CONCHOSTRÁCEOS DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO (BACIA DO PARANÁ, PERMIANO SUPERIOR): BIOESTRATIGRAFIA E IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS *

ROSEMARIE ROHN** e OSCAR RÖSLER***

ABSTRACT UPPER PERMIAN CONCHOSTRACANS FROM THE RIO DO RASTO FORMATION, PARANÁ BASIN: BIOSTRATIGRAPHY AND PALEOENVIRONMENT. The geographic and stratigraphic distribution of 13 Upper Permian conchostracan species from the Rio do Rasto Formation (Passa Dois Group, Southern Brazil), known from 68 localities in the State of Paraná and one locality in northern Santa Catarina, permits the recognition of six distinct intervals, here proposed as biostratigraphic units. This is the first detailed biostratigraphic subdivision regarding this formation; previous attempts either were informal, general suggestions or considered only a small part of the formation. This new biostratigraphic scheme is critically analysed in view of: a. the conchostracan taxonomy adopted here; b. possible methodological bias; c. stratigraphic complexity due to intense faulting and to the lack of marker beds; and d. the use of more flexible criteria for the biostratigraphic subdivision than those recommended in the Brazilian Code of Stratigraphic Nomenclature. The paleoecologic implication and the intrabasinal correlation potential of the conchostracan taxa of each biozone are likewise analysed and compared with geologic data and information on other fossil groups. The proposed biostratigraphic units are, in ascending order: *Cyzicus* sp. Zone, *Monoleaia uncostata micropolygonata* Zone, *Paranaleaia supina* - *Asmussia* sp. Zone, *Asmussia regularis* Zone (including the *Paleolimnadiopsis subalata* Subzone) plus an informal "uppermost conchostracan interval".

RESUMO A distribuição espacial de 13 espécies de conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois), de acordo com a provável posição estratigráfica das 68 localidades de coleta no Estado do Paraná e de uma no extremo norte de Santa Catarina, permite discriminar pelo menos seis intervalos de conteúdo paleontológico bem definidos. Neste trabalho, tais intervalos são propostos como unidades bioestratigráficas, constituindo no primeiro zoneamento detalhado dos depósitos da Formação Rio do Rasto. A resolução e a legitimidade das biozonas são discutidas em vista de: a. a classificação taxonômica adotada; b. as possíveis imprecisões gráficas introduzidas em cada etapa da metodologia aplicada; c. as dificuldades inerentes à complexa compartimentação da bacia por falhas geológicas e à ausência de horizontes-guias; e d. os critérios de subdivisão bioestratigráfica utilizados, mais flexíveis que os recomendados pelo *Guia de Nomenclatura Estratigráfica Brasileiro*. O possível significado paleoecológico dos elementos de cada biozona e seu potencial nas correlações no âmbito da bacia (porém aparentemente não entre diferentes bacias) são analisados em confronto aos outros dados paleontológicos e às interpretações litoestratigráficas. Em ordem ascendente, as unidades aqui definidas são: Zona *Cyzicus* sp., Zona *Monoleaia uncostata micropolygonata*, Zona *Paranaleaia supina* - *Asmussia* sp., Zona *Asmussia regularis* (incluindo a Subzona *Paleolimnadiopsis subalata*) e, informalmente, o "intervalo de conchostráceos superior".

INTRODUÇÃO Este trabalho discute a aplicação bioestratigráfica dos conchostráceos (Ordem Conchostraca, Classe Branchiopoda, Superclasse Crustacea) encontrados na Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois, Permiano Superior).

Essa formação compõe-se genericamente de *red beds* continentais depositados principalmente por processos de suspensão, retrabalhados ou não por ondas, apresentando crescente contribuição eólica da base ao topo da sequência; ao contrário das interpretações tradicionais referidas à formação, os depósitos indubitavelmente atribuíveis a canais fluviais são muito raros; nas partes basais ("Membro Serrinha"), na transição com a Formação Teresina, ainda predominam lamitos cinza (com os últimos palinórfos preservados) e ocorrem freqüentes tempestitos e litologias calcíferas (Rohn 1988). A Formação Rio do Rasto, do modo como foi inicialmente definida, aflora nos Estados do Paraná e Santa Catarina, onde atinge cerca de 400 m de espessura, mas é reconhecida por alguns autores também no Rio Grande do Sul; seus contatos inferior e superior assim como a relação lateral com a Formação Corumbataí no Estado de São Paulo são bastante problemáticos; não há camadas-guias nem padrões de empilhamento observáveis por ampla extensão regional (Rohn 1988 e 1989).

Os fósseis reconhecidos nos depósitos da Formação Rio do Rasto são conchostráceos, ostracodes, bivalves, gastrópodes, escamas e outros restos de peixes, anfíbios, répteis, estromatólitos nodulares e megáfósseis vegetais como glossopterídeas,

pecopterídeas e esfenófitas (destacando-se *Schizoneura gondwanensis*). Apesar da aparente riqueza em fósseis, o acervo em trabalhos paleontológicos ainda é pequeno e poucos foram os esforços de correlação estratigráfica entre os afloramentos fossilíferos (Mendes 1954a, Barberena *et al.* 1980). Com o intuito de minorar essa situação e interpretar a história deposicional da Formação Rio do Rasto, realizaram-se estudos ao longo de 11 estradas em sua faixa de afloramentos, localizadas entre o norte do Estado do Paraná e o norte de Santa Catarina (Rohn 1988). Entre outros resultados, essa iniciativa logrou no registro e em uma primeira tentativa de sistematização estratigráfica de 141 ocorrências fossilíferas, o que substanciou a proposta de três zoneamentos bioestratigráficos: por bivalves, por megáfósseis vegetais e por conchostráceos (Rohn 1988).

