Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Protocolo Tafonômico/Paleoautoecológico com Ferramenta nas Análises
Paleossinecológicas de Invertebrados: Exemplos de Alpicação em Concen-
trações Fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil**

Marcello Guimarães Simões, Renato Pirani Ghilardi

Pesquisas em Geociências, 27 (2): 3-13, set./dez., 2000.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/20186>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2000.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Protocolo Tafonômico/Paleoautoecológico como Ferramenta nas Análises Paleossinecológicas de Invertebrados: Exemplos de Aplicação em Concentrações Fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil

MARCELLO GUIMARÃES SIMÕES¹ & RENATO PIRANI GHILARDI²

¹ Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências-UNESP/Botucatu, Cx. P. 510, 18618-000 Botucatu/SP, Brasil
e-mail: btsimoes@ibb.unesp.br

² Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental, Instituto de Geociências-USP, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Cx. P. 11348, 05422-970 São Paulo/SP, Brasil. e-mail: ghilardi@usp.br

(Recebido em 04/00. Aceito para publicação em 09/00)

Abstract - Paleocology is a discipline that deals with interactions of fossil organisms in their ancient environments. Intrinsically, all paleoecologic interpretations require information on the time resolution of individual samples (hours, days, months, years, centuries). However, one of the major obstacles in dealing with any form of data derived from fossil collections is the effects of time-averaging, which are the result of mixing the remains of organisms that did not lived together. In other words: individual fossils found preserved together in a given geological strata are not necessarily contemporaneous, influencing the paleossinecologic conclusions. Here a seven steps taphonomic/autoecologic protocol is proposed in order to standers some field (*e.g.*, collecting) and laboratory procedures. The protocol emphasizes the need for the recognizance of the time-averaging phenomena in a given paleontologic collection. This is particularly true for the Paleozoic fossil concentration where an absolute age of the bioclasts can not be obtained by radiometric dating. For paleoecologic purposes sampling size must be large and precise enough (bed-to-bed) to generate collections including the full range of taphonomic signatures showed by each individual fossil from the same bedding plane. A sampling strategy of large oriented blocks (0,05 m³) is here proposed, but this collecting methodology seems to be more appropriated applicable for fossil accumulations, such as the internally complex concentrations (*e.g.*, bioclastic sandstones and coquinas) represented by tridimensional bodies that are easily recognized in the geological record.

Keywords - paleoecology, taphonomy, time-averaging.

INTRODUÇÃO

Paleoecologia, isto é, o estudo das interações entre os organismos fósseis e seus antigos ambientes de vida, é uma disciplina que obrigatoriamente necessita de informações com grande resolução temporal. Concentrações fossilíferas ou assembléias fósseis constituem a fonte primordial de dados paleoecológicos, cuja resolução temporal (lapso de tempo envolvido na sua gênese) raramente pode ser estimada por métodos radiométricos ou bioestratigráficos (Brett & Baird, 1993; Kidwell, 1993). Entretanto, tais estimativas ao nível de camada ou concentração fossilífera são vitais para a paleoecologia, porque constituem a base amostral para estudos paleoautoecológicos, paleossinecológicos, morfométricos, evolutivos e de análises de isótopos $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ (Kowalewski *et al.*, 2000 a, b).

Diversos estudos tafonômicos desenvolvidos nas duas últimas décadas (Kidwell & Bosence, 1991; Kidwell & Behrensmeier, 1993; Kidwell & Flessa, 1995; Kowalewski, 1996, 1997; Brett & Baird, 1997; Kowalewski *et al.*, 1998; Olszewski, 1999), demonstraram que os dados paleoecológicos diferem em natureza dos disponíveis aos neontólogos, pois a partir de diversos processos tafonômicos (*e.g.*, transporte, retrabalhamento), restos esqueléticos não contemporâneos são preservados juntos (Kowalewski, 1996; 1997). Assim sendo, muitos horizontes fossilíferos contêm restos de organismos que viveram em tempos distintos (horas, dias, semanas, meses, anos, séculos, milênios) e nunca interagiram. Em outras palavras: o fato de restos esqueléticos serem encontrados em uma mesma concentração fossilífera ou plano de acamamento não implica necessariamente na sua coexistência em

vida. Seria o mesmo que imaginar que Tintoretto e Van Gogh pintaram seus quadros numa mesma época simplesmente por estarem expostos numa mesma galeria de um Museu de Arte (parafraseado de Ghilardi, 1999).

No presente artigo é proposto um protocolo tafonômico/paleoautoecológico para auxiliar e tornar as reconstruções paleossinecológicas mais fidedignas. Este protocolo está fundamentado na experiência dos autores no estudo das concentrações fossilíferas paleozóicas formadas por macrofósseis de invertebrados em seqüências deposicionais siliciclásticas, em especial às concentrações fossilíferas representadas por arenitos bioclásticos ou coquinas, isto é, corpos tridimensionais, de geometria lenticular, onde os bioclastos estão densamente empacotados (*sensu* Kidwell & Holland, 1991), geradas em mar epicontinental. A título de exemplo, é aqui apresentado e discutido um caso distinto do Paleozóico (Permiano) da Bacia do Paraná, formações Terezina/Corumbataí (Grupo Passa Dois).

A NATUREZA DO PROBLEMA

Mistura temporal (Walker & Bambach, 1971) é o fenômeno através do qual os restos orgânicos de diferentes intervalos de tempo (horas, dias, semanas, meses, anos, séculos, milênios) serão preservados juntos (Kidwell & Behrensmeyer, 1993). A maior parte dos estudos referentes à mistura temporal tem focado o problema em termos de suas escalas, causas e conseqüências (sínteses em Kidwell & Behrensmeyer, 1993; Kidwell & Flessa, 1995; Brett & Baird, 1997; Kowalewski *et al.*, 1998). Porém, apenas recentemente, os aspectos conceituais da mistura temporal passaram a ser discutidos na literatura internacional (Kowalewski, 1996; 1997). Neste contexto, importantes questionamentos emergiram, tais como: a) o registro geológico pode não apresentar nenhum grau de mistura temporal? e b) Mistura temporal é um fenômeno relativo ou absoluto? A tendência atual é a de considerar o processo de mistura temporal como um fenômeno que afeta todo registro geológico, sendo, portanto, de interesse para os mais diversos ramos das Geociências.

