UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

BIOESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NA BORDA LESTE DA BACIA DO PARANÁ
(PERMIANO SUPERIOR, ESTADO DO PARANÁ)

Rosemarie Rohn

Orientador: Prof. Dr. Oscar Rösler

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Paleontologia e Estratigrafia

VOLUME I

Texto

São Paulo
1988

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005499

BIOESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NA BORDA LESTE DA BACIA DO PARANÁ
(PERMIANO SUPERIOR, ESTADO DO PARANÁ)

Rosemarie Rohn

Orientador: Prof. Dr. Oscar Rösler

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO EXAMINADORA

	nome	ass.
Presidente:	Dr. O. Rösler	
Examinadores:	Dr. R. A. Medeiros	
	Dr. J. C. Mendes	

São Paulo

1988

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

BIOESTRATIGRAFIA E PALEOAMBIENTES DA FORMAÇÃO
RIO DO RASTO NA BORDA LESTE DA BACIA DO PARANÁ
(PERMIANO SUPERIOR, ESTADO DO PARANÁ)

Rosemarie Rohn

Orientador: Prof. Dr. Oscar Rösler

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Paleontologia e Estratigrafia

VOLUME I

Texto

São Paulo
1988

ÍNDICE

VOLUME I

ABSTRACT.....	iv
RESUMO.....	vii
AGRADECIMENTOS.....	x
EXPOSIÇÃO DO TEMA.....	1
1. Introdução.....	1
2. Trabalhos anteriores.....	1
2.1. Estratigrafia.....	1
2.2. Ambientes e história deposicional da Formação Rio do Rasto.....	6
3. Definição das metas.....	13
METODOLOGIA.....	14
1. Classificação estratigráfica adotada.....	14
2. Trabalhos de campo.....	17
3. Análises litológicas.....	26
4. Trabalhos paleontológicos.....	28
5. Procedimentos gráficos.....	29
6. Definição das biozonas.....	33
BIVALVES.....	36
1. Histórico.....	36
2. Lista das espécies.....	39
3. Bioestratigrafia.....	40
4. Possíveis correlações.....	43
5. Paleoautoecologia.....	45
6. Tafonomia.....	52
CONCHOSTRACEOS.....	57
1. Histórico.....	57
2. Lista das espécies.....	58
3. Bioestratigrafia.....	59
4. Possíveis correlações.....	63
5. Paleoecologia.....	66
6. Tafonomia.....	70
MEGAFÓSSEIS VEGETAIS.....	73
1. Histórico.....	73
2. Lista das espécies.....	75
3. Bioestratigrafia.....	78
4. Possíveis correlações.....	81
5. Paleoecologia.....	87
6. Características tafonômicas.....	92
PALINOMORFOS.....	96
1. Histórico.....	96
2. Lista das espécies.....	96
3. Possíveis correlações.....	98
4. Considerações paleoecológicas.....	98
ESTROMATÓLITOS.....	100
1. Histórico.....	100

2. Formas observadas.....	100
3. Distribuição geográfica e estratigráfica.....	101
4. Paleoecologia.....	102
5. Tafonomia.....	103
GASTRÓPODES.....	105
1. Histórico e formas observadas.....	105
2. Distribuição.....	105
3. Possíveis correlações.....	106
4. Paleoecologia.....	106
5. Tafonomia.....	106
ESCAMAS E OUTROS RESTOS DE PEIXES.....	107
1. Histórico.....	107
2. Formas observadas.....	107
3. Distribuição.....	108
4. Paleoecologia.....	108
5. Tafonomia.....	108
TETRAPODES.....	110
1. Histórico.....	110
2. Distribuição geográfica e estratigráfica.....	111
3. Tafonomia.....	111
ESTRUTURAS BIOGÊNICAS.....	113
CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES.....	120
1. Tipos de depósitos.....	120
2. Relações entre os depósitos.....	132
3. Coloração.....	133
BIOESTRATONOMIA.....	136
1. Restos orgânicos para-autóctones e alóctones.....	137
1.1. Depósitos influenciados por ondas.....	137
1.2. Ação de correntes de turbidez.....	143
2. Fósseis autóctones.....	146
PALEOAMBIENTES.....	149
BIOESTRATIGRAFIA E CORRELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS.....	169
IDADE.....	175
HISTÓRIA EVOLUTIVA.....	179
CONCLUSÕES.....	188
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	197
APÊNDICE 1 -Afloramentos Fossilíferos.....	217

VOLUME II

Tabelas e Figuras.....	226
------------------------	-----

ANEXOS (trabalhos no prelo)

ABSTRACT

Study of the Rio do Rasto Formation (Passa Dois Group) along 11 roads in southern to northeastern Paraná State and 1 road in northern Santa Catarina State, Brazil, has provided the basis for stratigraphical correlation of vertical profiles, establishment of biozones, interpretation of possible paleoenvironments and new inferences on the history of the Paraná Basin at the end of the Permian. The studied sequence comprises the Serrinha Member (the lowest 1/4 of the formation) and the Morro Pelado Member. However, the lithologies observed do not provide reasonable support for this subdivision. The thickness of the formation does not exceed 420 m in the studied area and decreases markedly from São Jerônimo da Serra towards Santo Antônio da Platina near the margin of the basin.

Fossils were analyzed for interbasinal correlations and for paleoecological, biostratinomic and biostratigraphic interpretations. The fossils found the most important correlations among outcrops and vertical profiles. They also helped to estimate regional dips of the strata (around 0.5°-0.9°) and, in some cases, the approximate offset of the vertical faults, very common in the region of the Ponta Grossa Arch.

The geographical distribution, diversity and abundance of the conchostracans supports the establishment of the following biozones (in ascending order): *Cyzicus* sp. Zone, *Monoleaia uncostata micropolygonata* Zone, *Paranaleaia supina*-*Asmussia* sp. Zone, *Asmussia regularis* Zone (including the *Palaeolimnadiopsis subalata* Subzone) and the "Upper Conchostracans Interval". These organisms are typical of freshwater ponds and shallow lakes in warm, semi-arid regions. The conchostracans seem not to be very important in interbasinal correlations.

