

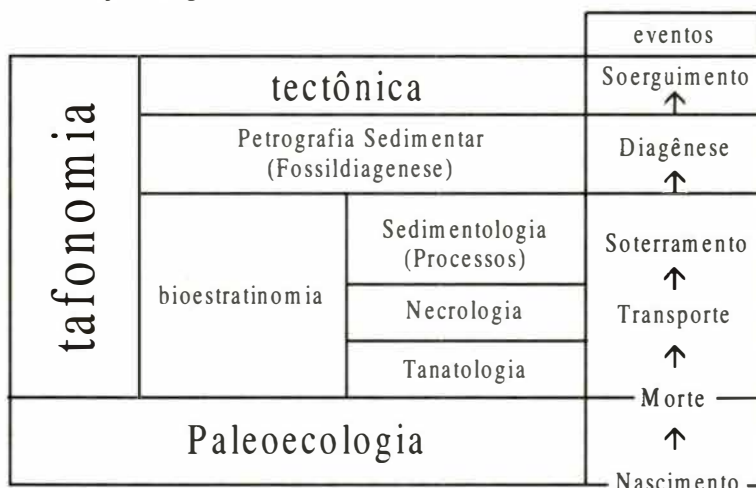
TAFONOMIA DE VERTEBRADOS: a arte de decifrar a origem do registro de paleotetrápodes

Michael Holz

A formação de fósseis está associada a uma complexa cadeia de acontecimentos de cunho biológico e geológico deflagrados a partir da morte dos organismos. Sucodem-se, então, diferentes etapas que incluem necrólise, desarticulação, transporte e soterramento, até a ocorrência final de processos físico-químicos de transformação, oportunidade em que os depósitos sedimentares assumem a forma de rochas e os organismos nelas contidos resultam fossilizados. A Tafonomia, ramo da Paleontologia que se dedica a estudar e interpretar estes processos, releva-se, pois, imprescindível para desvendar a paleoecologia e a evolução das paleocomunidades. Portanto, é do trabalho rigoroso dos tafônomos que literalmente afloram conhecimentos sobre os fósseis de vertebrados, como no caso da rica paleoherpetofauna que caracteriza as rochas triássicas do sul do Brasil.

Tafonomia de Vertebrados – passo a passo...

Para que um fóssil seja encontrado pelo pesquisador, uma cadeia de eventos bastante grande tem que ter ocorrido. Tais eventos sequenciais e múltiplos são responsáveis pela preservação do fóssil na rocha e, se apenas um deles não ocorrer, não haverá fossilização (Figura 1).



* Ver fontes bibliográficas das ilustrações no final do artigo.

Figura 1. Relação entre a Tafonomia, suas subdivisões e os eventos responsáveis pela origem das concentrações fossilíferas (de Simões & Holz, 1998).*

O primeiro destes eventos, o mais óbvio, sem dúvida, é o da vida, da existência do animal ou planta. Para ficar preservado na rocha, antes de mais nada o animal ou a planta devem ter vivido na época que a rocha em questão iniciou sua formação. Isso parece óbvio para ser comentado, mas não é. Como professor de paleontologia, freqüentemente nos deparamos com perguntas do tipo “por que tal animal fóssil não é encontrado no Rio Grande do Sul?”. E a resposta muitas vezes é “porque ele não vivia aqui nessa época”.

O hollywoodiano *Velociraptor*, por exemplo, assim como outros dinossauros famosos, viviam no final do período Cretáceo. Não existem rochas sedimentares do final do Cretáceo no Rio Grande do Sul, portanto, não adianta procurar...

Em resumo, é preciso salientar que nem todos os fósseis são encontrados em todos os lugares simplesmente porque eles não viviam ali.

O segundo evento fundamental é o da morte. Todo ser vivo tem seu ciclo de vida, que pode durar alguns minutos (bactérias), alguns dias (insetos) ou algumas dezenas de anos (répteis). Em geral, quanto menor o ciclo de vida, maior o número de indivíduos preservados. Assim, os fósseis de microrganismos, como radiolários ou foraminíferos, são muito mais abundantes do que

os microfósseis do tipo dinossauros. Em uma amostra de rocha do tamanho de um punho podemos encontrar centenas de exemplares de radiolários ou foraminíferos, enquanto que a prospecção de dezenas de afloramentos de rochas continentais pode fornecer não mais de meia dúzia de esqueletos ou ossos fragmentados de um animal como um dinossauro.

A causa da morte, por sua vez, é de fundamental importância para o estudo paleontológico, e é nesse item que a investigação tafonômica tem seu ponto de partida.

Os paleontólogos, assim como os biólogos, distinguem basicamente dois tipos de morte – a morte seletiva e a não-seletiva.