O zoneamento por conchostráceos baseia-se nas espécies descritas em Reed (1929), Mendes (1954b) e Rohn (1987), coletadas em 68 localidades do Estado do Paraná e uma no extremo norte de Santa Catarina. As espécies consideradas são:

Monoleaia uncostata micropolygonata Rohn, 1987

Monoleaia uncostata timboensis Rohn, 1987

Paranaleaia supina Rohn, 1987

Leaia pruvosti Reed, 1929

Asmussia regularis (Reed 1929) Rohn, 1987

Asmussia sp. em Rohn (1987)

Cyzicus (*Euestheria*) *langei* (Mendes 1954b) Rohn 1987

* Trabalho apresentado em sessão técnica do XI Congresso Brasileiro de Paleontologia, Curitiba, 1989

** Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Rio Claro, Caixa Postal 178, CEP 13500, Rio Claro, SP, Brasil

*** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo (USP), Caixa Postal 20899, CEP 01498, São Paulo, SP, Brasil

Cyzicus (Euestheria) sp. em Rohn (1987)
Cyzicus (Lioestheria) sp. em Rohn (1987)
Cyzicus sp. em Rohn (1987)
Gabonestheria sp. em Rohn (1987)
Palaeolimnadopsis subalata (Reed 1929) Raymond, 1946
cf. Palaeolimnadiopsis sp. em Rohn (1987)
Palaeolimnadia (Palaeolimnadia) sp. em Rohn (1987)

Neste trabalho, o zoneamento bioestratigráfico por conchostráceos, inédito em Rohn (1988), é revisto criticamente em termos da argumentação paleontológica e dos métodos estratigráficos empregados. As possíveis interpretações que depreendem do zoneamento também são abordadas.

CONSIDERAÇÕES TAXONÔMICAS A classificação dos conchostráceos fundamenta-se na morfologia das “partes moles” dos representantes atuais ou exclusivamente nas características das carapaças bivalves dos fósseis. No entanto, conforme destacou Rohn (1986), há controvérsias acentuadas entre os especialistas quanto aos critérios que definem ou discriminam as diversas categorias taxonômicas fósseis. Em Rohn (1987) adotou-se a classificação de Tasch (1969), dada a familiaridade reconhecida desse autor com a fauna gonduânica. Apesar dessa prudência, constatou-se, com grande surpresa, que, em recente trabalho de Tasch (1987), as identificações de novos exemplares da Formação Rio do Rasto e reclassificações de espécies antigas ilustradas em Reed (1929), Mendes (1954b) e Cardoso (1965) são quase completamente distintas daquelas classificações das prováveis mesmas espécies em Rohn (1987). As diferenças talvez se justifiquem pelos enfoques distintos dos dois trabalhos: em Rohn (1987) procedeu-se o estudo de um número relativamente grande de exemplares, alguns muito bem preservados, o que permitiu a caracterização bastante precisa de certas espécies, além de toda a sua gama de variação intraespecífica e tafonômica; o cuidado na distinção entre feições morfológicas reais e as derivadas do modo de fossilização e preservação já tem sido enfatizado desde o primeiro contato com o assunto (Rohn & Rösler 1985); em Tasch (1987), em contexto de uma ampla revisão de todos os dados gonduânicos relacionados a conchostráceos, analisou-se um número muito pequeno de exemplares da Formação Rio do Rasto; esse autor introduziu demasiado *splitting* de *taxa* em relação à quantidade e à qualidade das amostras observadas; muitas diferenças entre alguns dos seus exemplares ilustrados, atribuídos a distintas espécies, parecem ser de caráter apenas tafonômico.

Independentemente dos critérios de classificação adotados e das designações utilizadas, a maioria das espécies consideradas em Rohn (1987), em termos práticos, corresponde a entidades consistentes, satisfazendo à condição primordial para o estabelecimento de biozonas.

MÉTODOS ESTRATIGRÁFICOS A determinação da amplitude de ocorrência dos taxa é questão meramente geométrica, abrangendo (*cf.* Rohn 1988) as seguintes etapas: a. representação dos afloramentos analisados em perfis verticais; b. construção de seções colunares compostas (aqui reproduzidas em escala bem reduzida na Fig. 1) conforme a relação espacial entre os afloramentos e o mergulho regional das camadas indicados nos perfis; c. correlação entre as seções colunares compostas pelos dados litológicos, paleontológicos e pelo método de Shaw (1964); d. plotagem dos níveis de ocorrência dos fósseis de todos os perfis em uma única seção de referência, simultaneamente à etapa c, também aproveitando o método de Shaw (1964); e e. demarcação das amplitudes verticais de cada taxon por meio da seção de referência (Fig. 2).

Apesar dessa simplicidade, esses procedimentos podem envolver um somatório de fatores de erro, aqui exemplificados com as situações do presente estudo: a. determinação inexata da localização e da altitude dos afloramentos, ainda que tenham sido utilizadas fotografias aéreas (escala 1:25.000) e,

sempre que disponíveis, plantas dos projetos de implantação das estradas (1:4.000 e 1:2.000); b. mergulhos regionais dos depósitos dificilmente determináveis, pois esses são sub-horizontais e faltam, por completo, horizontes-guias; c. frequente ocorrência de falhas normais e inversas com rejeito vertical desconhecido, principalmente na região do Arco de Ponta Grossa; e d. presença de diastemas, prováveis discordâncias intraformacionais e complexidade espacial das litofácies que comprometem as correlações entre as colunas geológicas realizadas por simples estimativas da proporcionalidade entre as espessuras.