Bivalves, most frequent in the lower part of the formation, are distributed in the *Leinzia similis* Zone (almost entirely at the base of the formation) and the ? *Palaeomutela platinensis* Zone (including the *Nothoterraia acarinata* Subzone). The bivalves of the second zone, which comprise some forms similar to other Upper Permian Gondwanic species, probably lived in calm fresh waters, whereas the bivalves of the *Leinzia similis* Zone seem to be endemic, associated with more agitated waters and possibly with higher salinity.

Two zones of fossil plants were defined: the *Pecopteris dollianitii* Zone (in the lower part, with 3 subdivisions) and the *Schizoneura gondwanensis* Zone (in the upper part, with 2 subdivisions). The elements are typical of the last phase of development of the *Glossopteris* Flora, as reported for the Upper Eccia Group, the Lower Beaufort Group and the Madumabisa Formation in southern Africa, and the Raniganj Formation in India. The fossil plants are relatively abundant, but not very representative of the regional vegetation. Neither zone shows great diversity. Elements with possible xeromorphic adaptations are common.

Palynological analysis of a single sample from the type-locality of the Serrinha Member, almost at the base of the Rio do Rasto Formation, suggests correlation with forms of the *Tapinocephalus* Zone from the basal part of the Lower Beaufort Group. In accordance with previous observations based on the study of tetrapods from the Serra do Cadeado, the sequence in the studied area may have been deposited in the Late Kazanian to the Lower Tatarian; in northeastern Paraná State (Santo Antônio da Platina), however, deposition may have ended earlier.

Other fossils observed in the formation, such as nodular stromatolites (mainly at the basal part of the unit), small gastropods, ostracodes, abundant fish scales (particularly in northeast Paraná) and trace fossils (mainly in the lower part of the formation), are consistent with the above-mentioned paleoenvironmental interpretations and do not include any strictly marine species.

The sedimentary deposits were classified in 17 types. Lithologic, biostratigraphic and paleoecological evidence suggests that the predominantly red sequence of the Rio do Rasto Formation accumulated in great shallow lakes characterized by water level and possibly salinity oscillations within an variable arid context. The lakes were surrounded by lowlands, which contained marginal vegetation, eolian dunes and probably ephemeral streams. Flood stages would have caused the deposition of suspension lobes and sigmoidal bars near the mouths of tributaries and turbidites farther offshore in the lakes. Occasionally, specially during the deposition of the lower part of the sequence, the lakes were influenced by heavy storm episodes; weaker wave action, such as

that produced by winds, also left marks in many strata, throughout the formation.

The sequence apparently began to accumulate under quite arid conditions, followed by more humid conditions, probably in two distinct intervals. The expressive development of glossopterids, pecopterids, bivalves and conchostracans (*M. uncostata micropolygonata*) would have occurred in the first interval, whereas *Schizoneura gondwanensis* and several conchostracans appeared in the second interval. In the latter interval may have occurred mild tectonic uplift of the area near Reserva-Cândido de Abreu, as suggested by the presence of two anomalous diamictites with large intraclasts. The upper third of the formation documents the return of rigorous arid conditions, that alternated with only a few, short, less severe intervals. Many floral and faunal species disappeared at this time, and eolian dunes invaded the lakes with greater frequency, finally filling them up and setting the stage for deposition of the Pirambóia Formation.

RESUMO

O estudo de fósseis e litologias da Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois) ao longo de 11 estradas do sul ao nordeste do Estado do Paraná e de 1 estrada no extremo-norte de Santa Catarina deu suporte a correlações entre as colunas de diversas áreas, à definição de biozonas, à interpretação dos possíveis paleoambientes e a novas considerações sobre a história evolutiva da Bacia do Paraná durante o final do Permiano. A parte da sequência estudada abrange as porções anteriormente designadas Membro Serrinha (cerca de 1/4 da coluna, a partir da base) e Membro Morro Pelado, cujas características litológicas, no entanto, não parecem sustentar adequadamente estas subdivisões. Do sul ao centro-norte do Estado do Paraná, na área aflorante, a espessura da Formação Rio do Rasto atinge 420 m, diminuindo acentuadamente da região de São Jerônimo da Serra para a de Santo Antônio da Platina, onde se encontram porções mais marginais da bacia.

As análises dos fósseis (formalmente descritos em outros trabalhos especialmente preparados para esta dissertação) buscaram dados paleoecológicos, de correlação interbacial, bioestratigráficos e bioestratigráficos; também fundamentaram a maior parte das correlações entre os afloramentos e entre as seções colunares compostas, tendo permitido estimar os mergulhos aproximados das camadas (entre 0,5" e 0,9") e, em alguns casos, os rejeitos de falhas de gravidade (muito frequentes na região do Arco de Ponta Grossa).

A distribuição, a diversidade e a abundância de conchostráceos dão sustentação a zoneamento bioestratigráfico relativamente detalhado, comportando, em ordem ascendente, as Zonas *Cyzicus* sp., *Monoleaia unicostata micropolygonata*, *Paranaleaia supina*-*Asmussia* sp., *Asmussia regularis* (que compreende a Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*) e o "Intervalo de Conchostráceos Superior". Os conchostráceos evidenciam principalmente ambientes continentais de águas rasas, relativamente quentes e são típicos das regiões semi-áridas. Estes fósseis não lograram importantes correlações interbaciais.

Os bivalves, relativamente comuns na parte inferior da formação, estão distribuídos nas Zonas *Leinzia similis* (inferior)

e ? *Palaeomutela platinensis* (superior, com a Subzona *Nothoterraia acarinata* em sua porção inferior). Aquelas formas da segunda zona, incluindo algumas similares a espécies do Permiano Superior de outras regiões gondvânicas, certamente representam ambientes continentais de águas calmas. Já os bivalves da zona inferior parecem ser endêmicos, de águas um pouco mais agitadas, possivelmente com salinidade mais elevada.