O processo de mistura temporal resulta tanto de fatores extrínsecos, amplamente citados na literatura, incluindo a mistura vertical (Fürsich, 1971), a condensação faunística (Fürsich & Aberhan, 1990) e as falhas na obtenção de dados (Fürsich & Aberhan,

1990; Behrensmeyer & Hook, 1992), como intrínsecos, pouco abordados na literatura (Kidwell & Brenchley, 1994, 1996), envolvendo o potencial de preservação, a abundância de restos esqueléticos, as características paleoecológicas e biogeográficas de organismos produtores de partes duras (Kowalewski, 1996; 1997). Deste modo, pode-se afirmar que os fatores intrínsecos são responsáveis pelo potencial de mistura temporal. Por exemplo, conchas robustas são mais susceptíveis ao processo de mistura temporal do que folhas de angiospermas, simplesmente porque podem “sobreviver” aos múltiplos episódios de exumação, retrabalhamento e soterramento, permanecendo por centenas ou milhares de anos na interface água/sedimento (Flessa & Kowalewski, 1994; Kowalewski, 1997). Por outro lado, os fatores extrínsecos definem o arcabouço temporal do processo de mistura temporal.

Este processo pode ser entendido a partir de duas escalas temporais, uma absoluta e outra relativa. Em termos de escala absoluta, um dos melhores exemplos, disponíveis de momento, é o exaustivo estudo de acumulações marinhas cenozóicas (Flessa & Kowalewski, 1994), cuja síntese dos resultados é apresentada adiante. Estes autores compilaram 734 idades obtidas por radiocarbono de conchas de invertebrados viventes, presentes em ambientes marinhos de águas rasas (<10 m) e plataformais (>10 m). Os dados para 128 conchas coletadas em ambientes de águas rasas mostram uma mistura temporal de 2.465 anos, em média. Já para 158 conchas provenientes de ambientes plataformais os dados mostram uma mistura temporal da ordem de 8.870 anos, em média. Por sua vez, as idades máximas para as conchas provenientes de ambientes de águas rasas é de 45.000 anos, portanto, próximas do limite do método. De qualquer forma, na prática, isto significa que, nos ambientes marinhos de águas rasas, conchas com idades entre 0-45.000 anos estão acumuladas, lado a lado, embora estas últimas ocorram em menor proporção (Flessa & Kowalewski, 1994).

Pesquisas tafonômicas subsequentes (Kowalewski, 1996; Kowalewski; *et al.*, 1998) demonstraram que o fenômeno de mistura temporal e espacial (*time-averaging*) dos restos esqueléticos é um fenômeno natural, constituindo uma regra e não uma exceção. Além disso, a datação de bioclastos (conchas de bivalves) coletados lateralmente (imediatamente adjacentes), com grande controle estratigráfico, em acumulações residuais, geradas em ambiente marinho raso, sugere que o grau de mistura

temporal para estas acumulações é da ordem de 10^2 a 10^4 anos (Kowalewski *et al.*, 1998). Estes resultados mostram também que o fenômeno de mistura temporal não pode ser eliminado por coleta cuidadosa (mistura temporal analítica; Fürsich & Aberhan, 1990); tão pouco está ele associado ao processo de deposição, mas sim à presença de restos bioclásticos antigos no fundo (Kowalewski *et al.*, 1998; Simões *et al.*, 1998a, b).

A razão para isso é simples pois mesmo que os processos tafonômicos sejam descartados, haverá sempre, de modo inerente, uma tendência para a mistura temporal, uma vez que o tempo necessário ao desenvolvimento de diferentes gerações de organismos é muito mais curto do que os das taxas de acumulação dos sedimentos (Martin, 1999). Finalmente, as escalas de duração dos processos de mistura temporal disponíveis para as concentrações de microfósseis (Martin *et al.*, 1996) e vertebrados (Behrensmeier & Hook, 1992) apontam para um lapso de tempo da ordem de 10^3 - 10^5 anos, portanto, similar a escala observada para as concentrações de macroinvertebrados marinhos.

Diversas são as implicações do fenômeno de mistura temporal, as quais transcendem o escopo da Paleontologia. Em evolução, por exemplo, dentes de dinossauros retrabalhados e preservados em depósitos fluviais terciários no Estado de Montana, EUA, poderiam sugerir que este grupo de répteis não desapareceu no Mesozóico (Alvarez, 1997). Adicionalmente, em estratigrafia e bioestratigrafia, eventos que não são contemporâneos podem parecer isócronos no registro geológico (veja, por exemplo, Kowalewski, 1996). Entretanto, a identificação da mistura temporal é crítica na análise paleoecológica. Conforme demonstrado por Simões & Kowalewski (1998a, b) concentrações fossilíferas pouco espessas (30-50 cm) podem ser internamente complexas, com baixa resolução temporal e espacial. Em decorrência disso, freqüentemente as concentrações fossilíferas mostram uma mistura de animais que, embora ocorrendo lado-a-lado, não foram contemporâneos. Mesmo nos casos onde o soterramento foi instantâneo a mistura temporal está sempre presente (Heikoop *et al.*, 1997; Simões *et al.*, 1998a, b), uma vez que esta é decorrente da presença de bioclastos antigos no fundo e não do soterramento final. Embora, nestes casos, a mistura temporal presente possa ser geologicamente desprezível, "paleoecologicamente falando" não é.

O principal desafio, portanto, para as reconstruções paleoecológicas é reduzir ao máximo

possível a mistura ecológica naturalmente imposta pelo fenômeno de mistura temporal.