O problema do mergulho regional foi inicialmente abordado por “tentativa e erro” pela construção e comparação de diversas seções colunares compostas, variando o mergulho de 0,3° a 1,5°. Tal procedimento possibilitou identificar grosseiramente os melhores “fósseis-guias” (por exemplo, os bivalves *Leinzia similis* e *Nothoterraia acarinata*) e os intervalos aproximados de aparecimento/desaparecimento ou de maior concentração dos estromatólitos nodulares, das glossopterídeos, de *Schizoneura* e de certos conchostráceos (Rohn 1988). O refinamento de determinação dos valores dos mergulhos foi realizado em fases consecutivas, inicialmente para as áreas com poucas, ou nenhuma, falhas geológicas e com a maior abundância em fósseis “úteis” para a correlação entre afloramentos; por exemplo, na região das estradas BR-373 e BR-277 (convergentes em um ponto), o mergulho calculado das camadas deve ser próximo a 0,8° para WSW. Nas áreas com fósseis menos propícios procurou-se comparar, em diversos casos, as alternativas de sucessão vertical (dos fósseis e das litologias) com aquelas colunas anteriormente construídas das áreas com o provável mergulho já conhecido, tendo sido obtidos novos valores de mergulhos entre 0,5° e 0,9° aproximadamente para W. As áreas com muitas falhas geológicas foram analisadas em último lugar e, dadas as incertezas, cada bloco limitado por falhas foi considerado primeiramente em separado na construção das seções colunares. O mergulho regional e a posição relativa dos blocos foram inferidos de tal modo a não distorcerem as informações obtidas das seqüências mais contínuas. Por esse procedimento, os rejeitos verticais calculados das falhas na região da BR-376 (Serra do Cadeado) poderiam ser da ordem de 10 a 70 m. Na estrada Reserva-Cândido de Abreu, próximo à localidade de Três Bicas, há um importante sistema de falhas, cuja soma dos rejeitos parece ultrapassar uma centena de metros; por falta de controle da posição estratigráfica dos afloramentos a oeste desse sistema, preferiu-se não completar a porção superior da seção colunar da área (Fig. 1). Problema mais ou menos similar foi verificado para a porção inferior da seção da PR-90.

Embora esses procedimentos tenham envolvido, em muitos casos, um inevitável “raciocínio circular” (determinação dos mergulhos conforme a posição de certos fósseis e determinação da amplitude de ocorrência vertical dos fósseis conforme o valor dos mergulhos), as correlações estabelecidas por alguns parâmetros puderam ser corroboradas pela coerência estratigráfica de outros. Adicionalmente, as espessuras da formação estimadas em diversos pontos da faixa aflorante coincidem aproximadamente com as espessuras inferidas do mapa de isópacas em Northfleet *et al.* (1969). Acredita-se, portanto, que as correlações (Fig. 1) e as amplitudes de ocorrência dos fósseis (Fig. 2) aqui sugeridas não são casuais, podendo sustentar zoneamentos bioestratigráficos e interpretações da história evolutiva da borda leste da bacia no final do Permiano.

CRITÉRIOS BIOESTRATIGRÁFICOS Pelo exposto acima, a meta final dos procedimentos estratigráficos era a obtenção de um quadro da distribuição espacial relativa de todos os fósseis coletados da Formação Rio do Rasto (Rohn 1988), tendo sido aqui reproduzida a parte referente aos conchostráceos (Fig. 2).

Figura 1 – Seções colunares na faixa de afloramentos da Formação Rio do Rasto (PR)

Figure 1 – Columnar section at the outcrops area of the Rio do Rasto Formation (Paraná State)

Figura 2 – Amplitudes de ocorrências dos conchostráceos da Formação Rio do Rasto e o respectivo zoneamento bioestratigráfico. Projeções dos níveis de ocorrência: - espécies determinadas, ● cf. espécies

Figure 2 – Biostratigraphical zonation and vertical ranges of conchostracans from the Rio do Rasto Formation. Occurrence levels: – determined species ● cf species

A experiência bioestratigráfica tem demonstrado que as substituições verticais de taxa geralmente são abruptas e, na grande parte dos casos, provavelmente são respostas diretas ou indiretas de alterações ecológicas. Segundo Krassilov (1974), tais substituições muitas vezes ocorreriam simultaneamente nos distintos grupos de fósseis (vegetais e animais) em função de causas comuns (geralmente climáticas). De acordo com Waterhouse (1976), para que as biozonas tenham significado cronológico deveriam incluir representantes de várias comunidades de uma província (portanto, representantes de várias situações ecológicas); caso contrário, em virtude do possível deslocamento geográfico de uma comunidade no decorrer do tempo, as correlações entre os respectivos registros poderiam ser diácronas. No entanto, o reconhecimento e a caracterização de comunidades para efeito da ecoestratigrafia e aplicação na bioestratigrafia (Waterhouse 1976) nem sempre são possíveis; no caso dos depósitos continentais, como os da Formação Rio do Rasto, as relações paleoecológicas podem ter sido muito complexas e provavelmente deixaram apenas vestígios fortemente distorcidos ou mascarados por fatores tafonômicos/bioestratinômicos. Os fósseis mais bem representados dessa formação – os conchostráceos, os bivalves e os megafósseis vegetais –, em cada instante geológico, certamente pertenceram a pelo menos duas ou mais comunidades, cuja relação original pode ser apenas especulada. Ad-

mitindo que as determinações gráficas da distribuição das taxas estejam corretas, um zoneamento bioestratigráfico que abarcasse os três grupos de fósseis apenas restringiria a potencialidade de resolução de cada um; nem sempre há coincidência entre os níveis de aparecimento/desaparecimento das taxas dos três grupos e a escala vertical utilizada parece ser detalhada o suficiente para a percepção de prováveis modificações ecológicas bastante discretas, particulares a cada nicho (independentes das condições globais que poderiam ter influenciado simultaneamente todas as comunidades). Por todas essas razões, optou-se por eleger zoneamentos bio-estratigráficos puramente operacionais, separados para cada um dos grupos fósseis, não subordinados aos critérios paleoecológicos.