A morte seletiva é aquela que afeta uma população de modo natural, ao longo do ciclo de vida de uma geração, e tem basicamente a ver com a curva de sobrevivência das diferentes espécies. De modo geral, a morte natural atinge os indivíduos mais novos ou então os velhos, da faixa senil de uma população. Podemos representar as faixas etárias de uma população na forma de uma distribuição normal, como a da figura 2A, tendo como abcissa as classes de idade e como ordenada a frequência destas classes na população considerada. Como a morte natural atinge recém-nacidos, indivíduos jovens e indivíduos senis, são estas as classes de idade preferencialmente fornecidas para o registro fossilífero. Ao se efetuar uma análise das idades representadas pela assembléia fossilífera em estudo (avaliando tamanho dos ossos ou dos crânios, por exemplo), podemos elaborar outro gráfico (Figura 2B), que apresentará uma curva de distribuição bem diferente de faixas de idades. Nessa distribuição, as classes dos juvenis e dos senis são dominantes, enquanto que as faixas intermediárias representam aqueles indivíduos vitimados por doenças ou acidente, a que todos são sujeitos.

Já a morte não-seletiva implica em um resultado diferente. Esse tipo de morte é causado por alguma calamidade no meio ambiente, uma catástrofe em escala regional, algo como uma grande enchente ou uma estiagem severa e muito prolongada. Eventos desse tipo vitimam praticamente todos os indivíduos de uma população, e uma análise das idades representadas pelos restos fósseis revelará a presença de todas as classes de idades em proporções que se assemelham àquelas que a população considerada tinha em vida. Se essa população tinha uma curva de distribuição como a mostrada na figura 2C, por exemplo, o registro fossilífero apresentará uma distribuição de idades praticamente similar à mostrada na figura 2A. Em outras palavras, se a população cujos restos fósseis estamos analisando apresentar uma distribuição semelhante à distribuição normal, temos um forte indício de que essas formas de vida foram vítimas de morte catastrófica, causada por uma brusca e radical modificação no seu meio ambiente. Nesse caso, cabe analisar que evento foi esse e caracterizá-lo devidamente.

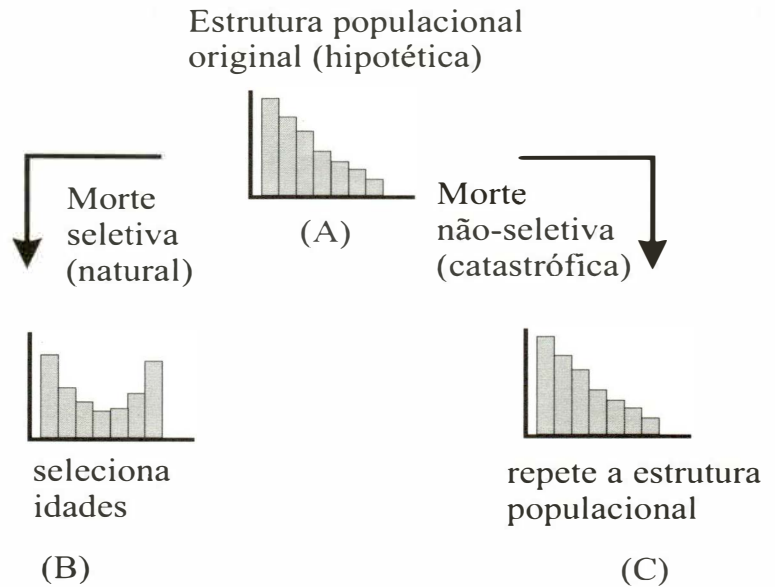


Figura 2. Diagrama para ilustrar a diferença entre morte seletiva e não-seletiva: em (A) está representada a estrutura de uma comunidade hipotética, em (B) a tafocenose gerada por morte seletiva (notar bimodalidade !), em (C) uma tafocenose gerada por morte não-seletiva, tipicamente catastrófica. Nesse caso, a estrutura populacional da tafocenose é basicamente similar à da comunidade original (de Simões & Holz, 1998, modificado).

Uma vez resolvida a questão da *causa mortis* dos fósseis, a análise tafonômica procede à investigação do grau de desarticulação e de transporte do material orgânico.

Por grau de desarticulação entende-se o quanto a estrutura anatômica está naturalmente destruída depois de ocorrer a decomposição ou *necrólise* dos tecidos moles (músculos, peles, cartilagens, intestinos etc.). Um invertebrado como um bivalve, por exemplo, pode ser encontrado com as valvas ainda conectadas e fechadas, com as valvas abertas mas conectadas pelas áreas de articulação, ou apenas as valvas isoladas, geralmente sem o par correspondente. No caso de um vertebrado, o esqueleto inteiro e articulado pode ser encontrado, ou apenas ossos isolados, sem possibilidade de montar um esqueleto inteiro.