ELABORANDO UM MODELO EMPÍRICO DE ANÁLISE

Tipo de Observação e Escala de Trabalho

O grau de mistura temporal de uma concentração fossilífera limitará sua resolução temporal (*temporal resolution*) (Kowalewski, 1996). No caso das concentrações fossilíferas do Paleozóico, aqui tratadas, essa questão é ainda mais crítica, porque não há a possibilidade de datação absoluta dos bioclastos que compõem a acumulação. Adicionalmente, a mais precisa resolução temporal fornecida pelos melhores zoneamentos bioestratigráficos é da ordem de 10^6 anos (Brett & Baird, 1993), intervalo de tempo inadequado para análises em uma escala de tempo ecológica. Adicionalmente, a aplicação de critérios "atuais" para as acumulações paleozóicas é ainda mais difícil do que para as acumulações formadas nas épocas iniciais do Cenozóico e Mesozóico, por causa das diferenças na composição taxonômica e nas taxas de bioturbação e bioerosão dos bioclastos. Sabidamente, o comportamento tafonômico das conchas calcárias de bivalves não é o mesmo das conchas de braquiópodes, frente à ação de processos tafonômicos de destruição dos restos esqueléticos (Kidwell, 1990; Kidwell & Brenchley, 1994, 1996). Portanto, no caso do Paleozóico, os critérios para o reconhecimento da mistura temporal estão fundamentados nas assinaturas tafonômicas (*sensu* Fürsich & Oschmann, 1993), conforme sugerido por Brett & Baird (1993, 1997) e Simões & Kowalewski (1998a, b).

Assim sendo, uma vez que não é possível resolver a questão da escala temporal de acumulação dentro da maior parte das coleções paleontológicas disponíveis para estudo, estas devem ser suficientemente grandes (veja Olszewski, 1999, para os cálculos estatísticos que determinam se uma coleção é ou não grande o suficiente para análise) para a incorporação do maior espectro possível de variações das assinaturas tafonômicas (*sensu* Fürsich & Oschmann, 1993), devido à mistura temporal, a despeito do tempo absoluto (lapso de tempo).

Com efeito, sugere-se aqui que, inicialmente, a escala de trabalho seja a da análise estratigráfica, camada-por-camada, mesmo nos intervalos pouco espessos (centimétricos) (Simões & Kowalewski, 1998a, b), pelas seguintes razões: a- os processos

sedimentares de aggradação e erosão que, de uma maneira geral, influenciam os padrões de colonização dos substratos pelos organismos bentônicos, podem ser reconhecidos nesta escala de trabalho e b- as mudanças faunísticas que ocorrem em intervalos de tempo muito curtos, da ordem de 10^2 a 10^4 anos (ou menos) estão representados no nível de camada. Portanto, a análise autoecológica e bioestratinômica de alta resolução (ver, por exemplo, Simões, 1998; Simões & Kowalewski, 1998a, b; Ghilardi, 1999) constitui importante ferramenta para as reconstruções paleossinecológicas, especialmente nos casos onde uma idade precisa dos restos esqueléticos não pode ser obtida.

Protocolo Tafonômico/Paleoautoecológico

Atualmente, as diferenças nos tamanhos das coleções disponíveis (em número de exemplares) para análise e as diferentes escalas de tratamento dos dados tornam muito difícil a comparação dos resultados presentes em diferentes estudos (veja, por exemplo, Mendes, 1952; Ragonha, 1980 e Simões & Kowalewski, 1998a, para as diferenças no estudo de uma mesma concentração fossilífera). Tal fato, motivou a elaboração deste artigo que propõe uma sistemática de trabalho e uma metodologia padronizada, que possibilitem análises quantitativas, servindo de “modelo” para estudos futuros. Para isso é proposto um protocolo contendo sete etapas, que estão sintetizadas na Figura 1.

Etapa I. Envolve atividades preliminares da pesquisa paleoecológica como, por exemplo, a delimitação do escopo do estudo e os tipos de concentrações fossilíferas que serão analisadas. Quando possível, é extremamente recomendável que a posição das concentrações fossilíferas do intervalo estudado, no âmbito da estratigrafia de seqüência, seja estabelecida, bem como fácies sedimentares envolvidas (Brett, 1995; Holland, 1995). O resgate de informações paleossinecológicas já disponíveis na literatura, mesmo que imprecisas quanto à questão da mistura temporal e espacial, é útil.

Etapa II. Inclui, em grande parte, as atividades de coleta, tendo início com a localização e o reconhecimento, no campo, da concentração ou grupo de concentrações que serão analisadas. Os procedimentos empregados na coleta são os de rotina para material paleontológico (Rösler, 1986), exigindo, porém, alguns cuidados básicos.

A coleta envolve a remoção da concentração fossilífera na forma de blocos de rocha orientados (Simões *et al.*, 1996a; Simões, 1998; Simões & Kowalewski, 1998a, Simões *et al.*, 1998a, b), com dimensão de aproximadamente $0,05 \text{ m}^3$. A experiência mostra que os blocos com tal dimensão possibilitam a obtenção de um número considerável de fósseis, úteis para as análises estatísticas (Simões & Kowalewski, 1998a), particularmente se o grau de empacotamento variar de denso a disperso (Kidwell & Holland, 1991). Os blocos podem ser extraídos manualmente ou com o uso de martelo à gasolina. Durante a extração é importante orientar o bloco de rocha tanto em relação ao azimute, como à base e o topo da camada. No caso do bloco fragmentar durante a coleta, as diferentes partes poderão ser numeradas e reconstituídas no laboratório. O bloco deve conter não apenas a concentração fossilífera em si, mas incluir também, se possível, parte dos sedimentos da base e do topo, mesmo que afossilíferos.

O número de blocos a serem coletados depende, em grande parte, da qualidade de exposição e da geometria da concentração fossilífera estudada (veja Kidwell *et al.*, 1986, para os diferentes tipos de geometria). Por exemplo, Simões *et al.* (1996a) no estudo tafonômico da coquina de Camaquã (Formação Corumbataí, assembléia de *Pinzonella neotropica*), cuja geometria é lenticular, com cerca de 120 m de extensão lateral, dividiram essa acumulação esquelética em 10 porções distintas. Destas, três foram aleatoriamente sorteadas com cartões numerados e amostradas conforme as instruções acima. É importante destacar que os autores acima, além disso, coletaram amostras da porção mais espessa (11 cm) e da mais delgada (1 cm) da coquina. Note que tal procedimento é importante, pois as características tafonômicas e a composição taxonômica dos elementos preservados numa concentração fossilífera podem variar tanto na vertical, como na horizontal (Kidwell *et al.*, 1986).