Diversas alternativas de zoneamentos poderiam ser propostas ainda que se considere exclusivamente o quadro de distribuição dos conchostráceos (Fig. 2). Em virtude das prováveis imprecisões resultantes dos procedimentos gráficos, descartaram-se todos os tipos de subdivisões fundamentados unicamente nas amplitudes verticais das taxa/zonas de associação (*sensu* Hedberg 1976 e Petri *et al.* 1986) poderiam ser definidas para representar os estratos com as espécies *Paraleaia supina* e *Asmusia* sp. ou com *P. supina*, *A. regularis*, *Monoleaia unicostata* (associados ainda, às vezes, com *Paraleolimnadiopsis subulata*); entretanto, os casos de assembléias monoespecíficas são mais freqüentes que os de simpatria, de modo que tais subdivisões demarcariam um espaço estratigráfico muito restrito e não teriam grande utilidade operacional. A grande abundância de *Monoleaia unicostata micropolygona* na porção inferior da Formação Rio do Rasto justificaria a definição de uma zona de apogeu; essa espécie volta a ocorrer, porém, em quantidades significativas na porção média da formação, em níveis intercalados aos com boa representatividade de outras espécies de conchostráceos; desse fato emergem questionamentos sobre o que se entende por “desenvolvimento máximo” da espécie e a extensão estratigráfica desse clímax. A última alternativa recomendada pelo Guia Estratigráfico Internacional (Hedberg 1976) ou pelo Guia de Nomenclatura Estratigráfica Brasileiro (Petri *et al.* 1986) corresponde às zonas de intervalo, cujas definições podem ser bem mais abertas, embora geralmente condicionadas pelos limites das biozonas adjacentes ou pelos níveis de aparecimento/desaparecimento dos taxa. Com o objetivo de aplicar mais adequadamente o próprio conceito da bioestratigrafia, ou seja, classificar os estratos de acordo com seu conteúdo paleontológico (Hedberg 1976), parece preferível buscar outras soluções em vez de procurar acomodar os dados aos modelos acima.

A exemplo do zoneamento de conchostráceos do Triássico do centro-leste da Europa de Kozur & Seidel (1983), é aqui sugerida uma subdivisão bioestratigráfica (inédita em Rohn 1988) que leva em conta as variações da diversidade e da representatividade dos conchostráceos. Algumas biozonas comportam cinco ou mais espécies e outras, uma única. As espécies que caracterizam uma biozona foram encontradas associadas ou não e seus níveis de aparecimento/desaparecimento não coincidem obrigatoriamente com os limites verticais do intervalo considerado. Apesar da importância secundária atribuída aos limites, a necessidade do seu estabelecimento levou a sua demarcação de preferência conforme os níveis de aparecimento/desaparecimento daquelas espécies mais representativas; modificações desses limites por refinamento dos processos gráficos ou por descoberta de novas ocorrências provavelmente não comprometerão a estrutura básica do esquema proposto. Confirmando a tendência verificada por Kozur & Seidel (1983), as espécies com maior amplitude vertical, tais como *Monoleaia unicostata*, aparecem em maior abundância nos intervalos com as menores diversidades (quando outras espécies estão ausentes ou são raras). Os nomes emprestados às biozonas correspondem às espécies mais características, mesmo que essas não ocorram ao longo de toda a unidade ou, ao contrário, não se restrinjam apenas ao intervalo considerado.

ZONEAMENTO BIOESTRATIGRÁFICO Os conchostráceos da Formação Rio do Rasto podem ser distribuídos em quatro zonas e em mais um intervalo informal (Fig. 2). Três zonas abrangem praticamente todas as espécies e estão fundamentadas na maioria das ocorrências de conchostráceos da unidade. É também sugerida a definição de uma subzona.

Zona *Cyzicus* sp.

Definição: amplitude aproximada de ocorrência de *Cyzicus* sp.

Limite inferior: aparecimento de *Cyzicus* sp.

Limite superior: aparecimento de *Monoleaia unicastata micropolygonata*.

Espécies componentes: *Cyzicus* sp. e *Asmussia* sp.

Equivalência litoestratigráfica: porção inferior da Formação Rio do Rasto, aproximadamente da "base" ao nível correspondente a cerca de 15% da coluna total.

Equivalência cronoestratigráfica: provavelmente Kazaniano Superior.

Distribuição geográfica: no mínimo, na área de afloramentos da Formação Rio do Rasto, do centro-sul ao nordeste do Estado do Paraná.

Observações: Os conchostráceos são bastante raros e geralmente mal preservados, tendo sido constatados apenas em afloramentos da BR-373, estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul e BR-153 (próximo a Jacarezinho).

Zona *Monoleaia unicastata micropolygonata*

Definição: intervalo de maior expressividade de *M. unicastata micropolygonata*, constituindo sempre assembléias monoespecíficas de conchostráceos.

Limite inferior: aparecimento de *M. unicastata micropolygonata*.

Limite superior: aparecimento do *Paranaleaia supina*.

Espécies componentes: preponderantemente *M. unicastata micropolygonata*; esparsamente *Asmussia* sp.

Equivalência litoestratigráfica: porção inferior da Formação Rio do Rasto, aproximadamente entre os níveis correspondentes a 15% e 30% da coluna litoestratigráfica a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: possivelmente topo do Kazaniano Superior e base do Tatariano Inferior.

Distribuição geográfica: no mínimo, na área de afloramentos no Estado do Paraná.

Observações: O limite inferior da amplitude da zona deve estar fortemente controlado por fatores ecológicos, pois a instalação de *M. unicastata* na região da bacia pode ser considerada abrupta – a espécie é muito abundante desde seus níveis mais baixos de ocorrência e aparece praticamente junto com os primeiros lamitos cor de vinho que não são calcíferos; foi igualmente encontrada, porém, em siltitos cinza-arroxeados calcíferos em outras biozonas mais altas.

Zona *Paranaleaia supina*-*Asmussia* sp.

Definição: intervalo com significativa abundância de *P. supina* e *Asmussia* sp., encontradas muitas vezes associadas.

Limite inferior: aparecimento de *P. supina*.

Limite superior: aparecimento de *Asmussia regularis* (praticamente coincidente com o desaparecimento de *Asmussia* sp.).

Espécies componentes: *Asmussia* sp., *P. supina*, *M. unicastata micropolygonata*, *M. unicastata timboensis* e provavelmente *Cyzicus* (*Euestheria*) *langei*.

Equivalência litoestratigráfica: porção inferior da Formação Rio do Rasto, aproximadamente entre os níveis correspondentes a 30% e 40% da coluna estratigráfica a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: possivelmente porção basal do Tatariano Inferior.

Distribuição geográfica: no mínimo, toda a área de afloramentos da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná.