Os megafósseis vegetais possibilitaram o estabelecimento das Zonas *Pecopteris dolianitii* (inferior, com 3 subdivisões) e *Schizoneura gondwanensis* (superior, com 2 subdivisões). Os elementos são típicos da última fase de desenvolvimento da Flora *Glossopteris*, permitindo correlação principalmente com o Grupo Eccia Superior, Grupo Beaufort Inferior e a Formação Madumabisa do sul da África e a Formação Raniganj da Índia. Estes fósseis ocorrem em relativa abundância, mas são pouco representativos da vegetação global e apresentam diversidade não muito elevada. Há diversos elementos com possíveis adaptações xeromórficas.

A análise palinológica de uma amostra da localidade-tipo do Membro Serrinha, praticamente da base da Formação Rio do Rasto, sugere correlação principalmente com os palinomorfos dos depósitos da Zona *Tapinocephalus* da parte inferior do Grupo Beaufort Inferior. Endossando ainda as correlações anteriores indicadas pelo estudo de tetrápodes da Serra do Cadeado, a deposição da unidade na área estudada pode ter ocorrido no intervalo equivalente ao Kazaniano Superior-Tatariano Inferior, tendo possivelmente cessado um pouco mais cedo na região de Santo Antônio da Platina.

Além dos fósseis mencionados, ainda foram constatados estromatólitos nodulares (particularmente na base da formação), pequenos gastrópodes, ostracodes, escamas de peixes (em maior abundância no nordeste do estado), e ainda icnofósseis (principalmente na porção inferior da formação). Estes fósseis apoiam as interpretações ambientais já mencionadas ou, pelo menos, não parecem indicar ambientes estritamente marinhos.

Os depósitos sedimentares, quase todos avermelhados, exceto na porção basal da sequência, foram classificados em 17 tipos. O conjunto das evidências litológicas, bioestratônicas e paleoecológicas sugere que a Formação Rio do Rasto representa deposição em grandes lagos rasos, com oscilação freqüente do nível

de água, da área de recobrimento e possivelmente também da salinidade, sob condições climáticas variavelmente secas; supõe-se que os lagos eram limitados por terras preponderantemente baixas, com dunas eólicas em extensas áreas, vegetação melhor desenvolvida próximo às margens, e drenagem provavelmente efêmera, apenas efetiva nos eventos de chuvas torrenciais. Os lobos de suspensão e as sigmóides, acumulados nos lagos próximo às desembocaduras dos cursos de água, assim como os turbiditos das regiões de costa afora, devem atestar as maiores descargas durante as cheias. Em certas fases, principalmente durante a deposição da metade inferior da formação, a dinâmica dos lagos parece ter sido influenciada por intensas tempestades; oscilações mais fracas, como as provocadas pelo vento, deixaram marcas em diversos depósitos da base ao topo da sequência.

Os dados apontam para a incidência de uma fase inicial de condições climáticas bastante secas, provavelmente sucedida por dois importantes intervalos de melhora climática; o primeiro intervalo um pouco mais úmido é caracterizado pelo desenvolvimento expressivo de glossopterídeas, pectopterídeas, bivalves e conchostráceos (*M. unicastata micropolygonata*); o segundo é representado, principalmente, pela ingressão de *Schizoneura gondwanensis* e pela máxima diversidade em conchostráceos; durante este intervalo pode ter havido ligeiro levantamento/basculamento tectônico da área de Reserva-Cândido de Abreu, sugerido, em parte, pela ocorrência de grandes intraclastos em dois diamictitos. O terço superior da formação evidencia novo acentuado recrudescimento climático, aparentemente com poucas fases de maior umidade, tendo provocado o desaparecimento de diversas espécies da fauna e da flora. Há registro de invasões cada vez mais freqüentes dos lagos por dunas eólicas, até a sua colmatação definitiva, a qual representa o início da deposição da Formação Pirambóia.

AGRADECIMENTOS

Estes longos anos de realização da presente pesquisa certamente serão lembrados como alguns dos mais intensos na tomada de consciência do fascínio pela geologia, tendo contribuído, de modo intrínseco, na valorização de certas idéias e na transformação dos rumos de toda uma existência. Tal experiência não teria sido possível sem a participação de inúmeras pessoas que, de um modo ou de outro, influíram em diversos aspectos deste trabalho.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Alfredo e Suzana Rohn, não só pelo apoio, pela paciência e pelo afeto, como também pelas longas e quase diárias conversas sobre o próprio assunto da pesquisa, as quais foram, no mínimo, tão construtivas quanto as discussões com os mais renomados cientistas. Adicionalmente, devo à minha mãe a valiosa colaboração em diversas atividades de secretaria e ao meu pai, o exaustivo trabalho concernente às ampliações fotográficas, todas realizadas em nosso próprio laboratório.

Manifesto aqui a mais profunda gratidão ao Dr. Oscar Rösler, por sua dedicação, solicitude e amizade, que transcederam largamente suas atribuições de orientador. Ainda nos tempos do curso de graduação em geologia, o Prof. Oscar veio despertando meu interesse pela paleontologia e por tantos outros assuntos, tendo incentivado, com entusiasmo contagiante, o enlace à carreira científica. Não há como exprimir meu reconhecimento por sua confiança, desde a escolha do tema de pesquisa, até a oferta de oportunidades praticamente únicas de aprimoramento dos conhecimentos e de experiência de vida.

Provavelmente será difícil retribuir a inestimável colaboração nos trabalhos de campo prestada pelos amigos Silvia Czajkowski, Victor Czajkowski, Eleuze A. Mendonça e Howard-Peter K. Davies. A coleta de alguns dos mais belos fósseis, a paciência nas longas permanências junto a certos afloramentos, os cuidados no acondicionamento das amostras e o interesse pelo assunto da pesquisa são apenas alguns exemplos desta colaboração, que jamais será esquecida.