Etapa III. Abrange as atividades de laboratório. A preparação do bloco e dos fósseis depende largamente dos tipos de fossilização representados e do grau de intemperismo da matriz (veja Feldman *et al.*, 1989, para procedimentos de preparação). No laboratório, o bloco será seccionado. Esse procedimento deverá ser realizado por um indivíduo treinado e experiente. Após esse procedimento, o bloco poderá ser lavado e os restos de vegetais extraídos. Uma vez limpo, tem início uma descrição

Figura 1 - Fluxograma de trabalho e etapas na realização de uma análise paleoecológica levando em conta o estudo autoecológico e tafonômico de detalhe, como ponto de partida para a elaboração de hipóteses e reconstruções paleossinecológicas (retirado de Ghilardi, 1999).

preliminar, porém atenta, de algumas feições tafonômicas e sedimentares da concentração fossilífera, que podem ser observadas ao longo das faces que foram cortadas.

Em seguida, cada bloco será preparado, tanto do ponto de vista físico, como químico, considerando as características intrínsecas [e.g., tipo(s) de fossilização] de cada um. No caso dos fósseis estar silicificados, a metodologia de preparação pode seguir Simões (1988) e Simões & Fittipaldi (1992). Entretanto, é imprescindível que os fósseis não sejam extraídos da matriz. O que deve ser eliminado são os sedimentos em torno dos fósseis, mas a sua distribuição original deve ser mantida, pois constitui feição tafonômica indispensável para a análise (Simões, 1998). Nos casos onde os fósseis estão preservados como moldes, não apenas os moldes internos são importantes (por conterem informações para a análise autoecológica), mas os externos também, pois podem fornecer informações tafonômicas (corrosão, bioerosão) valiosas. Em qualquer caso, porém, deve ser lembrado que todo bioclasto (partícula de origem orgânica maior que 2 mm, *sensu* Kidwell, 1991; Kidwell & Holland, 1991), representando um fragmento ou organismo completo é importante para a análise.

Etapla IV. Envolve a análise qualitativa, como a descrição das feições tafonômicas (bioestratinômicas e diagenéticas), a classificação taxonômica e a descrição das feições morfofuncionais (internas e externas) dos fósseis presentes em cada subunidade estratigráfica do bloco de rocha, o que é particularmente verdadeiro no caso das concentrações fossilíferas internamente complexas (*sensu* Kidwell & Aigner, 1985).

Etapla V. Inclui a análise quantitativa, para os elementos de cada subunidade. No caso das concentrações dominadas por bivalves (veja Torello & Simões, 1994; Simões *et al.*, 1996a; Klein, 1997; Simões & Kowalewski, 1998a; Torello, 1999) e trilobitas (Speyer & Brett, 1986; Speyer, 1987; Lima, 1997; Lima & Simões, 1998), apenas para citar exemplos paleozóicos mais comuns, a preservação de cada exemplar é descrita usando classes tafonômicas semi-quantitativas (Fürsich & Flessa, 1987; Davies *et al.*, 1989; Feige & Fürsich, 1991; Flessa *et al.*, 1993; Kowalewski *et al.*, 1994, 1995; Simões & Kowalewski, 1998a). As classes tafonômicas definidas, entretanto, só podem ser aplicadas nos casos de conservação parcial, substituição (e.g.,

silicificação) ou moldes externos. Com a finalidade de comparar os diferentes padrões de preservação entre os fósseis de uma mesma subunidade, ou entre estas, tafogramas ternários são construídos, empregando-se o modo R (Kowalewski *et al.*, 1995) ou o modo Q (Simões *et al.*, 1996b). Paralelamente, são levantados os dados biométricos pertinentes ao(s) grupo(s) estudado(s). Em secção, os espécimes são ainda classificados quanto à sua orientação espacial relativa ao plano de acamamento. Em planta, a orientação azimutal dos espécimes alongados é tomada (Kidwell *et al.*, 1986; Kidwell & Bosence, 1991). Todos os dados quantitativos podem ser organizados em planilhas eletrônicas e sugere-se que os gráficos sejam gerados em DeltaGraph Professional 4.0.2 ou superior, podendo as análises estatísticas serem executadas utilizando o pacote de programas presentes no Statistical Analysis System (SAS) (veja SAS Institute, 1989a, b; 1990).

Etapla VI. Abrange a interpretação dos dados, incluindo: 1- reconstrução do hábito de vida de cada espécie analisada; 2- a determinação dos padrões de preservação das diferentes espécies e entre exemplares de uma mesma espécie e, 3- a interpretação dos processos sedimentares responsáveis pela gênese de cada subunidade. É nesta fase que o problema da mistura temporal e da mistura espacial deve ser analisado, não só para todos os elementos de uma mesma subunidade, como para elementos de uma mesma espécie (mistura temporal desarmoniosa) (Kowalewski, 1997). Várias são as feições diagnósticas e sugestivas destes fenômenos (veja, por exemplo, Simões & Kowalewski, 1998a, para uma longa discussão). Os dados obtidos são confrontados com os de natureza sedimentológica e estratigráfica e a gênese da acumulação (cada subunidade) e sua história paleossinecológica determinada.

Etapla VII. Envolve o confronto dos dados obtidos e interpretados nas etapas 4, 5 e 6 e seu confronto com as hipóteses iniciais. Em certos casos, uma redefinição de hipóteses poderá ocorrer.

DISCUSSÃO: EXEMPLO DO PALEOZÓICO DA BACIA DO PARANÁ

Para demonstrar a aplicabilidade do protocolo de análise paleoautoecológica sugerido, um exemplo será aqui brevemente discutido, referente ao Grupo Passa Dois (Permiano) da Bacia do Paraná, ou seja:

Exemplo: Arenito bioclástico de Ferraz.

Principais referências: Mendes (1952), Ragonha (1980), Simões & Kowalewski (1998a, b).