Observações: Com exceção do afloramento próximo ao trevo

de Jacarezinho, *P. supina* e *Asmussia* sp. não foram encontrados nos mesmos níveis que *M. unicastata micropolygonata*. Uma situação mais comum, como no afloramento a 29,7 km de Reserva na estrada Reserva-Cândido de Abreu, é a ocorrência de níveis praticamente alternados com as duas primeiras espécies e a última. De qualquer modo, *M. unicastata micropolygonata* é bem menos abundante nessa zona que na anterior. Aparentemente, *P. supina* apareceu primeiramente na porção central (ou setentrional) do Estado do Paraná. Há dúvidas quanto ao nível exato de ocorrência de *C. (Euestheria) langei* descrita e ilustrada por Mendes (1954b); não foi possível recuperar a localização do respectivo jazigo.

Zona *Asmussia regularis*

Definição: amplitude de ocorrência de *A. regularis*.

Limite inferior: aparecimento de *A. regularis*.

Limite superior: desaparecimento das formas seguramente determináveis como *A. regularis* (praticamente coincidente com o desaparecimento de *M. unicastata micropolygonata*).

Espécies componentes: *A. regularis*, *P. supina*, *M. unicastata micropolygonata*, *M. unicastata timboensis* e, no intervalo médio, os componentes da Subzona *P. subalata*.

Equivalência litoestratigráfica: porção média da Formação Rio do Rasto, aproximadamente entre os níveis correspondentes a 40% e 80% da coluna litoestratigráfica a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: provavelmente Tatariano Inferior.

Distribuição geográfica: no mínimo, toda a área de afloramentos da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná (muito pouca representatividade no nordeste do Paraná) e no norte de Santa Catarina.

Observações: *A. regularis* e *P. supina* ocorrem algumas vezes associadas, tendo sido encontradas em maior abundância e quase exclusivamente na estrada Reserva Cândido de Abreu e na BR-376. *M. unicastata micropolygonata* aparece em concentração muito baixa, às vezes junto com as outras espécies. A Zona *A. regularis* foi subdividida em três partes. A primeira apresenta grande abundância de *A. regularis*. A segunda subdivisão corresponde à Subzona *P. subalata*, definida a seguir. A terceira engloba as últimas espécies determináveis de conchostráceos – *A. regularis* e *M. unicastata micropolygonata*. – porém muito raras. Há dúvidas quanto aos níveis estratigráficos exatos das ocorrências mais altas dessas espécies, por essas serem procedentes da região da Serra do Cadeado, muito compartimentada por falhas geológicas.

Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*

Definição: amplitude aproximada de ocorrência de *P. subalata*; acrescida ao intervalo que abrange as ocorrências puntuais de *C. (Euestheria)* sp., *C. (Lioestheria)* sp., cf. *Palaeolimnadiopsis* sp. e *Gabonestheria* sp.

Limite inferior: aparecimento de *P. subalata* e nível de ocorrência de *P. (Palaeolimnadia)* sp.

Limite superior: desaparecimento de *Gabonestheria* sp., coincidindo praticamente com o desaparecimento de quase todos os outros componentes (com exceção de *M. unicastata micropolygonata* e *A. regularis*).

Espécies componentes: *P. subalata*, *P. (Palaeolimnadia)* sp., *Gabonestheria* sp., *C. (Euestheria)* sp., *C. (Lioestheria)* sp., cf. *Palaeolimnadiopsis* sp., com dúvidas *Leaia pruvosti* e as espécies já mencionadas para a Zona *A. regularis*.

Equivalência litoestratigráfica: intervalo restrito aproximadamente à porção média da Formação Rio do Rasto, entre os níveis correspondentes a 50% e 65% da coluna litoestratigráfica a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: provavelmente Tatariano Inferior.

Distribuição geográfica: no mínimo, em toda a área de afloramentos da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná

e no norte de Santa Catarina, havendo, porém, determinadas espécies restritas a certas áreas bem definidas. *A. regularis* ocorre em toda a região estudada. *P. subalata* foi coletada primeiramente próximo a Poço Preto (SC). Tal espécie, além de *P. (Palaeolimnadia)* sp., ocorre também na estrada Rondinha-Paulo Frontim (PR). *L. pruvosti* foi observada somente em uma única amostra coletada em Poço Preto (SC) e descrita por Reed (1929); cogita-se a possibilidade de engano quanto à procedência dessa amostra, talvez nem assinalável à Formação Rio do Rasto. *C. (Euestheria)* sp. e cf. *Palaeolimnadiopsis* sp. procedem da estrada Reserva-Cândido de Abreu e *C. (Lioestheria)* sp. da BR-376. *Gabonesheria* sp. foi encontrada na região de Santo Antônio da Platina, mas Tasch (1979) mencionou o gênero para uma localidade próxima a São Pascoal (SC). Segundo esse autor, o gênero ocorreria em nível estratigráfico mais baixo que o de Poço Preto, o que ainda precisa ser confirmado.

Observações: Considerou-se conveniente eleger essa subzona pela grande diversidade em espécies em um intervalo estratigráfico relativamente pequeno, havendo extraordinária coincidência entre os níveis de ocorrência das espécies mais raras, que não foram encontradas em outras porções da formação. Tal subdivisão provavelmente é a mais problemática de todo o esquema bioestratigráfico aqui proposto, principalmente pelas áreas de procedência bastante distantes entre si, devendo merecer os maiores cuidados nas revisões futuras.

Intervalo de Conchostráceos Superior Este intervalo ainda não é formalmente definido como zona porque nenhum de seus componentes foi identificado a contento. Aparentemente, tem-se ao menos cf. *Asmussia regularis*, encontrada bem próximo ao topo da Formação Rio do Rasto, na BR-376. Provavelmente, há uma outra espécie na PR-90, aproximadamente nesse nível. Nas regiões restantes faltam exposições adequadas de litologias pelíticas ou as tentativas de coleta ainda não foram suficientemente rigorosas. De qualquer modo, pode-se dizer que os conchostráceos se tornam bastante raros nos depósitos mais superiores da formação.

CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS Os conchostráceos atuais vivem em ambientes límnicos ou mais raramente salobros, em corpos de água efêmeros como *playas* e planícies de inundação (Kobayashi 1954, Tasch 1969, 1987, Webb 1979, Frank 1988) ou também em lagos perenes e nas margens de alguns rios caudalosos onde há densa vegetação subaquática capaz de proteger os conchostráceos dos peixes predadores (Olsen 1984). Normalmente, os conchostráceos necessitam de águas ligeiramente alcalinas, oxigenadas e quentes (Webb 1979), sendo mais comuns nas regiões quentes subáridas (Frank 1988). São suspensívoros (Webb 1979, Frank 1988) ou filtradores detritívoros (Olsen 1984), podendo escavar na lama ou nadar ativamente. Na literatura sobre o assunto, tem-se enfatizado que um corpo de água geralmente é ocupado por uma única população de conchostráceos (sem contemporaneidade de duas ou mais espécies, principalmente quando são pertencentes ao mesmo gênero).

Nem todas essas características dos conchostráceos atuais podem ser extrapoladas aos fósseis. Em primeiro lugar, é preciso lembrar que as ocorrências de conchostráceos, particularmente as mais antigas assinaladas ao Devoniano, incluem alguns exemplos atribuíveis a paleoambientes marinhos (cf. Kobayashi 1954, Olsen 1984); para esses casos, Tasch (1969) sugeriu algumas soluções (talvez "paliativas") de modo a descartar qualquer alternativa de ambiente, que não o continental, como possível habitat desses crustáceos. Outra importante diferença em relação aos conchostráceos atuais é que os paleozóicos e os mesozóicos provavelmente eram capazes de ocupar corpos de água bem maiores, mesmo na presença de predadores. Segundo Olsen (1984), conchostráceos fósseis junto a restos de peixes e em coprólitos são comuns; apenas a

partir do Terciário teria havido um estreitamento do habitat dos pulgas-d'água (Ordem Cladocera), as quais apareceram no Oligoceno e são menos suscetíveis à predação em virtude de seu tamanho menor.

Na Formação Rio do Rasto constatou-se conchostráceos associados à bivalves, ostracodes, megafósseis vegetais e restos de peixes paleoniscídeos e celacantídeos. A maior parte ocorre como moldes de valvas em posição fechada, perfeitamente sobrepostas ou levemente deslocadas entre si, em geral bem preservadas, dispostas de modo concordante ao acamamento. Tal situação difere da verificada por Kobayashi (1954), que quase nunca teria observado valvas no estado conjugado. No afloramento do km 269,8 da BR-376 foram encontrados prováveis moldes de ovos de conchostráceos posicionados na porção centro-dorsal das valvas (Rohn 1987). Tanto a disposição articulada das valvas quanto a manutenção dos ovos "aderidos" à carapaça da fêmea, sugerem sepultamento sob condições hidrodinâmicas não excessivamente energéticas (Rohn 1988). De fato, as litologias que incluem conchostráceos normalmente são lamitos maciços ou rítmicos, com extensão lateral significativa, provavelmente depositados por correntes de turbidez bastante "diluídas", capazes de terem promovido a acumulação rápida dos sedimentos, sem grande prejuízo aos restos orgânicos; evidências de retrabalhamento por ondas ou de ressecamento são raras nos depósitos portadores de conchostráceos. A maioria das ocorrências inclui indivíduos aparentemente adultos (discussão detalhada em Rohn & Rösler 1985) e, conforme já se mencionou, até quatro espécies foram observadas em um único nível. Todo esse conjunto de informações favorece a hipótese de que os representantes da Formação Rio do Rasto também se desenvolveram em corpos de água relativamente extensos e perenes – lagos rasos ou planícies de inundação muito planas, quase que permanentemente submersas. Cabe ressaltar que as respectivas fácies se interdigitam com outras, representando uma parte de um paleoambiente formado por extensas áreas de topografia muito suave e baixa, com vegetação esparsa, cobertura significativa por campos de dunas eólicas (sob condições de clima semi-árido), drenagem de muito baixo gradiente, mais efetiva apenas nos eventos de tempestades e lagos rasos alimentados principalmente durante as inundações (Rohn 1988, 1989).

Na Bacia do Paraná, os registros de conchostráceos anteriores aos da Formação Rio do Rasto são esporádicos. As unidades mais antigas que essa formação certamente tiveram importante contribuição marinha (direta ou indireta), com raras oportunidades de maior influência continental (Rohn 1989).

Na Zona *Cyzicus* sp. (porção basal da Formação Rio do Rasto), os conchostráceos ainda são incomuns e esparsos, nunca encontrados exatamente nos mesmos níveis dos bivalves *Leinzia similis*, *Cowperesia emerita* e outros possíveis remanescentes ou descendentes da malacofauna *Pinzonella neotropica* – o que parece evocar recorrências de fácies ainda não francamente continentais. O fim dessa fase deve corresponder aproximadamente ao desaparecimento desses bivalves, aos primeiros lamitos avermelhados e ao aparecimento, logo em grande abundância, da importante espécie de conchostráceo *M. unicostata*. O intervalo equivalente à zona de mesmo nome também é o mais rico em glossopterídeos e em variedade de litofácies, talvez evidenciando uma fase de grandes tempestades e enxurradas capazes de terem transportado restos vegetais por longas distâncias e acumulado lobos de suspensão e tempestitos, entre outras litofácies, em lagos rasos; o intervalo registra os primeiros bivalves indubitavelmente dulçaquícolas.

A Zona *P. supina-Asmussia* sp. poderia representar uma fase de maior homogeneidade e estabilidade das condições ambientais/deposicionais com o início da instalação de elementos faunísticos menos oportunistas. As alternâncias das assembléias *P. supina-Asmussia* sp. e *M. unicostata* em níveis separados por poucos decímetros poderiam indicar ligeiras

variações da salinidade do meio, o que também foi sugerido por Kozur & Seidel (1983) para explicar uma situação similar.