Não é fácil expressar quão fabuloso foi ter conhecido pessoalmente os geólogos Rodi A. Medeiros e Ernesto L. Lavina da Petrobrás. Ao Prof. Rodi devo a transformação radical dos

procedimentos de análise das litologias aqui adotados e importantíssimas sugestões sobre os paleoambientes da Formação Rio do Rasto. Agradeço particularmente sua gentil receptividade às inúmeras consultas realizadas sobre esse assunto. Ao amigo Lavina devo algumas das discussões mais entusiasmadas e salutares sobre diversos aspectos da Bacia do Paraná, que acabaram por resultar em verdadeiras aulas. Também estou grata pelos artigos que recomendou para leitura e pelos dados inéditos fornecidos. Ao Dr. Paulo Tibana e ao colega Wilson L. Lanzarini, também da Petrobrás, agradeço respectivamente as sugestões relativas à interpretação de rochas calcíferas e os trabalhos recomendados para leitura.

Ao Dr. Thomas R. Fairchild (IG-USP) agradeço a oportunidade oferecida para a realização de um trabalho sobre estromatólitos de Joaquim Távora e, especialmente, o atendimento sempre cordial às consultas sobre problemas da língua inglesa e sobre questões de geologia, o empréstimo de diversos livros, sem deixar de mencionar a profunda amizade.

Estou muito grata ao Dr. Setembrino Petri (IG-USP e IG-SP) e ao Dr. Josué Camargo Mendes (IG-USP), particularmente no que tange às recomendações dispensadas a respeito dos paleoambientes da Formação Rio do Rasto e da bioestratigrafia.

Agradeço sinceramente ao amigo geólogo Prof. Daniel Atencio (IG-USP) pela análise dos difratogramas de alguns lamitos da formação. Igualmente, merecem reconhecimento o geólogo Moisés Tessler e o Sr. Clodoaldo V. Tolentino (IO-USP) pela colaboração num teste realizado em mufla, o geólogo Paulo César Boggiani (IG-USP e IG-SP) pelo teste do fosfato em um fragmento de osso de tetrápode por ele mesmo coletado, e também o oceanógrafo Dr. J. Harari (IO-USP), pelas explanações a respeito de marés.

As microfotografias através de lupa foram realizadas em diversas instituições graças à solicitude de Jairo de S. Taddeo, M. Cristina de Moraes e E. de P. Rodrigues do DMGA-IPT, C.M. Henrique, A.M. Giulietti e E.J. de Paula do Inst. Biociências-USP, Dr. H. Schorscher e Dr. A.J. Melfi do IG-USP.

Entre os professores do IG-USP, ainda manifesto meus respeitosos agradecimentos à Dra. Mary E.C.B. de Oliveira-Babinski pela experiência científica transmitida durante a preparação de um dos trabalhos sobre glossopterídeas; ao Dr. Paulo R. dos Santos, por ter gentilmente mostrado os principais procedimentos gráficos

normalmente utilizados na construção de seções colunares; ao Dr. Murilo R. de Lima, ao Dr. A.C. Rocha-Campos e ao Dr. Kenitiro Suguio, pelo empréstimo de importantes livros; ao Dr. Armando M. Coimbra e ao Dr. Gilberto Amaral, pelas sugestões apresentadas.

Volto a manifestar minha gratidão às pessoas que colaboraram nos trabalhos já publicados, realizados exclusivamente em função da presente pesquisa. Entre estas pessoas, ainda não mencionadas acima, encontram-se: os geólogos Roberto F. Daemon (Nuclebrás-PR) e DR. Dharani Sundaram (UFMT) e os técnicos Ana Cândida Melo Cavani e José R. Medeiros (IPT-SP), que auxiliaram no trabalho palinológico; Dr. Cândido S. Ferreira (MN-RJ) e Déa Regina B. Campos (DNPM-RJ), que emprestaram ou doaram amostras de bivalves; o Dr. Paul Tasch (Wichita State University), o Dr. J. Webb (La Trobe University), Dr. Sérgio Mezzalira (IG-SP), a Dra. Yoco Katoo (UFMG), a Dra. Mariinha A.J. de Carvalho e o Dr. Carlos Eduardo F. da Rocha (Inst. Biociências-USP), que enviaram publicações referentes a conchostráceos ou deram explanações sobre o assunto; os geólogos Odimo Francisconi (CPRM) e Prof^{ma}. Magda Bergmann (IG-USP), que doaram/encaminharam uma amostra com estromatólitos da região de Joaquim Távora; o geólogo Prof. Claudio Riccomini (IG-USP), que doou um excelente exemplar de pectopterídea; a Dra. Diana Mussa, que forneceu cópias de vários trabalhos referentes à anatomia de caules fósseis.

Na fase de conclusão deste trabalho, foi crucial a orientação dos "experts" em computação, em particular do pessoal do CCE (USP), do Sr. Arnaldo Mandel (IME-USP), do geólogo Hilton Garcia Fernandes (UNICAMP), do geólogo Prof. Sílvio R.F. Vlach (IG-USP), do técnico em computação Ismael Santos Oliveira (IG-USP) e dos estimados primos Ricardo Koetz e Carlos Eduardo da Cunha Rohn.

Diversas etapas da pesquisa foram facilitadas através do empenho dos funcionários do IG-USP, os quais diversas vezes prestaram serviços muito além das suas obrigações profissionais. Agradeço especialmente ao técnico Aldo L. Bizzocchi, responsável pela Coleção Paleontológica do DPE-IG-USP, à Dna. Dulce E.N. Tonello e a todo o pessoal da biblioteca, às secretárias Maria Lúcia B. Cicconi e Regina Morgado do DPE e Maria Madalena B.M. Ventura da Seção de Pós-Graduação, ao Sr. Jayme Alves da Silva e a todos os funcionários da gráfica e do serviço de Xerox, à

Laurentina M. de Andrade e à Heidi C. Rodrigues da Seção de Publicações e Eventos, e ao dedicado Sr. Everaldo V. Silva.