O grau de desarticulação é um fator importante na análise tafonômica, porque fornece importantes pistas sobre dois aspectos fundamentais: o tempo decorrido entre morte e soterramento, e o grau de transporte sofrido pelo resto orgânico em análise.

Um baixo grau de desarticulação, correspondendo aos restos esqueléticos ainda inteiros e articulados, indica que muito pouco tempo decorreu entre a morte e o soterramento, enquanto que um grau alto de desarticulação implica longo tempo entre morte e

soterramento: Nesse caso, o animal morto ficou muito tempo exposto, às vezes anos ou décadas, e o meio ambiente pode ter retrabalhado os restos esqueléticos. Esse retrabalhamento se refere a processos que afetam os restos, tirando determinadas partes que poderiam ficar preservados se o soterramento ocorresse logo após a morte. A tafonomia¹ distingue retrabalhamento de origem biogênica e sedimentológica. O primeiro ocorre pela ação de organismos vivos no ambiente considerado, em especial necrófagos, que podem consumir partes das carcaças e fazer com que estas sejam soterradas de maneira incompleta – ossos de membros ou outros componentes esqueléticos estarão faltando na assembléia fossilífera. O outro tipo de retrabalhamento – o sedimentológico – é causado pelas forças geológicas exógenas e ocorre principalmente pela ação da água. Em ambientes continentais, o retrabalhamento se deve às correntes de rios e córregos, e no ambiente marinho, às ondas e correntes litorâneas. Esses processos desarticulam o resto orgânico e o espalham por uma área às vezes muito grande, o que implica concluir que o fóssil foi transportado, e o local onde é encontrado não corresponde ao local onde ele vivia. Desta forma, o grau de desarticulação fornece preciosa pista sobre o transporte do material.

O paleontólogo designa um fóssil que sofreu qualquer tipo de transporte de *alóctone* – um resto orgânico encontrado fora do local onde vivia –, e isso é de fundamental importância, porque todas as interpretações sobre o ambiente (paleoecologia) representado pelo resto orgânico valem para o local onde o organismo vivia, não para onde ele foi soterrado. Um exemplo extremo disso seria o de um fóssil terrestre cuja carcaça foi transportada pelos rios até o mar e lá soterrado pelos sedimentos marinhos. O paleontólogo que descobrir esse fóssil terá que necessariamente examinar com cautela o seu achado, sob pena de interpretar um paleoambiente continental onde na verdade existia mar; ou pode errar ao atribuir hábito marinho a um organismo que na verdade era de ambiente continental. Para esclarecer essa dúvida, o tafônomo deve analisar com cuidado tanto a morfologia do animal fóssil quanto as características das rochas encaixantes. Um animal terrestre, sem adaptações ao nado, por exemplo, dificilmente pode ser interpretado como marinho. Uma rocha formada no fundo de um antigo mar, por sua vez, tem características peculiares que permitem sua diferenciação em relação a rochas formadas em ambientes terrestres. Assim, o trabalho da tafonomia pressupõe uma análise com vários enfoques e exige do pesquisador conhecimentos tanto geológicos quanto biológicos.

Os dados tafonômicos como o grau de desarticulação e de transporte de um resto orgânico fóssil são, portanto, de extrema relevância para um estudo paleontológico correto. O grau de desarticulação deve ser detalhadamente observado e analisado para

¹ Do grego *taphos* (morte) e *nomos* (leis).

se chegar às conclusões corretas. A figura 3 mostra exemplos de fósseis com diferentes graus de desarticulação, ilustrando as várias formas sob os quais um fóssil pode se apresentar.