Intervalo estratigráfico: Porção inferior/média da Formação Corumbataí, na região de Rio Claro, SP, Biozona de *Pinzonella illusa* Reed.

Na parte inferior/média da Formação Corumbataí (Permiano) da região de Rio Claro, SP, corpos de arenito fino a médio, de geometria lenticular, intensamente silicificados, ocorrem intercalados em uma espessa sucessão de pelitos. Estes arenitos compreendem tempestitos proximais (Torello & Simões, 1994; Simões, 1998; Simões & Kowalewski, 1998a, b), ricos em conchas de bivalves, especialmente da Biozona de *Pinzonella illusa* Reed-*Plesiocyprinella carinata* Holdhaus (Rohn, 1994). No Estado de São Paulo, as melhores exposições destes arenitos ocorrem na antiga rodovia, não pavimentada, que liga o distrito de Ajapí ao de Ferraz, no município de Rio Claro. Outras ocorrências coevas são conhecidas em outras áreas da região de Rio Claro (Rua 6), Santa Rita do Passa Quatro e na rodovia Castello Branco, SP-280 (veja Simões *et al.*, no prelo, para uma revisão). A despeito disso porém, as ocorrências mais estudadas são as do distrito de Ferraz e, por esta razão, Simões & Kowalewski (1998a, b) utilizaram o termo “Ferraz Shell Bed” para designar estes tempestitos proximais, que caracterizam o intervalo inferior/médio da Formação Corumbataí (Ragonha, 1980; Rohn, 1994; Maranhão, 1995).

Por várias décadas, desde Mendes (1952), estas concentrações fossilíferas foram interpretadas, pela maioria dos autores prévios (*e.g.*, Ragonha, 1980), como unidades homogêneas, registrando uma comunidade bentônica de um único ambiente. Entretanto, estudos posteriores, mais recentes, empregando a metodologia aqui proposta (Simões, 1998; Simões & Kowalewski, 1998a, b; Ghilardi, 1999), demonstraram que as feições microestratigráficas, sedimentológicas, e as assinaturas tafonômicas dos fósseis (predominantemente moluscos bivalves) encontrados no arenito bioclástico de Ferraz, indicam que esta concentração fossilífera consiste de 04 unidades “microestratigráficas” distintas. Ele inclui, da base para o topo, uma acumulação esquelética residual (*lag* basal) (Unidade 1), um depósito de tempestade parcialmente retrabalhado (Unidade 2), um depósito de arenito rapidamente depositado, internamente com 03 horizontes pouco espessos e descontínuos, formando pavimentos de conchas, registrando

breves episódios de retrabalhamento (Unidade 3) e um horizonte caracterizado por denso acúmulo de conchas de bivalves, gerado por seleção e retrabalhamento, durante períodos de baixa taxa de sedimentação, seguido de soterramento rápido, provavelmente induzido por eventos de tempestades (Unidade 4) (Fig. 2). Os bioclastos presentes no arenito bioclástico de Ferraz são representados por moluscos bivalves, sendo que *Pinzonella illusa* e *Terraia aequilaterialis* são os táxons predominantes. Estes foram bivalves escavadores rasos, lentos, suspensívoros, que viveram provavelmente em substrato arenoso, sob condições de águas rasas (Ghilardi, 1999).

Análises tafonômicas indicam que os bioclastos do arenito de Ferraz apresentam alto grau de mistura temporal (na escala de centenas a milhares de anos), provavelmente da ordem de 10^2 a 10^4 anos, por comparação com concentrações cenozóicas, semelhantes (Simões, 1998; Simões & Kowalewski, 1998a, b). Além disso, as diferentes espécies presentes em cada uma das unidades microestratigráficas apresentam graus distintos de mistura temporal, exibindo, portanto, mistura temporal desarmoniosa. Além disso, os dados obtidos para as 04 unidades microestratigráficas identificadas mostram que elas diferem estatisticamente, uma das outras, na sua composição taxonômica e ecológica (veja Ghilardi, 1999), nas assinaturas tafonômicas e na distribuição de frequência de tamanhos das duas espécies mais comuns (Simões & Kowalewski, 1998a, b).

A análise tafonômica do arenito bioclástico de Ferraz, cuja espessura máxima não excede 50 centímetros, indica que, embora de estratigrafia interna aparentemente simples, mesmo concentrações fossilíferas pouco espessas podem ser geneticamente complexas, com alto grau de mistura temporal, constituindo um registro paleontológico altamente heterogêneo. A gênese complexa identificada para a concentração fossilífera de Ferraz caracteriza também outros depósitos de arenitos bioclásticos e coquinas coevas (Biozona de *Pinzonella illusa*) das formações Terezina e Corumbataí do Estado de São Paulo, bem como outros arenitos bioclásticos de unidades litoestratigráficas do Permiano da Bacia do Paraná, tais como o arenito bioclástico de Taió (Formação Rio Bonito) e o arenito bioclástico de São Sepé (Formação Palermo) (Simões, 1998). Tal complexidade pode ser, grosso modo, expressa pelas seguintes feições comuns: (1) mistura de

LEGENDA:

Conchas articuladas fechadas	Siltito
Conchas em posição de vida	Arenito
Conchas articuladas abertas	Arenito silicificado
Conchas desarticuladas	
Intraclastos siltíticos	

Figura 2 - Reconstrução (em secção) simplificada, composta, do arenito bioclástico de Ferraz mostrando as relações estratigráficas, feições tafonômicas e bioestratigráficas internas das quatro unidades microestratigráficas distinguíveis no arenito. Retirado de Simões & Kowalewski, 1998a.

partes duras esqueléticas em diferentes estágios de degradação, (2) a subdivisão de um único depósito em várias subunidades, evidenciadas por superfícies de erosão, truncamentos etc. e (3) pela mistura de bioclastos de diferentes ambientes bentônicos (*e.g.*, substrato mole, instável e substrato duro, estável) de tempos distintos (Simões, 1998). Mesmo pouco espessas, todas estas concentrações fossilíferas representam um registro com alto grau de mistura temporal, registrando o espectro dos ecossistemas que existiram em uma dada área deposicional, num intervalo de tempo da ordem de 10^2 - 10^4 anos, a julgar pelos exemplos fornecidos pelas modernas pesquisas nos ambientes marinhos holocênicos.