Alguns mapas e fotografias aéreas foram consultados no IPT-SP, ITC-PR, DER (Curitiba) e DNER (Curitiba). Merece ser lembrado o atendimento cordial e o espírito de cooperação apresentado pelos funcionários destas instituições.

E finalmente, manifesto meus sinceros agradecimentos aos colegas da graduação e pós-graduação que promoveram discussões proveitosas em diversas oportunidades e ofereceram gentil colaboração. Destaco especialmente os amigos José Henrique G. Ciguel, Fernando C. Fittipaldi, Marcello G. Simões, Paulo César F. Giannini, J. Alexandre de J. Perinotto, Sandra de Almeida e Livia M. O. Casale.

Graças às bolsas de mestrado concedidas pela FAPESP (Proc. N°. 82/2096-5 - Março 83/Maio 86) e pela CAPES (Anos 86-88) tornou-se viável a dedicação exclusiva a este trabalho e a outras atividades científicas relacionadas à pós-graduação. Grande parte dos trabalhos de campo, dos mapas e do material fotográfico foi financiada pelo Auxílio à Pesquisa outorgado ao Dr. Oscar Rosler pela FAPESP (Proc. N°. 83/2220-0). Os trabalhos de laboratório foram realizados nas dependências no IG-USP. Aos responsáveis por estas instituições, apresento meus respeitosos agradecimentos.

EXPOSIÇÃO DO TEMA

1. INTRODUÇÃO

WHITE (1908) foi pioneiro na distinção de uma importante sequência de litologias predominantemente vermelhas da Bacia do Paraná, que julgou distribuídas do Estado de São Paulo à região de Santa Maria, no Rio Grande do Sul. Referiu-se ao pacote através da designação "Camadas Vermelhas do Rio do Rasto", derivada do rio homônimo próximo à seção na estrada Lauro-Müller-São Joaquim, no sul de Santa Catarina, onde estabeleceu as bases da classificação estratigráfica dos depósitos gondvânicos do Brasil.

Com o avanço dos conhecimentos estratigráficos da Bacia do Paraná, a unidade passou a ser chamada "Formação Rio do Rasto" e atribuída à parte superior do Grupo Passa Dois, porém, a sua abrangência foi diversas vezes modificada e a sua origem continua sendo questionada. Embora na unidade haja registro de interessantes fósseis como bivalves, conchostráceos e megafósseis vegetais, relativamente poucas informações de valor prático têm sido obtidas através de seu estudo. Aparentemente, só há certo consenso na interpretação de que a maior parte da Formação Rio do Rasto se depositou no Permiano Superior, em ambientes de sedimentação continentais. Estes problemas e a conhecida potencialidade paleontológica dos depósitos da formação estimularam a realização da presente pesquisa.

2. TRABALHOS ANTERIORES

2.1. Estratigrafia

A tabela 1 mostra o posicionamento da unidade aqui estudada nas mais relevantes subdivisões estratigráficas elaboradas para a Bacia do Paraná.

WHITE (1908) incluiu as "Camadas Vermelhas do Rio do Rasto" na Série São Bento e considerou os depósitos vermelhos triássicos de Santa Maria (RS), portadores de vertebrados e de troncos de vegetais, como parte da mesma sequência. Tal correlação foi aceita por vários anos e veio a ser reforçada pela suposição de que esta unidade e a subjacente - "Estrada Nova" - apresentariam bivalves fósseis (DU TOIT, 1927; REED, 1929a) e restos vegetais (DOLIANITI,

1945) de idade triássica. No entanto, DU TOIT (1927) já se referiu às dificuldades no reconhecimento do limite permo-triássico, uma vez que foi constatada a presença de fósseis permianos, tais como *Mesosaurus* no "Folhelho Irati" e *Lycopodiopsis derbyi* no "Folhelho Estrada Nova", sem ter sido localizada uma descontinuidade entre as unidades. OLIVEIRA (1932) também estranhou que REED (1929b) tenha atribuído idade carbonífera aos conchostráceos encontrados em níveis quase equivalentes aos dos bivalves (REED, 1929a), considerados triássicos. MENDES (1945) apontou diversos argumentos contra a classificação em vigor e, finalmente, GORDON JR. (1947) apresentou uma nova classificação estratigráfica, válida ainda nos dias atuais, a qual distingue a Formação Rio do Rasto da Formação Santa Maria.

GORDON JR. (1947) subdividiu a Formação Rio do Rasto nos Membros Serrinha e Morro Pelado. A primeira subdivisão corresponde às "Camadas Serrinha" em MORAES REGO (1930), cuja designação deriva da localidade da Serrinha dos Machados, situada a 13,9 km ao sul de Rio Azul e a 8,1 km ao norte de Mallet (PR) (figs. 1, 8-10), onde foram coletados bivalves estudados por HOLDHAUS (1918) e REED (1929a), além de glossopterídeas analisadas por R. Zeiller (*apud* OLIVEIRA, 1918).

Originalmente, os depósitos do Membro Serrinha foram descritos como "folhelhos arenosos horizontalmente laminados, cinza-avermelhados e cinza-esverdeados". GORDON JR. (1947) mencionou ser difícil identificar localmente o contato entre estes folhelhos e os do Membro Teresina da Formação Estrada Nova sotoposta; ainda assim, a maior quantidade de areia e de silte, e a ausência de nódulos silicosos serviriam para identificar as camadas basais da Formação Rio do Rasto. O Membro Morro Pelado foi definido formalmente na seção descrita por WHITE (1908), na estrada Lauro Müller-São Joaquim, em Santa Catarina, nas proximidades das encostas inferiores do Morro Pelado. Esta subdivisão seria caracterizada por litologias de coloração mais roxa, com predominância de siltitos e alguns arenitos. Em toda a formação seria evidente a lenticularidade das camadas, seu rápido acunhamento e biselamento lateral. GORDON JR. (1947) observou que o Membro Morro Pelado aparentemente estaria ausente no norte do Estado do Paraná. A Formação Rio do Rasto equivaleria à parte

superior da "Série" Passa Dois e seria sobreposta discordantemente pela "Série" São Bento.