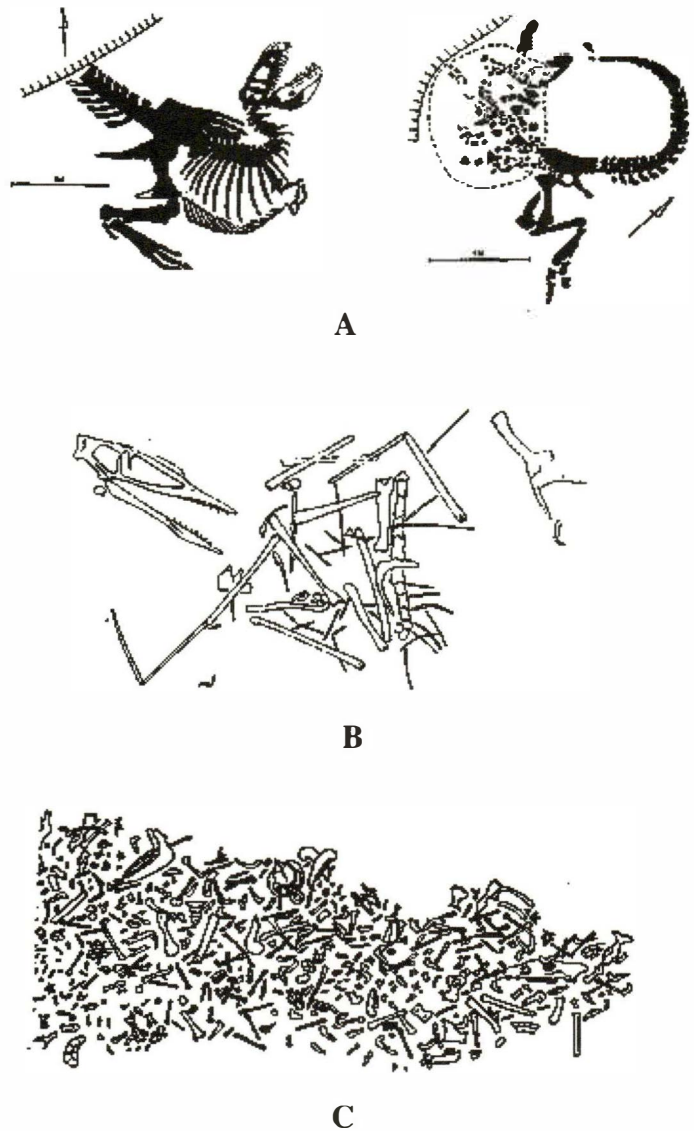


Figura 3. Exemplo dos vários estágios de desarticulação que os fósseis podem exibir: (A) Hadrossauros do Cretáceo da Mongólia, em perfeito estágio de articulação, (B) *Pterossaurus* de Solnhofen, desarticulado; (C) leito de ossos ou *bone-bed*, evidenciando extrema desarticulação e fragmentação. Fonte (na ordem): Gradzinski, 1974; Ziegler, 1983; Voorhiess, 1969.

Antes de passar à consideração do passo seguinte na investigação tafonômica, cabe fazer uma ressalva: nem sempre um baixo grau de desarticulação indica ausência de transporte. Um esqueleto inteiro, representando um resto com grau nulo de desarticulação, pode em alguns casos ter sofrido um transporte considerável. Isso acontece nos meios aquosos (lagos, mar) e é causado pelos gases de putrefação. As bactérias aeróbicas iniciam a decomposição dos tecidos moles logo após a morte do animal, num processo conhecido como necrólise. Os gases decorrentes desse processo se acumulam na carcaça e a fazem inchar, a ponto de baixar consideravelmente a sua densidade, permitindo que ela flutue. Estudos registram caso de flutuação de carcaças por centenas de quilômetros e dezenas de dias.² Quando a carcaça finalmente se rompe devido ao estado adiantado de necrólise, os gases escapam e a carcaça desce ao fundo, vindo a ser soterrada pelos sedimentos no fundo do mar ou de um lago. Desta forma, esqueletos inteiros podem ser encontrados nas rochas sem serem autóctones. O resultado extremo do processo de flutuação de carcaças seria o animal terrestre soterrado por sedimentos marinhos, como mencionamos anteriormente.

Processo similar pode ocorrer com todo organismo, como os já citados bivalves, e o tafônomo tem que estar alerta para essa possibilidade. Mais adiante veremos a importância dessa ressalva na história tafonômica dos restos de paleovertebrados da região de Santa Maria.

O terceiro passo metodológico na investigação tafonômica diz respeito ao evento de soterramento. Um resto orgânico, para ser preservado, deve ser soterrado pelo sedimento antes de sua desintegração completa. Restos de vertebrados, por exemplo, têm uma resistência frente ao intemperismo da ordem de 15 anos, o que quer dizer que se um osso, numa planície de inundação de um rio, não for soterrado dentro desse intervalo de tempo, ele não fossilizará.³ Um evento de soterramento é todo aquele que leva sedimento ao local onde se encontra o resto orgânico e o soterra, protegendo-o da ação do intemperismo, possibilitando assim que se inicie a fossilização. Nos ambientes terrestres tais eventos são as grandes cheias, que trazem lama e areia para áreas antes expostas; ou as tempestades no ambiente marinho, ocasiões em que ondas e correntes rapidamente levam sedimento para locais que normalmente não apresentam sedimentação efetiva. Nessa hora – a da interpretação do evento que soterrou os restos orgânicos fossilizados – o tafônomo tem que considerar os aspectos geológicos, porque é nas rochas que ficam gravadas as características do evento de sedimentação. O sedimento, quando em processo de formação, adquire uma série de características texturais e estruturais decorrentes do processo dominante na sedimentação. Assim, o tafônomo tem que interpretar corretamente a rocha sedi-

² SCHÄFER, W. *Ecology and paleoecology of marine environments*. Chicago: Chicago Press, 1972.