Em decorrência dos problemas acima mencionados, interpretações ecológicas literais e modelos paleoecológicos estabelecidos com base nessas concentrações fossilíferas devem levar em consideração a complexa história registrada. Na prática paleoecológica isso significa que, no caso específico do arenito bioclástico de Ferraz, acima discutido, pelo menos 4 reconstituições deveriam ser estabelecidas, isto é, no mínimo, para cada uma das 4 unidades microestratigráficas identificadas. Em outras palavras, se a síntese dos dados paleoecológicos fosse apresentada

na forma de um bloco diagrama, mostrando os animais em sua provável posição de vida, haveria a necessidade de 4 blocos diagramas, mesmo considerando que eles estão sintetizando os dados de uma camada de apenas 30 a 40 cm de espessura (Fig. 3).

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROBLEMAS PARA O FUTURO

O processo de mistura temporal pode afetar qualquer tipo de dado derivado da análise de coleções paleontológicas (composição taxonômica, morfológica, isotópica) (Olszewski, 1999; Kowalewski *et al.*, 2000a, b). Do ponto de vista paleoecológico, a grande implicação deste fenômeno reside no problema de que podem ocorrer, nas concentrações fossilíferas, mistura de fósseis de tempos distintos, causando a perda da resolução temporal, influenciando as conclusões derivadas desta base de dados. A questão da mistura temporal é, portanto, fundamental para os paleontólogos. Estes têm o dever de identificá-la e tratá-la da melhor maneira possível.

Embora a questão de mistura temporal tenha sido extensivamente tratada na literatura internacional, nas décadas de 80 e 90, pouca ou nenhuma atenção tem sido dispensada a este fenômeno pelos paleontólogos brasileiros (exceções aos grupos de pesquisa na UNESP-Botucatu e UFRGS). Portanto, mais do que guiar os passos de uma pesquisa paleontológica, o protocolo aqui proposto procura chamar a atenção para o problema de mistura temporal e suas implicações paleoecológicas.

Finalmente, de nossa experiência com a metodologia aqui proposta, um problema carece ainda de maior atenção. Ele diz respeito à dificuldade de coletar uma grande quantidade de fósseis em um mesmo plano de acamamento, nos sedimentos onde os bioclastos estão dispersos ou frouxamente empacotados (*sensu* Kidwell & Holland, 1991) na matriz, não formando concentrações fossilíferas tridimensionais (*sensu*, Kidwell *et al.*, 1986), como comumente ocorre nos sedimentos da Formação Ponta Grossa (Devoniano) e Formação Serra Alta (Permiano), para citar exemplos da Bacia do Paraná. No momento, estamos trabalhando nesta questão e nossa sugestão é a de que um maior número de exemplares e feições tafonômicas e estratigráficas sejam obtidos, para uma área maior até do que aquela anteriormente proposta (0,05 m³).

Figura 3 - Reconstrução hipotética das possíveis "paleocomunidades" representadas no arenito de Ferraz. Nos blocos diagrama (A, B, C) estão representados os bivalves registrados nas diferentes subunidades do arenito. Note que não há uma reconstrução para a concentração da subunidade 1 (lag), onde os bioclastos estão intensamente fragmentados. Observe a variação na proporção dos elementos de epifauna (*Coxesia mezzalirai*) em A e C, bem como a ausência de escavadores profundos (*Roxoa corumbataiensis**) em A e sua presença em C. Explicação no texto.

Agradecimentos - Os autores agradecem ao Prof. Dr. Michael Holz (IG/UFRGS) e a Comissão Editorial da Revista Pesquisas pela leitura crítica do manuscrito e às valiosas observações que enriqueceram o texto final. A presente pesquisa contou com o apoio da FAPESP (93/2747-0, 96/9708-9, 96/101008-6, 99/10824-1, 99/10823-5, 99/11763-6), CNPq (301023/94-8) e FUNDUNESP (109/98-DFP, 331/99-DFP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A. 1997. *T. rex and the crater of doom*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press. 185p.
- Behrensmeier, A. K. & Hook, R. W. 1992. Paleoenvironmental contexts and taphonomic modes. In: BEHRENSMEYER, A. K.; DAMUTH, J. D.; DIMICHELE, W. A.; POTTS, R.; SUESS, H. D. & WING, S. L. (eds.) *Terrestrial ecosystems through time*. Chicago, University of Chicago Press. p. 15-136.
- Brett, C. E. 1995. Sequence stratigraphy, biostratigraphy, and taphonomy in shallow marine environments. *Palaos*, 10: 597-616.
- Brett, C. E. & Baird, G.C. 1993. Taphonomic approaches to temporal resolution in stratigraphy: examples from Paleozoic marine mudrocks. In: KIDWELL, S. M. & BEHRENSMEYER, A. K. (eds.) *Taphonomic approaches to time-resolution in fossil assemblages*. p. 250-274 (Short Courses in Paleontology 6, Special Publication of Paleontological Society, Knoxville, Kentucky).
- Brett, C. E. & Baird, G.C. 1997. Epiboles, outages, and ecological evolutionary bioevents: taphonomy, ecological, and biogeographic factors. In: BRETT, C. E. & BAIRD, G.C. (eds.) *Paleontological Events: stratigraphic, ecological, and evolutionary implications*. Columbia University Press, New York. p. 249-284.
- Davies, D. J.; Powell, E. N. & Stanton, R. J. 1989. Taphonomic signature as a function of environmental process: shells and shell beds in a hurricane-influenced inlet on the Texas coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 72: 317-356.
- Feige, A. & Fürsich, F. T. 1991. Taphonomy of the Recent molluscs of Bahia la Choya (Gulf of California, Sonora, Mexico). *Zitteliana*, 18: 89-133.
- Feldman, H. R.; Chapman, R. E. & Hannibal, J. T. (eds.) 1989. *Paleotechniques*. The Paleontological Society Special Publication, 4. The University of Tennessee Press, 358p.
- Flessa, K. W. & Kowalewski, M. 1994. Shell survival and time-averaging in nearshore and shelf environments: estimates from the radiocarbon literature. *Lethaia*, 27: 153-165.
- Flessa, K. W.; Cutler, A. H. & Meldahl, K. 1993. Time and taphonomy: quantitative estimates of time-averaging and stratigraphic disorder in a shallow marine habitat. *Paleobiology*, 19: 266-286.
- Fürsich, F. T. 1971. Hatgründe und Kondensation un Dogger von Calvados. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 138: 313-342.