O aparecimento de *Asmusia regularis* parece suceder um pequeno intervalo litológico marcado por tempestitos e/ou níveis com intraclastos, provavelmente indicativos de significativas oscilações do nível de base (em termos relativos). Conforme as correlações entre as colunas, tal espécie foi logo seguida por várias outras, as quais caracterizam a Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*. Essa subzona, além de mais diversificada, parece incluir o maior número de espécies similares às de outras bacias, embora nesse mesmo caso as afinidades entre as formas não devam ser muito grandes. Em Rohn (1987, 1988) mereceram destaque as espécies *A. regularis*, *P. subalata*, *C. (Lioestheria)* sp. e *C. (Euestheria)* sp. pela ligeira semelhança a espécies triássicas do sul da África e do Permiano Superior da Tasmânia; *Gabonestheria* sp. lembra formas do Carbonífero Superior, Permiano Inferior e Triássico da África e do Permiano Superior da Tasmânia; *Leaia pruvosti* assemelha-se a uma espécie da Formação Madumabisa Médio do Permiano da África; *Paranaleia supina* poderia ter alguma afinidade com a *Falsica* do Triássico da Europa; *M. uncostata* parece similar a formas do Carbonífero do hemisfério norte e à *Manoleia monocarinata* do Tatariano da União Soviética. As semelhanças e as diferenças entre os conchostráceos comparados não são suficientes para estabelecer correlações interbaciais detalhadas [como as sugeridas ao nível de gênero por Tasch (1979, 1987)] nem para rotular, por outro lado, a fauna como endêmica. Uma das possíveis razões da aparente baixa potencialidade dos conchostráceos nas correlações pode ser a significativa variação vertical na composição das assembléias. As espécies com menores amplitudes verticais de ocorrência obviamente apresentam as menores probabilidades de ser descobertas em diversas áreas. Segundo Kobayashi (1954), os intervalos de diversificação dos conchostráceos geralmente correspondem às fases de isolamento das bacias. No caso da Subzona *P. subalata*, no entanto, a situação parece ter sido a oposta: o aumento da diversidade certamente não foi por especificação das formas mais antigas da própria Bacia do Paraná e, sim, por ingresso de elementos não filogeneticamente relacionados, cujas respectivas linhagens são parcialmente presumíveis por alguns outros registros sincrônicos ou diácronos de áreas geográficas distintas. É notável o fato de a mencionada subzona concentrar os conchostráceos com os maiores tamanhos da formação; esse caráter normalmente é atribuído a condições climáticas de altas temperaturas (Kobayashi 1954, Kozur & Seidel 1983). Pode-se cogitar que, durante o intervalo considerado, tenha havido um "ótimo" climático para a maior proliferação e desenvolvimento dos conchostráceos. O intervalo parece também coincidir com o da instalação da importante esfenófita *Schizoneura gondwanensis*, típica do Permiano bastante alto de toda a região gondwânica (Rohn & Rösler 1987). Do mesmo modo, ainda que os dados em Barberena *et. al.* (1980) não sejam suficientes para determinar exatamente a posição relativa dos tetrápodes na Serra do Cadeado (PR), o intervalo da Subzona *P. subalata* aparentemente inclui os níveis de aparecimento de *Endothiodon* e *Australerpeton*, correlacionáveis à Zona *Cistecephalus* do Tatariano Inferior da África do Sul. Portanto, a respectiva fase parece ter sido bastante promissora para as migrações faunísticas e florísticas, talvez facultadas por ampla distribuição dos habitats límnicos rasos e quentes. Por outro lado, os grandes intraclastos encontrados na região de Reserva, provavelmente

também acumulados nesse intervalo, poderiam indicar ligeira instabilidade tectônica nessa e em outras áreas, talvez suficientes para explicar a restrição geográfica do registro de algumas espécies de conchostráceos, mas não devem representar o desenvolvimento de barreiras geográficas importantes (pelo menos não na faixa de afloramentos).

Acima da Subzona *P. subalata*, o registro paleontológico já é bem mais pobre – os bivalves desaparecem, os megafósseis vegetais ocorrem concentrados em raros níveis e os conchostráceos também estão quase completamente ausentes. *M. uncostata* é uma das poucas espécies ainda observadas, atestando mais uma vez sua relativa tolerância aos ambientes supostamente desfavoráveis: essa espécie apareceu nas primeiras fases de deposição da Formação Rio do Rasto, quando o ambiente continental estava começando a se caracterizar, e resistiu discretamente a todas as alterações na história evolutiva da bacia, tendo desenvolvido populações abundantes apenas quando as outras espécies estavam ausentes. Os exemplares de um afloramento em posição bastante alta na sucessão da Serra do Cadeado, considerados como cf. *M. uncostata micropolygonata*, apresentam proeminentes espinhos sobre a costa. Kobayashi (1954) sugeriu que a presença de espinhos nas carapaças de algumas formas neopermianas poderia significar uma adaptação aos climas áridos. Se correta, essa interpretação coaduna com as outras evidências de clima gradativamente mais seco no final do Permiano (Rösler 1976, Rohn 1988). Vale ressaltar que nas porções superiores da Formação Rio do Rasto há intercalações sucessivamente mais significativas de arenitos de dunas eólicas que se assemelham bastante aos depósitos da Formação Pirambóia, a unidade seguinte da sequência estratigráfica.

CONCLUSÕES O zoneamento bioestratigráfico aqui proposto fundamenta-se na distribuição e nas variações da abundância de conchostráceos na faixa de afloramentos da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná. Tal zoneamento é sustentado pelas prováveis correlações entre as 11 seções colunares levantadas nessa área. As características de cada biozona que dizem respeito a determinadas interpretações ecológicas e ambientais são consistentes com outras evidências paleontológicas e litológicas. O zoneamento constitui uma das primeiras tentativas de esclarecimento da posição relativa dos fósseis na parte superior da sequência permiana da Bacia do Paraná. Ainda que as colunas geológicas construídas apresentem muitas lacunas e suas correlações, em certos níveis, sejam discutíveis, o número de afloramentos, de amostras e de taxa considerados neste trabalho supera largamente o volume de informações disponíveis em quaisquer trabalhos estratigráficos anteriores. Obviamente, à medida que forem sendo obtidos novos dados, o zoneamento deverá merecer os devidos aperfeiçoamentos e ser estendido quanto a sua abrangência geográfica.