³ BEHRENSMEYER, A. K. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4 (2):150-162, 1978.

mentar onde o fóssil está contido e distinguir as rochas formadas por correntes daquelas formadas sob ação de ondas.

A necessidade de compreensão do soterramento justifica-se por duas razões. Primeiro, porque a origem da rocha sedimentar fornece importante pista sobre o habitat do resto orgânico encontrado (a não ser que o mesmo seja fortemente alóctone); e segundo, porque no evento de soterramento pode estar a causa de uma possível morte catastrófica (o soterramento pode ser não apenas o evento que soterrou o resto orgânico, mas também o fator causador de sua morte).

O que são eventos catastróficos para a biota, senão as grandes enchentes ou as tempestades? Nem sempre, mas frequentemente, o evento que soterrou os restos orgânicos e possibilitou a sua fossilização também é o causador de sua morte. A análise do processo de soterramento leva o tafônomo a outra importante consideração, que diz respeito ao tempo representado pela assembléia fossilífera. Uma camada de arenito com restos de vertebrados pode estar representando o resultado do acúmulo de dezenas de milhares de anos. Dependendo do processo de soterramento e principalmente da frequência com que ocorrem, a camada fossilífera pode conter restos de animais de muitas gerações, e o tempo representado pelo nível fossilífero, nesse caso, é o tempo decorrido desde a morte do primeiro até a morte do último indivíduo incorporado àquela camada. Esse tipo de estudo – chamado *time-averaging* – é de fundamental importância para o correto entendimento do processo evolutivo dos fósseis em questão.⁴ Se muitas gerações podem estar contidas em uma mesma camada fossilífera, eventualmente animais ecológica e evolutivamente distintos podem estar sendo analisados como sendo parte de uma mesma população e de um mesmo tempo geológico. A desatenção frente ao fator *time-averaging* pode, portanto, levar a erros de interpretação.

O quinto e último fator tafonômico a ser considerado diz respeito à diagênese. O que vem a ser a *diagênese*?

Um depósito sedimentar – o leitor pode imaginar uma camada de areia ou de lama, contendo alguns restos orgânicos, como ossos, conchas ou folhas – deve sofrer um processo físico-químico natural que o transforme em rocha. Para que isso aconteça, deve ocorrer na área de sedimentação um movimento de afundamento de parte da crosta continental, a *subsidência*. O afundamento, que leva dezenas de milhares a milhões de anos, permite o sucessivo soterramento – uma camada é soterrada pela seguinte. Esse movimento faz com que gradativamente as camadas atinjam grandes profundidades (da ordem de quilômetros) ficando com isso sujeitas às temperaturas e aos fluidos hidrotermais existentes nessas profundidades, além da sobrecarga devido

⁴ KIDWELL, S. M.; BEHRENS-MEYER, A. K. *Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages*. Paleontological Society, *Short Courses in Paleontology*, n. 6, 1993.

ao sucessivo empilhamento de camadas (Figura 4). Nas profundidades antes citadas ocorre a transformação do depósito sedimentar em rocha – uma camada de areia vira arenito, uma camada de argila será transformada em argilito.

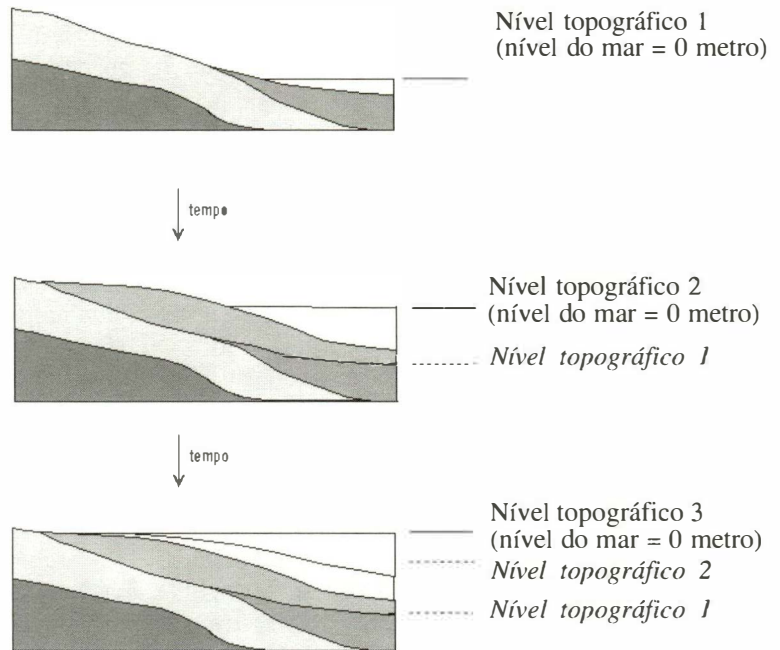


Figura 4. Esquema explicativo do mecanismo da subsidência: o rebaixamento gradual do terreno proporciona o acúmulo de uma camada de sedimento sobre a outra (de Holz, 1998).