- Fürsich, F. T. & Aberhan, M. 1990. Significance of time-averaging for paleocommunity analysis. **Lethaia**, 23:143-152.
- Fürsich, F. T. & Flessa, K. 1987. Taphonomy of tidal flat molluscs in the northern Gulf of California: paleoenvironmental analysis despite the perils of preservation. **Palaio**, 2: 543-559.
- Fürsich, F. T. & Oschmann, W. 1993. Storm shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. **Journal of Geological Society of London**, 150: 169-185.
- Ghilardi, R. P. 1999. **Paleoautoecologia dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), no Estado de São Paulo: bivalves fósseis como indicadores da dinâmica sedimentar**. São Paulo, 160p. Dissertação de Mestrado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Heikoop, J. M.; Tsujita, C. J.; Heikoop, C. E.; Risk, M. J. & Dickinson, A. P. 1997. Effects of volcanic ashfall in ancient marine benthic communities: comparison of a nearshore and offshore environment. **Lethaia**, 29: 125-139.
- Holland, S. M. 1995. The stratigraphic distribution of fossils. **Paleobiology**, 21: 92-109.
- Kidwell, S.M. 1990. Phanerozoic evolution of macroinvertebrate shell accumulations: preliminary data from the Jurassic of Britain. In: MILLER, W. E., III (ed.) **Paleocommunity temporal dynamics**. p. 309-327 (Paleontological Society Special Papers, 5).
- Kidwell, S.M. 1991. The stratigraphic condensation of marine transgressive records: origin of major shell deposits in Miocene of Maryland. **Journal of Geology**, 97(1):1-24.
- Kidwell, S. M. 1993. Patterns of time-averaging in the shallow marine fossil record. In: KIDWELL, S. M. & BEHRENSMEYER, A. K. (eds.) **Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages**. p. 275-300 (Paleontological Society Short Courses in Paleontology, 6).
- Kidwell, S. M. & Aigner, T. 1985. Sedimentary dynamics of complex shell beds: implications for ecological and evolutionary patterns. In: BAYER, U. & SEILACHER, A. (eds.) **Sedimentary and evolutionary**. Berlin, Springer-Verlag. p. 382-395.
- Kidwell, S. M. & Behrensmeier, A. K. 1993. Taphonomic approaches to time resolution in fossil assemblages. **Short Courses in Paleontology 6** (Special Publication of Paleontological Society, Knoxville, Kentucky). 302p.
- Kidwell, S. M. & Bosence, D. W. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In: ALLISON, P. A. & BRIGGS, D. E. G. (eds.) **Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record**. New York, Plenum Press. p. 115-209.
- Kidwell, S. M. & Brenchley, P. J. 1994. Patterns in bioclastic accumulation through the Phanerozoic changes in input or in destruction? **Geology**, 22: 1139-1143.
- Kidwell, S. M. & Brenchley, P. J. 1996. Evolution of the fossil record: thickness trends in marine skeletal accumulations and their implications. In: JABLONSKY, D. H.; ERWIN, D. H.; LIPPIS, J. H. & BRENCLEY, P. J. (eds.) **Evolutionary Paleobiology**. Chicago, University of Chicago Press. p. 290-336.
- Kidwell, S. M. & Flessa, K. W. 1995. The quality of the fossil record: populations, species and communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 26: 269-299.
- Kidwell, S. M. & Holland, S. M. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. **Palaio**, 6: 426-434.
- Kidwell, S.M.; Fürsich, F. T. & Aigner, T. 1986. Conceptual framework for the analysis of fossil concentrations. **Palaio**, 1: 228-238.
- Klein, C. 1997. **Contribuição ao estudo das concentrações fossilíferas do Grupo Passa Dois na região de Tiarajá, RS e suas implicações paleoambientais**. São Leopoldo, 153p. Dissertação de Mestrado em Geociências. Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio Sinos.
- Kowalewski, M. 1996. Time-averaging, overcompleteness, and the geological record. **Journal of Geology**, 104: 317-326.
- Kowalewski, M. 1997. The reciprocal taphonomic model. **Lethaia**, 30: 86-88.
- Kowalewski, M.; Flessa, K. W. & Aggen, J. A. 1994. Taphofacies analysis of Recent shelly cheniers (beach ridges), northeastern Baja California, Mexico. **Facies** 31: 209-242.
- Kowalewski, M.; Flessa, K. W. & Hallmann, D. P. 1995. Ternary taphograms: triangular diagrams applied to taphonomic analysis. **Palaio**, 10: 478-483.
- Kowalewski, M.; Goodfriend, G. A. & Flessa, K. W. 1998. High-resolution estimates of temporal mixing within shell beds: the evils and virtues of time-averaging. **Paleobiology**, 24: 287-304.
- Kowalewski, M.; Simões, M. G. & Flessa, K. W. 2000a. Time-averaged bioclastic accumulations from modern coasts: multidisciplinary insights into ecological, environmental and climatic trends over recent millennia. In: THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, 2000. **Abstracts with Programs**, 32 (2)
- Kowalewski, M.; Simões, M. G. & Flessa, K. W. 2000b. High-resolution records preserved in time-averaged shell assemblages: holocene macrofaunas as a tool for reconstructing recent history of coastal geosystems. **Eos, Transactions, American Geophysical Union**, 81 (19): S89.
- Lima, A. P. 1997. **Tafonomia comparada dos trilobitos Calmoniídeos e Homalonotídeos, da Formação Ponta Grossa (Devoniano), região de Jaguariaíva, PR: implicações paleobiológicas e paleoecológicas**. Botucatu. 46p. Monografia de conclusão de curso. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- Lima, A. P. & Simões, M. G. 1998. Comparative taphonomy of Calmoniíde and Homalonotiíde trilobites from Ponta Grossa Formation (Devonian), Jaguariaíva Member, Paraná Basin, Brazil: Paleobiological and paleoecological implications. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, 1998, Belo Horizonte. **Anais...**, p. 445.
- Maranhão, M. S. A. S. 1995. **Fósseis das formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo: subsídios ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico**. São Paulo, 2v. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Mendes, J. C. 1952. A Formação Corumbataí na região do Rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras**, 145, **Geologia**, 8:1-119.
- Martin, R. M. 1999. **Taphonomy: a process approach**. Cambridge University Press, 508p.
- Martin, R. E.; Wehlmiller, J. F.; Harris, M. S. & Liddell, W. D. 1996. Comparative taphonomy of bivalves and foraminifera from Holocene tidal flat sediments, Bahia la Choya, Sonora, Mexico (northern Gulf of California): taphonomic grades and temporal resolution. **Paleobiology**, 22: 80-90.
- Olszewski, T. 1999. Taking advantage of time-averaging. **Paleobiology**, 25 (2): 226-238.
- Ragonha, E. W. 1980. Características físicas da zona de *Pinzonella illusa* e *Plesiocyprinella carinata* da Formação Corumbataí - Grupo Passa Dois, na região de Rio Claro (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú. **Anais...**, p. 3106-3117.
- Rohn, R. 1994. **Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná**. São Paulo, 2v, 386p. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Rösler, O. 1986. Fósseis. In: **Manual de Coleta de Amostras em Geociências**, Boletim do Núcleo SP, Sociedade Brasileira de Geologia, 2: 15-21.
- SAS Institute 1989a. **SAS/STAT® User's Guide**, Version 6, 4th ed. Sas Institute, Cary, v. 1, 943 pp., v. 2, 846 p.
- SAS Institute 1989b. **SAS/IML Software, version 6**, 1st ed. Sas Institute, Cary, 501p.
- SAS Institute 1990. **SAS® Procedures Guide: Version 6**, 3rd ed., Sas Institute, Cary, 705p.
- Simões, M.G. 1988. Técnicas de preparação de bivalves silicificados, com vistas ao estudo da morfologia interna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 15, 1988, Curitiba. **Resumos...**, p. 49.
- Simões, M.G. 1998. **Tafonomia, time-averaging e resolução espacial de concentrações fossilíferas internamente complexas: um estudo de casos do Permiano, Bacia do Paraná- Brasil e suas implicações paleoecológicas**. Botucatu. 160p. Tese de Livre-Docência. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista.