MAACK (1947) apresentou outra classificação da Série Passa Dois, também parcialmente utilizada por BEURLEN (1953, 1954, 1955), porém não amplamente aceita. O "Grupo" Estrada Nova incluiria as Camadas Serra Alta (ou Formação Estrada Nova) e as "Camadas Teresina-Serrinha"; o "Grupo" Rio do Rasto seria representado pela Formação Esperança e a Formação Poço Preto (ou "Camadas Vermelhas").

MENDES (1954a, b) adotou a classificação de GORDON JR. (1947), porém as subdivisões da Formação Rio do Rasto e da Formação Estrada Nova apenas teriam a conotação de fácies.

Quase todos os trabalhos que se seguiram, referentes aos Estados do Paraná e de Santa Catarina, apresentaram a mesma classificação, mas alterando a hierarquia atribuída às unidades (formação, membro, fácies ou litossoma) e situando o "Serrinha" ora na Formação Estrada Nova, ora na Formação Rio do Rasto (Tabela 1).

Não só GORDON JR. (1947) encontrou dificuldades no reconhecimento do contato Serrinha-Teresina. MENDES (1962, 1967, 1969) verificou a recorrência vertical das duas respectivas unidades, o que foi posteriormente confirmado por diversos autores. PETRI & FULFARO (1983) definiram a Formação Estrada Nova como constituída pelas Fácies Teresina e Serrinha, interdigitadas entre si. A Formação Estrada Nova sobreporia a Formação Serra Alta, esta ocorrendo interdigitada com a Formação Irati.

Quanto ao contato superior da Formação Rio do Rasto nos Estados do Paraná e de Santa Catarina, voltaram a surgir algumas discussões. Desde o trabalho de GORDON JR. (1947) até o início da década de 70 considerava-se inquestionável a existência de uma importante discordância entre as Formações Rio do Rasto e Pirambóia e/ou Botucatu - a primeira de idade permiana e as outras de idade triássica ou mais jovem. Contudo TOMMASI & RONCARATI (1970) e ANDRADE & SOARES (1971) admitiram que a deposição da Formação Rio do Rasto se estendeu até o Triássico Inferior ou Médio. VIEIRA (1973) sugeriu que o contato Rio do Rasto-Pirambóia poderia ser concordante e gradacional no centro-sul da bacia. PETRI & FULFARO (1983) advogaram que, nas regiões onde ocorre a Formação Rio do Rasto, a Formação Pirambóia está ausente;

adicionalmente, mencionaram que nas bordas da bacia poderia haver contato transicional entre as unidades permianas e as triássicas; portanto, a deposição da Formação Rio do Rasto ter-se-ia estendido, possivelmente, até o início do Triássico, em parte, concomitante com a deposição da Formação Pirambóia. RICCOMINI et al. (1984) verificaram que na região da Serra do Cadeado, no Centro do Paraná, a passagem entre as Formações Rio do Rasto e Pirambóia é transicional. Ao contrário, em outros trabalhos relativamente recentes (ex.: ALMEIDA, 1980; GAMA JR. et al., 1982), o contato Rio do Rasto-Pirambóia ainda é indicado da maneira tradicional, ou seja, compreendendo uma discordância do final do Permiano Superior ao final do Triássico.

MORAES REGO (1930) havia extrapolado a extensão das "Camadas" Serrinha e Teresina até o Estado de São Paulo, porém, já anteriormente (*apud* RAGONHA, 1978), os níveis equivalentes às unidades começaram a ser designados como "Corumbataí". Ainda persistem controvérsias quanto a classificação estratigráfica do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo. Alguns autores (ex.: SCHNEIDER et al., 1974) consideraram a Formação Corumbataí interdigitada com a unidade Serrinha, aproximadamente na área de limite político entre os Estados de São Paulo e do Paraná. MEZZALIRA (1964) correlacionou a Formação Corumbataí do Estado de São Paulo com as Formações Teresina e Serra Alta dos outros estados e mais tarde MEZZALIRA (1980), considerou a parte superior do pacote como equivalente à Formação Estrada Nova, possivelmente ao intervalo Teresina, e relacionou os níveis mais inferiores à unidade Serra Alta, a qual incluiu na Formação Irati. GAMA JR. et al. (1982) também separaram a Formação Serra Alta da Corumbataí e julgaram esta última interdigitada com as Formações Teresina e Rio do Rasto (indivisa). PETRI & FULFARO (1983) comentaram que as fácies Teresina e Serrinha não seriam discrimináveis na área ao norte do Arco de Ponta Grossa, onde corresponderiam à Formação Corumbataí. SOUSA (1985) reconheceu tanto a Formação Estrada Nova (Membros Serra Alta e Teresina), como a Formação Corumbataí no Estado de São Paulo, cujo limite geográfico coincidiria aproximadamente com a calha do rio Tietê (Alinhamento Estrutural do Tietê). Os trabalhos aqui citados constituem apenas alguns exemplos das controvérsias ainda existentes a respeito do alcance setentrional da Formação Rio do Rasto.

Em relação às unidades aflorantes no Rio Grande do Sul, as polêmicas são semelhantes. FIGUEIREDO F^{co}. (1972) distinguiu as Fácies Caveiras e Armada para a Formação Estrada Nova neste estado, não tendo reconhecido a ocorrência da Formação Rio do Rasto. Ainda assim, considerou que, em alguns locais, a passagem da Formação Estrada Nova para a sobrejacente, de idade triássica, seria transicional; no caso da presença de contato erosivo, o hiato deveria ter sido curto. Diversos autores adotaram a classificação de FIGUEIREDO F^{co}. (1972), mas nem sempre admitiram a paraconformidade na sedimentação permo-triássica. TOMMASI (1973) designou as unidades a leste do meridiano de Porto Alegre, correlacionáveis com o Serrinha e o Morro Pelado, como Formação Rio Pardo. Esta, por sua vez, estaria interdigitada com a Formação Santa Maria do Triássico. SCHNEIDER et al. (1974) extrapolaram as subdivisões do Grupo Passa Dois da região central da bacia para o Rio Grande do Sul, tendo relacionado a Fácies Armada à Formação Rio do Rasto. BARBERENA et al. (1985) opinaram que a Fácies Armada deveria equivaler às camadas de topo da Formação Rio do Rasto, e esta passaria gradacionalmente para a Formação Sanga do Cabral, de idade triássica. Tal hipótese estaria fortemente apoiada pela ocorrência, no Rio Grande do Sul, de tetrápodes permianos típicos de níveis cronoestratigráficos mais altos do que os da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná.