É evidente que as transformações no material sedimentar, envolvendo precipitação de minerais, pressão e temperatura, afetam também os restos orgânicos nele contido. Isso leva a fósseis deformados e de tal modo alterados em sua forma e tamanho, que conduz a erros de identificação e taxonomia. Como boa parte da interpretação tafonômica, paleoecológica etc., é baseada nas informações taxonômicas, é claro que um erro taxonômico crasso pode afetar todas as interpretações.

Um pequeno exemplo: uma área de estudo é caracterizada taxonomicamente como muito diversificada, em função da abundância de gêneros e espécies. Em termos de paleoclima, tal área seria interpretada como sendo de clima ameno, temperado, úmido ou semi-úmido, porque regiões assim se caracterizam por uma

grande biodiversidade. Mas, e se o paleontólogo errou? E se as espécies e gêneros são fósseis taxonomicamente iguais mas preservados com diferentes graus de deformação e modificação morfológica devido à influência da diagênese? Nesse caso, uma revisão da sistemática sob os olhos da tafonomia revelaria um número muito menor de gêneros e espécies, e com isso mudariam as interpretações sobre o clima e sobre as relações paleoecológicas.

O exemplo citado é sem dúvida extremo, mas ilustra bem a importância que a influência da diagênese tem no estudo tafonômico.

Um outro processo físico-químico, que ocorre paralelamente à diagênese, deve ser estudado. Trata-se da fossilização – um conjunto de processos físico-químicos que transformam o resto orgânico efetivamente em fóssil. Esses processos podem envolver o preenchimento de poros e estruturas internas dos elementos esqueléticos, a formação de moldes ou a substituição da matéria orgânica (por exemplo, quitina) por matéria mineral (calcita, quartzo, pirita), para citar alguns. Um processo de fossilização leva necessariamente à perda de informações decisivas sobre a morfologia do fóssil e deve ser considerado pelo tafônomo.

Mas, com a análise da diagênese nossa breve viagem pela metodologia do trabalho tafonômico ainda não chegou ao fim. Outros fatores devem ser igualmente estudados, como os aspectos tectônicos, por exemplo. A camada sedimentar, a que virou rocha a quilômetros de profundidade, dentro da crosta terrestre, deve ser novamente levantada à superfície ou às zonas rasas da crosta terrestre, e quem faz isso são as forças tectônicas. A viagem de volta à superfície ou a níveis próximos a esta pode deixar seqüelas nos fósseis, como distorção, ruptura devido ao desenvolvimento de juntas e fissuras na rocha, ou alteração devido à exposição ao intemperismo.

Em síntese, a tafonomia analisa múltiplos aspectos, a maioria intimamente relacionados aos processos geológicos, o que faz desse ramo da ciência, sem dúvida, o mais geológico da moderna Paleontologia.

A tafonomia da paleoherpetofauna triássica do Rio Grande do Sul

O Rio Grande do Sul, em especial a região central, envolvendo as cidades de Santa Cruz, Candelária, Santa Maria, São Pedro do Sul e Mata, é mundialmente conhecida pela rica fauna fóssil de suas camadas de idade Meso-Triássica.⁵ A fauna reptiliana é composta por quatro grandes grupos de animais quadrúpedes – tecodontes, cinodontes, rincossauros e dicinodontes. Os tecodontes eram predadores, com algumas formas alcançando

⁵ SCHULTZ, C. L. Os répteis fósseis da região de Santa Maria. *Ciência e Ambiente*, Santa Maria, 10:7-25, 1995.

seis metros de comprimento. O grupo dos cinodontes inclui carnívoros e herbívoros, enquanto que tanto os rincossauros quanto os dicinodontes eram essencialmente herbívoros. Estes fósseis são encontrados nas rochas vermelhas da região, que tem origem nas grandes planícies aluviais que existiram no Rio Grande do Sul durante boa parte do período Triássico. O que aconteceu com esses animais? Como morreram? Como ficaram preservados?

