 100 milhões de anos, quando o Atlântico Equatorial encontrava-se em seu estágio inicial de formação. Algumas das pegadas, como as identificadas na Praia da Baronesa, no município de Alcântara, dão a impressão de garras afiadas e demonstram que foram originadas em sedimentos saturados em água, tendo o peso do animal conduzido à liquefação das areias, deformando a impressão produzida quando de sua passagem em uma planície de maré. Um registro raro, que documenta os mecanismos pelos quais foi possível a preservação desse tipo de icnofóssil.

EXTINÇÕES, INOVAÇÕES E RECURSOS NATURAIS

QUAIS TERIAM SIDO OS MOTIVOS DO DESAPARECIMENTO desse grupo de animais que perdurou por milhões de anos? Muitas vezes é postulada uma catástrofe global produzida pelo impacto de um grande asteroide. Mas, durante o tempo compreendido entre 145 e 66 milhões de anos, eventos geológicos planetários como volumosos derrames basálticos, formação e reativação de falhas e transgressões marinhas relacionadas à abertura do oceano Atlântico, transformaram por completo os cenários geológicos e ambientais dos ecossistemas terrestres e marinhos. O vulcanismo é um aspecto importante desse momento.

Além da formação de cones vulcânicos e intrusões de rochas magmáticas na crosta terrestre, há um outro tipo de vulcanismo, conhecido como



ROCHAS CALCÁRIAS predominantes na bacia do Araripe no Ceará permitiram uma qualidade de fossilização que preservou até mesmo os tecidos moles, mais delicados e por isso mesmo sujeitos à destruição por ação bacteriana.

fissural. Nesse tipo de atividade ocorre o extravasamento do magma por profundas fissuras formadas na crosta terrestre. A intensa atividade vulcânica desse período geológico levou ao aumento da concentração de gases como o CO₂, na atmosfera, induzindo certamente a um aquecimento planetário. Trata-se de um momento de longo efeito estufa, quando não existiam as calotas polares e o elevado nível dos mares levava a eventos de transgressão marinha.

Fenômenos de extinção e também de diversificação biológica ocorreram assim durante todo o Cretáceo, induzidos pelos episódios extremos relacionados à ruptura da crosta continental, com a separação dos continentes que então compunham o território de Gondwana. América do Sul, África, Índia e Antártida rapidamente se separavam e as catástrofes ambientais decorrentes disso levavam ao fim não só dos dinossauros, mas também de outros grupos de répteis, como os crocodiliformes terrestres e os pterossauros nos continentes. Já nos mares, extinguíam-se os plesiosauros e mosassauros. Entre os invertebrados, o grupo dos amonites (moluscos), até então um dos mais importantes invertebrados marinhos, também desapareceu.

Mas, no caso dos artrópodes terrestres, há uma ampla diversificação, especialmente entre insetos e aranhas. A vegetação sofreu uma notável mudança, com o aparecimento e rápida proliferação das plantas com flores que, na fase final do período Cretáceo, já compunham o grupo vegetal dominante. Inegavelmente foi uma época de transformações. A flora, que até então era formada essencialmente por plantas gimnospermas, como coníferas e cicás, entrou em colapso. As angiospermas, ou plantas com flores, iniciaram então um amplo processo de dispersão, possivelmente associado às condições de maior umidade e também pela abundância de diversos grupos de insetos polinizadores. Um bom registro desse momento é encontrado nas rochas da Bacia do Araripe, no interior do Ceará. Fósseis de insetos e plantas com flores datados de 120

milhões de anos retratam essa sucessão de eventos ímpar da história geológica da Terra, e que seria decisivo para a completa alteração dos ecossistemas terrestres do Cretáceo. Um prenúncio para o fim da longa dinastia dos Dinosauria.

Mas não apenas o estudo relacionado à extinção dos dinossauros é de destaque, há um outro aspecto relevante para o conhecimento do Cretáceo no Brasil. Trata-se da existência de recursos naturais em rochas desse período. Os derrames de rochas básicas e o vulcanismo ocorrido há 140 milhões de anos possibilitaram a concentração de minerais preciosos, como as ametistas encontradas nos basaltos do Rio Grande do Sul.

Nas depressões formadas ao longo da costa brasileira, quando do início de separação da América do Sul e África, temos as bacias da margem atlântica, com indícios ou mesmo produção de óleo e gás. No litoral do Rio de Janeiro, as bacias de Campos, e Santos mostram volumosas acumulações de hidrocarbonetos, que possibilitam a autossuficiência nacional em combustíveis fósseis. Em relação a depósitos não combustíveis, as principais jazidas de rochas carbonáticas e de gipsita, com larga aplicação industrial, são também oriundas de rochas cretáceas distribuídas pelo Ceará, Pernambuco, Bacia do Araripe. Não menos importantes são os imensos reservatórios de água subterrânea, nos pequenos espaços vazios entre os grãos de areia do antigo Deserto de Botucatu, local ideal para o armazenamento e formação de uma das maiores reservas hídricas do mundo: o Aquífero Guarani, fundamental como um recurso.

Além dos bens naturais originados durante o Cretáceo (óleo, gás, gesso, calcário, minerais semipreciosos e rochas reservatório para água subterrânea), ocorreram câmbios ambientais devido à abertura do oceano Atlântico - o clima, configuração geográfica, distribuição de terras e mares, a biota foram intensamente afetados pelos eventos relacionados à tectônica que conduziu à separação da América do Sul e África. As mudanças ambientais, muitas delas influenciadas pelo tectonismo, como a abertura do Atlântico e o vulcanismo com extrusões de magmas básicos, liberaram grandes quantidades de CO₂ e outros gases que contribuíram para um aquecimento global de larga escala. Devido a essas transformações extremas do clima e da geografia, as biotas terrestres do Cretáceo diversificaram-se de modo a ocupar os nichos ecológicos originados por essas novas condições ambientais.

Assim, o Cretáceo representa um dos mais expressivos períodos do tempo geológico documentado em bacias sedimentares brasileiras. Tanto as bacias localizadas na área continental, como as situadas na plataforma continental, exibem uma impressionante variedade de dados litológicos e paleontológicos que contam uma história sem paralelo em outros locais do mundo. Dessa forma, o território brasileiro, com sua vasta geodiversidade, guarda importantes registros temporais desse momento da Terra. Nossos principais recursos energéticos, os hidrocarbonetos, além da própria identidade territorial brasileira, resultado da ruptura continental gondwânica e separação da América do Sul e África, têm origem nesse período. Analisar com o auxílio dos fósseis, entre eles os dinossauros, eventos, processos e transformações ambientais então ocorridos representa a compreensão dos próprios fenômenos e condicionantes geológicos posteriores. Eles levaram à extinção e à evolução biológica, assim como à distribuição dos recursos minerais no que hoje é o Brasil. ■

Ismar de Souza Carvalho, graduado em geologia pela Universidade de Coimbra, é mestre e doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) onde é professor titular. Suas atividades de pesquisa em geociências têm ênfase na paleontologia estratigráfica, atuando principalmente na geologia e paleontologia das bacias sedimentares brasileiras. Bolsista 1 A do CNPq e participante do Programa Cientistas do Nosso Estado - Faperj.