Nas áreas aflorantes do nordeste de Santa Catarina e do sudeste do Paraná foram medidas espessuras da ordem de 120 m para o Serrinha e 250 m para o Morro Pelado (MENDES, 1954a; TOMMASI & RONCARATI, 1970). Para a seção-tipo da formação, no sul de Santa Catarina, MENDES (1969) citou a espessura de 40 m para a fácies Serrinha e estimou aproximadamente a mesma espessura para a fácies Morro Pelado; contudo, CAZZULO-KLEPZIG (1978) calculou a espessura da ordem de 90 m para a subdivisão superior. VIEIRA (1973) estimou a espessura de 150 m para a Formação Rio do Rasto no nordeste do Paraná (região de Santo Antônio da Platina). SANFORD & LANGE (1960) mediram seções da Formação Rio do Rasto com mais de 500 m, entre as regiões centrais do Paraná e de Santa Catarina. Os primeiros mapas de isópacas para a Bacia do Paraná, elaboradas por NORTHFLEET et al. (1969), indicam espessuras máximas da ordem de 700 m, entre o centro-oeste do Estado do Paraná e centro-norte do Rio Grande do Sul; nestes mapas, a formação ocupa, em sub-

superfície, uma área alongada na direção norte-sul, estendida até o noroeste do Estado de São Paulo, sul do Mato Grosso do Sul, o Paraguai, o nordeste da Argentina e sudoeste do Rio Grande do Sul. A Formação Rio do Rasto corresponde à parte superior da Formação Independência no Paraguai (PETRI & FULFARO, 1983; HERBST & LEGUIZAMON, 1984), e à sequência inferior da Formação Yaguari do Uruguai (AZEVEDO et al., 1985). O mapa de "trend surface analysis" para a Formação Rio do Rasto, elaborado por FULFARO (1971) distingue-se daquele de NORTHFLEET et al. (1969) principalmente pela indicação das maiores espessuras na região do Rio Grande do Sul (cerca de 650m); o mapa de desvios de "trend surface" mostraria uma série de regiões dispersas tectonicamente mais positivas, limitadas por estreitas faixas mais negativas. GAMA JR. (1979) ainda apresentou outras curvas de tendência que interessam à Formação Rio do Rasto, discutidas no item 2.2..

Além do posicionamento da Formação Rio do Rasto no contexto litoestratigráfico, os respectivos depósitos também foram incluídos numa classificação cronoestratigráfica, proposta por GAMA JR. et al. (1982), referente à seção sedimentar paleozóica da Bacia do Paraná. Estes autores definiram a Série Serra do Espigão para designar o intervalo de tempo representado entre o final da deposição Formação Irati e o final da deposição da Formação Rio do Rasto.

Em resumo, os trabalhos citados acima demonstram que a abrangência estratigráfica da Formação Rio do Rasto ainda não constitui ponto pacífico. Tal situação reflete não só os distintos critérios de análise e de interpretação adotados por cada autor, como a escassez de dados.

2.2. Ambientes e História Depositional da Formação Rio do Rasto

Grande parte das indefinições quanto ao ambiente deposicional da Formação Rio do Rasto são devidas ao pobre conhecimento do seu conteúdo paleontológico. As implicações de cada grupo de fósseis na análise ambiental são discutidas separadamente, nos respectivos capítulos. Aqui são expostas as polêmicas de caráter mais geral.

Desde o trabalho pioneiro de WHITE (1908) até quase o final da década de 40, as unidades Estrada Nova e Rio do Rasto eram interpretadas como marinhas, principalmente em função à

identificação errônea dos bivalves. LEANZA (1948) foi o primeiro a criticar a identificação dos fósseis e a apontar origem continental para estas unidades. MENDES (1949) ainda considerou os bivalves do Serrinha como marinhos, porém, em 1952, mostrou-se propenso à hipótese contrária.

MAACK (1952) sugeriu que, no âmbito da Formação Estrada Nova, houve passagem de condições salobras para as de água doce. BEURLIN (1953, 1954) foi adepto a interpretações similares, porém posteriormente (BEURLIN, 1957) advogou uma progressiva dulcificação já a partir dos "tempos" Irati. As bruscas modificações da fauna no intervalo Teresina-Serrinha representariam variações rápidas da salinidade devido à mistura de águas anteriormente estratificadas. De maneira inédita, este autor apresentou uma série de interpretações mais elaboradas a respeito da história deposicional da "Série" Passa Dois. No decorrer da acumulação da Formação Rio do Rasto, o ambiente deposicional teria passado de uma ampla bacia para lagoas menores; ao final, as condições climáticas teriam passado a semi-áridas. BEURLIN et al. (1955) aventaram um soerguimento do Escudo Sul-Riograndense nos tempos de deposição do "Grupo" Estrada Nova.

MENDES (1954a) mencionou que a sequência da "Série" Passa Dois se depositou em bacia extensa, calma, rasa, com país circundante plano; nenhuma associação faunística seria decisivamente marinha; quase todos os gêneros de bivalves identificados seriam indígenas.

PUTZER (1955) sugeriu ambiente subaquoso em grandes lagos e estuários para a Formação Rio do Rasto.