AGRADECIMENTOS Os autores agradecem sinceramente ao pesquisador João Carlos Coimbra (Cenpes/Petrobrás), pelas valiosas publicações sobre conchostráceos providenciadas; ao Dr. Thomas R. Fairchild (IG-USP), pela revisão do "Abstract"; e à Srta. Darlene de Cássia Armbrust, pelo trabalho de datilografia. Expressam também respeitosos agradecimentos à FAPESP (Proc. N 83/2220-0), que parcialmente financiou a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBERENA, M.C.; CORREIA, N. dos R.; AUMOND, J.J. 1980. Contribuição à estratigrafia do Grupo Passa Dois na Serra do Cadeado (Nordeste do Paraná), Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 10(4): 268-275.
- CARDOSO, R.N. 1965. *Sobre a ocorrência no Brasil de Monoleiophinae e Afrograptidae, conchostráceos carenados*. Rio de Janeiro, DNPM/DGM. 35 p. (Boletim 221).
- FRANK, P.W. 1988. Conchostraca. *Paleoecogr., Paleoclimatol., Palaeoecol.*, 62:399-403.
- HEDBERG, H.D. 1976. *International stratigraphic guide*. s. 1., John Wiley & Sons. 200 p.
- KOBAYASHI, T. 1954. Fossil Estherians and allied fossils. *Journ. Fac. Sci., Univ. Tokyo* sec. 2, 9(1):192 p.
- KOZUR, H. & SEIDEL, G. 1983. Die Biostratigraphie des unteren und

- mittleren Buntsandsteins des Germanischen Beckens unter besonderer Berücksichtigung der Conchostraken. Teil II zur Revision der Conchostraken Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins. *Z. geol. Wiss.*, 11(4):429-464.
- KRASSILOV, V. 1974. Casual biostratigraphy. *Lethaia*, 7:173-179.
- MENDES, J.C. 1954a. Contribuição à estratigrafia da Série Passa Dois no Estado do Paraná. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr.*, 175:110 p. (Geologia 10).
- MENDES, J.C. 1954b. Conchostráceos permianos do Brasil. In: LANGE, F.W. ed. *Paleontologia do Paraná*. Curitiba, Volume Comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná, Museu Paranaense, p. 153-164, est. 12-14.
- NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MUHLMANN, H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Bol. Técn. Petrobrás*, 12(3):291-346.
- OLSEN, P.E. 1984. *Comparative paleolimnology of the Newark Supergroup: A study of ecosystem evolution*. Vol. I & II. Yale University (Ph. D. Thesis, Yale University) (inédito).
- PETRI, S.; COIMBRA, A.M.; AMARAL, G.; PONÇANO, W.L. 1986. Guia de nomenclatura estratigráfica. *Rev. Bras. Geoc.*, 16(4):376-415.
- REED, F.R.C. 1929. *Novos phyllopodos fósseis do Brasil*. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Miner. Brasil, 19 p., 1 est., 1 map. (Boletim 34).
- ROHN, R. 1986. Caracteres diagnósticos dos conchostráceos fósseis-exemplos da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná). *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 58(4):596.
- ROHN, R. 1987. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) no Estado do Paraná e no norte do Estado de Santa Catarina. *Bol. IG-USP, Sér. Cient.*, 18:27-66.
- ROHN, R. 1988. *Bioestratigrafia e paleoambientes da Formação Rio do Rasto na borda leste da Bacia do Paraná (Permiano Superior do Estado do Paraná)*. São Paulo, 331 p. (Diss. Mestrado IG-USP) (inédito).
- ROHN, R. 1989. O Grupo Passa Dois. In: RÖSLER, O. coord. *Paleontologia da Bacia do Paraná e Roteiro da Excursão nº 1*. In: CONGR. BRAS. PALEONT. 11, Curitiba, 1989. *Anais... Curitiba, SBP*. v. 5, p. 34-42.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. 1985. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto no sul do Estado do Paraná. In: CONGR. BRAS. PALEONT., 8, Rio de Janeiro, 1983. MME-DNPM, Sér. Geol. 27 (Paleont. Estrat. 2), p. 481-490.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. 1987. Relações entre a flora permiana do Gondwana e as floras das províncias setentrionais. In: CONGR. BRAS. PALEONT., 10, Rio de Janeiro, 1987. *Anais... Rio de Janeiro*. v. 2, p. 885-899.
- RÖSLER, O. 1976. Novas idéias sobre a evolução paleoflorística e paleoclimática no Egondwana brasileiro. In: CONGR. GEOL., CHILENO, 1, Santiago, 1976. *Actas... Santiago* v. 3, p. 183-194.
- SHAW, A.B. 1964. *Time in stratigraphy*. New York, McGraw-Hill, 365 p.
- TASCH, P. 1969. Branchiopoda. In: MOORE, R.C. ed. *Treatise on invertebrate paleontology*. Kansas, Geol. Soc. Amer., Univ. Kansas, part R, Arthropoda, Crustacea (except Ostracoda), 1, p. R128-R192.
- TASCH, P. 1979. Conchostracan genus *Gabonestheria* and the South American-African ligature. *Antarct. J. United States*, 14(5):13.
- TASCH, P. 1987. Fossil Conchostraca of the Southern Hemisphere and continental drifts. Paleontology, biostratigraphy and dispersal. *Geol. Soc. Amer., Memoir*, 165: 290 p.
- WATERHOUSE, J.B. 1976. The significance of ecostratigraphy and need for biostratigraphic hierarchy in stratigraphic nomenclature. *Lethaia*, 9:317-325.
- WEEB, J.A. 1979. A reappraisal of the palaeoecology of conchostracans (Crustacea Branchiopoda). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 158(2):259-275.

MANUSCRITO A612

Recebido em 20 de outubro de 1989

Revisão do autor em 10 de dezembro de 1989

Revisão aceita em 10 de dezembro de 1989