Analisando-se as ocorrências fossilíferas, nota-se certa confusão, sem nenhum padrão aparente. Há desde esqueletos inteiros e articulados (Figura 5) até restos desarticulados e fragmentados (Figura 6). Contudo, uma análise tafonômica detalhada revelou que existe um padrão bem definido no conjunto dos mais de mil espécimens fósseis até hoje encontrados, padrão esse que diz respeito à idade dos animais preservados.⁶ Analisando-se estatisticamente o conjunto de fósseis disponíveis, notou-se que nas assembléias preservadas havia uma proporção entre indivíduos juvenis, adultos e senis similar àquela esperada para uma população de répteis vivos. Em outros termos, não existe, nos fósseis, predomínio de alguma classe de idade, como seria de se esperar caso os animais fossilizados fossem predominantemente o resultado de uma morte natural, aquela que afeta mais os indivíduos juvenis e senis de uma população. Esse fato levou-nos a pensar que a principal causa da morte da paleoherpetofauna era do tipo catastrófico – algum evento natural e extraordinário devia periodicamente vitimar grande parte das manadas de répteis e fornecer um grande número de elementos ósseos para o registro sedimentar.

⁶ HOLZ, M. & BARBERENA, M. C. Taphonomy of the Brazilian Triassic paleoherpetofauna: pattern of death, transport and burial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 107:179-197, 1994.

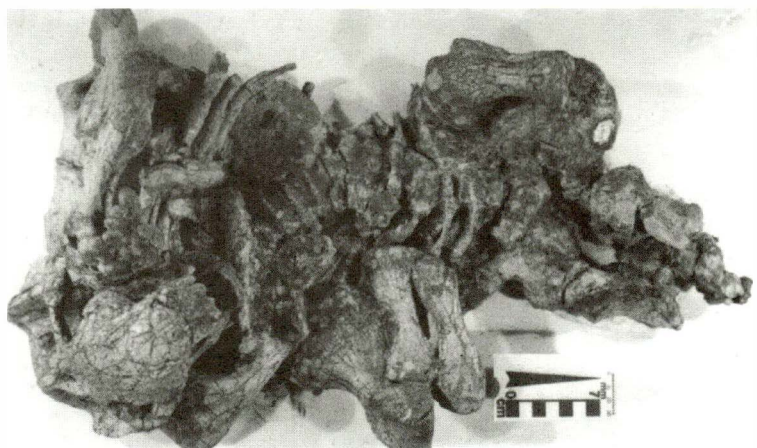


Figura 5. Esqueleto articulado de dicinodonte, típico réptil herbívoro do Meso-Triássico. Fósseis com esse tipo de preservação (Classe tafonômica I de Holz & Barberena, 1994) são resultado de carcaças que sofreram transporte por flutuação antes de afundar e serem soterradas pelo sedimento vermelho.

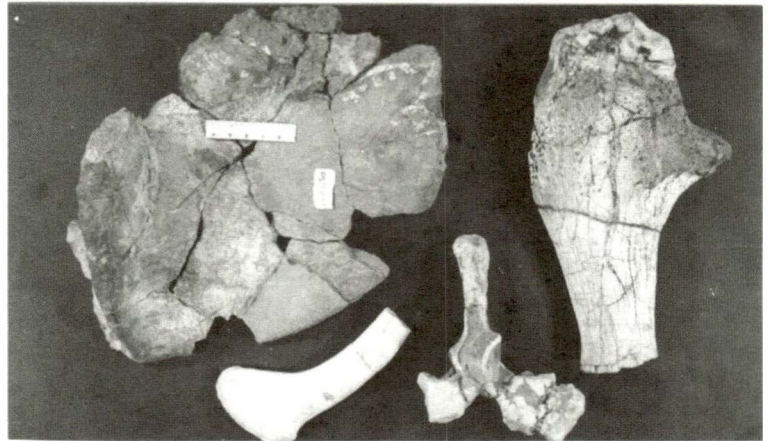


Figura 6. Restos desarticulados e fragmentados, constituindo a classe tafonômica IV de Holz & Barberena (1994). São restos que ficaram expostos por muito tempo antes do soterramento final. Com base nessa conclusão, advém uma pergunta óbvia – que eventos eram esses? Que catástrofes afetaram as populações de répteis que viviam nas planícies do Triássico sul-rio-grandense?

A resposta para esse tipo de pergunta está nas rochas encaixantes, que contêm os fósseis. As características das rochas vermelhas do Triássico da região de Santa Maria permitem interpretar uma origem flúvio-lacustrina. A paisagem, na época, era dominada por amplas planícies, entrecortada por rios e córregos, que desembocavam em lagos rasos e muito extensos. É bastante provável que periódicas mudanças climáticas, resultando em chuvas torrenciais, tenham transformado as planícies, fazendo os rios transbordarem, inundando as partes emersas. Boa parte das manadas, surpreendidas pela repentina modificação em seu habitat, ficava vitimada nessas enchentes, morrendo por afogamento. Fenômeno análogo pode ser encontrado atualmente nas planícies da África central, onde períodos de chuva anormal fazem transbordar os rios e afetam pesadamente as manadas de ungulados ali viventes.