- Simões, M. G. & Fitipaldi, F. C. 1992. **Fósseis da região de Rio Claro, SP**. Arquivo do Município, Rio Claro, 77p.
- Simões, M. G. & Kowalewski, M. 1998a. Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. **Facies**, **38**: 175-196.
- Simões, M. G. & Kowalewski, M. 1998b. Genetic complexity and geobiological implications of "simple" shell beds: an example from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. **Journal of African Earth Science**, **27** (1A): 179-180.
- Simões, M. G.; Torello, F. F. & Rocha-Campos, A. C. 1996a. Gênese e classificação da coquina de Camaquã (assembléia de *Pinzonella neotropica*), Formação Corumbataí (Permiano Superior), Rio Claro, SP. **Anais da Academia brasileira de Ciências**, **68**(4):545-557.
- Simões, M. G.; Torello, F. F.; Mello, L. H. C.; Passos, J. R. S. & Ghilardi, R. P. 1996b. Aplicação de tafogramas ternários no estudo das assinaturas tafonômicas de concentrações fossilíferas da Formação Corumbataí (Permiano), Bacia do Paraná, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **34**, 1996, Salvador. **Anais...**, p. 301-302.
- Simões, M. G.; Kowalewski, M.; Torello, F. F. & Anelli, L. E. 1998a. Long-term time-averaging despite abrupt burial: Paleozoic obrution deposits from epeiric settings of Paraná Basin, Brazil. In: THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1998, Toronto. **Abstracts with Programs**, p. 384.
- Simões, M. G.; Torello, F. F.; Kowalewski, M.; Klein, C.; Mello, L. H. C. & Ghilardi, R. P. 1998b. Are the obrution deposits the most precise and best resolved beds in event stratigraphy? Some Paleozoic examples from the Paraná Basin, Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, **40**, 1998, Belo Horizonte. **Anais...**, p. 444.
- Simões, M. G.; Torello, F. F.; Mello, L. H. C. & Ghilardi, R. P. no prelo. O Conteúdo fossilífero de novos afloramentos do Grupo Passa Dois (Neopermiano), nas porções centro sul e nordeste do Estado de São Paulo: implicações bioestratigráficas e paleoecológicas. **Acta Geologica Leopoldensia**.
- Speyer, S. E. 1987. Comparative taphonomy and palaeology of trilobite Lagerstätten. **Alcheringa**, **11** (2): 205-232.
- Speyer, S. E. & Brett, C. E. 1986. Trilobite taphonomy and Middle Devonian taphofacies. **Palaaios**, **1**: 312-327.
- Torello, F. F. 1999. **Bioestratinomia de concentrações fossilíferas da assembléia de *Pinzonella neotropica* (Reed), da Formação Corumbataí (Permiano), Tambaú, SP**. São Paulo. 121p. Dissertação de Mestrado em Geociências. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Torello, F. F. & Simões, M.G. 1994. Características tafonômicas da assembléia de *Pinzonella illusa* Reed, Formação Corumbataí (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil. **Acta Geologica Leopoldensia**, **39/1**(17):159-173.
- Walker, K. R. & Bambach, R. K. 1971. The significance of fossil assemblages from fine-grained sediments: time averaged communities. In: THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA ANNUAL MEETING, 1971. **Abstracts with Programs**, p. 783-784.