O resultado pós-inundação é uma grande quantidade de animais mortos, de todas as classes de idades, já que uma catástrofe natural desse tipo afeta indistintamente todas as faixas etárias de uma população.

Um dado adicional que corrobora essa teoria pode ser citado. Ao analisar os esqueletos inteiros e articulados encontrados, nota-se que, na maioria das vezes, estão em posição não natural, diferente de um animal que tivesse tombado e sido soterrado no local da morte. Os esqueletos apresentam-se contorcidos, com os membros e a cauda freqüentemente entrelaçados, o crânio revirado ou o pescoço torcido. Isso sugere claramente que as carcaças dos animais foram remexidas depois da morte, resultando em um padrão de preservação típico de carcaças de animais que flutuaram após a

morte, vindo a afundar na lama do lago ou encalhando nas margens.

Após a inundação, o nível das águas volta ao normal e parte das carcaças fica exposta, podendo ser retrabalhada. Isso deu origem aos restos fósseis desarticulados e/ou fragmentados que são encontrados com frequência nas rochas da região de Santa Maria.

O mecanismo de morte e preservação por sedimento flúvio-lacustre se repetiu muitas vezes ao longo do Triássico. As rochas em discussão representam um intervalo de tempo da ordem de 10 milhões de anos, ou seja, cem mil séculos. Se tiver ocorrido apenas uma enchente de maior magnitude por século (como aquela que, na década de quarenta, inundou Porto Alegre, por exemplo), nós teríamos cem mil eventos de morte e preservação. Esse cálculo, porém, é superestimado, mesmo porque não há mais do que algumas dezenas de níveis fossilíferos na seqüência sedimentar estudada. Tal fato mostra que os eventos que efetivamente preservaram a paleoherpetofauna não eram muito frequentes.

Dessa forma, pode-se concluir que os grandes eventos que vitimaram as manadas de répteis e permitiram a sua preservação eram muito raros. A maior parte dos répteis do nosso Triássico deve ter vivido e morrido normalmente, não ficando preservada. As enchentes normais, mesmo aquelas que aos olhos dos homens pareciam grandes catástrofes, não eram efetivas como agentes de preservação.

As evidências geológicas e paleontológicas obtidas a partir de estudos paleoclimáticos indicam que as mega-inundações deviam ter uma frequência da ordem de 20 mil até 100 mil anos. Atualmente aceita-se que o clima na terra e suas grandes variações ao longo dos milhares de anos são controlados pelos chamados ciclos orbitais. O nosso planeta não tem uma órbita constante no tempo, mas sim bastante variável. Por exemplo, a inclinação do eixo geográfico do planeta varia 3 graus em um intervalo da ordem de 20 mil anos. Isto quer dizer que a cada 10 mil anos a terra tem uma inclinação máxima (de 24 graus) ou mínima (de 21 graus) e que quanto maior for a inclinação maior é o contraste entre inverno e verão. Essa é apenas uma das variações orbitais da terra (existem três, os chamados *Ciclos de Milancovich*)⁷. Portanto, o clima na terra varia de acordo com ciclos cuja duração é calculada pela astronomia e cujos efeitos sobre o clima na terra são bastante conhecidos e estudados pela geologia.

A resolução temporal, isto é, o reconhecimento sobre a frequência dos eventos de preservação de fósseis, é um dos grandes objetivos da paleontologia dos nossos tempos. Para o caso dos répteis fósseis do estado gaúcho, isso está sob investigação, mas pode-se afirmar com alguma certeza que existiram muitos mega-eventos como o anteriormente descrito, pelo simples fato de que existem muitos níveis fossilíferos na região. Cada nível corresponde, em teoria, a um mega-evento de morte e preservação dos répteis triássicos.

⁷ PLINT, A. G.; EYLES, N.; EYLES, C.; WALKER, R. G. Control of sea level changes. In: WALKER, R. G.; JAMES, N. P. (Eds.). *Facies Model – Response to sea level change*. Geological Association of Canada, 1992. p. 15-25.

BIBLIOGRAFIA

- HOLZ, M. *Do mar ao deserto – A história geológica do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1998 (no prelo).
- SIMÕES, M. G. & HOLZ, M. Tafonomia – ambientes e processos de fossilização. In: CARVALHO, I. *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1998 (no prelo).
- VOORHIES, M. R. Taphonomy and Population Dynamics of ar Early Pliocene Vertebrate Fauna. Knox Country, Nebraska. *Contributions to Geologia. Special Paper* 1:69, 1969.
- ZIEGLER, B. *Introduction to Palaeobiology: General Palaeontology*. Chichester: Elis Horwood, 1983.

Michael Holz é professor do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.