BISCHOFF (1957) abordou a relação marinho/continental de modo um pouco distinto: as camadas marinhas Teresina passariam gradativamente para unidades continentais, incluindo a Formação Corumbataí; neste intervalo teria ocorrido um levantamento a leste da bacia.

Segundo SANFORD & LANGE (1960), a "Formação" Serrinha representaria a transição de ambiente marinho para continental, o que teria sido provocado pelo levantamento da área atualmente ao sul dos Pampas e da área de Buenos Aires, através da desconexão da bacia com o mar aberto; as águas continentais teriam reduzido a salinidade do mar interior, porém condições climáticas gradativamente mais quentes deveriam ter limitado a sua extensão à

região entre os centros do Paraná e Santa Catarina e ao oeste do Uruguai; nas áreas sucessivamente expostas, teriam passado a predominar condições de planície de inundação.

SALAMUNI (1963) considerou que as estruturas sedimentares do "Membro" Teresina indicariam clima quente com evaporação efetiva, chuvas torrenciais periódicas e inundações em grandes áreas; mostrou-se propenso a interpretar o ambiente deposicional dos Membros Teresina e Serrinha como extensas várzeas.

LOCZY (1966) sugeriu que as "Camadas" Serrinha representariam alternância de fácies litoral/sub-litoral, depositadas num lago intercontinental afetado por movimentos epirogênicos. As "Camadas" Morro Pelado teriam sido acumuladas em numerosos lagos pequenos.

MENDES (1967), em sua revisão do Grupo Passa Dois, reconheceu que a "Fácies" Serrinha, em contraste à Teresina, depositou-se em ambiente lacustre com maior persistência das condições e maior competência dos agentes de transporte. A Formação Rio do Rasto (=Morro Pelado) representaria ambiente de planícies de inundação e lacustre.

BIGARELLA & SALAMUNI (1967) também afirmaram que durante a deposição do Grupo Passa Dois nunca houveram condições marinhas típicas. Interpretaram que, antes do início da deposição da Formação Rio do Rasto, as áreas de maior subsidência teriam sido a parte central do Paraná e o sudoeste do Rio Grande do Sul; em seguida, durante a deposição desta unidade, as áreas antes subsidentes ter-se-iam levantado; na faixa de afloramentos, no norte do Estado do Paraná, o sentido principal de transporte dos sedimentos provavelmente era do norte para o sul; na porção meridional do estado e em Santa Catarina, este sentido deve ter sido de noroeste para sudeste; o transporte, portanto, provavelmente era do interior da bacia para a sua periferia; isso explicaria a granulometria fina dos sedimentos da Formação Rio do Rasto.

NORTHFLEET et al. (1969) interpretaram o ambiente deposicional da Formação Estrada Nova como de planícies de maré e o da Formação Rio do Rasto como continental fluvial com planícies de inundação; durante a deposição teria ocorrido um levantamento na borda oeste e sul da bacia. Quanto ao ambiente deposicional, TOMMASI & RONCARATI (1970), ANDRADE & SOARES (1971), VIEIRA

(1973), SCHNEIDER et al. (1974), RAMOS & FORMOSO (1976), RODRIGUES & QUADROS (1976), ZAINÉ (1980) e diversos outros autores apresentaram aproximadamente as mesmas conclusões. Por outro lado, RUNNEGAR & NEWELL (1971), CAZZULO-KLEPZIG (1978) e alguns outros autores não modificaram substancialmente a opinião expressa por MENDES (1967).

DAEMON & QUADROS (1970), através de dados palinológicos, confirmaram hipóteses anteriores de que no intervalo deposicional dos Membros Serrinha e Morro Pelado prevaleceram condições de semi-aridez, porém teriam existido faixas de mangues mais úmidas. Diversos outros autores também concluíram que houve um agravamento das condições climáticas no final do Permiano (FULFARO, 1972; BIGARELLA, 1973; RÖSLER, 1976a, b; RAMOS & FORMOSO, 1976; RODRIGUES & QUADROS, 1976; SOUSA, 1985). Entretanto, CAZZULO-KLEPZIG (1978) considerou as condições climáticas como provavelmente temperadas e cíclicas.

BIGARELLA (1973), pela primeira vez, identificou depósitos de dunas eólicas na Formação Rio do Rasto, tendo interpretado o ambiente deposicional como fluvial e de playa; por ação de chuvas na área-fonte e ausência de vegetação exuberante, teriam sido desenvolvidas torrentes, espalhadas além dos canais anastomosados, com origem de depósitos maciços, "tão frequentes na formação". CASTRO & MEDEIROS (1980), também interpretaram alguns arenitos como representando dunas eólicas; outros corpos seriam depósitos de suspensão em meio lacustre; portanto, estes autores alteraram a tradicional premissa de que todos os corpos lenticulares da Formação Rio do Rasto deveriam corresponder a depósitos de canais fluviais.

SOARES & LANDIM (1973) expuseram a hipótese de que no intervalo de deposição dos Membros Serrinha e Morro Pelado ocorreu regressão e assoreamento da bacia por levantamento das suas margens; devido ao soerguimento não uniforme em toda a área, o hiato Passa Dois-São Bento corresponderia a intervalos regionalmente variáveis.

RODRIGUES & QUADROS (1976), com base em análises de minerais de argila e de boro, verificaram que as paleossalinidades dos ambientes deposicionais das Formações Irati, Serra Alta e Estrada Nova eram bem maiores na porção nordeste e leste da bacia, tendo sugerido, praticamente como NORTHFLEET et al. (1969), a

reativação das áreas-fonte a oeste e sudoeste (ambientes com menor salinidade devido ao aporte de águas continentais). As condições de maior evaporação no final da fase regressiva (de sudoeste para nordeste) ter-se-iam manifestado particularmente na região do Estado de São Paulo.

GAMA JR. (1979) apresentou interpretações bastante distintas daquelas dos outros autores. Considerou as unidades Serra Alta, Teresina, Serrinha e Morro Pelado como integradas num sistema deltaico ("Sistema Deltaico Serra do Espigão"), representando respectivamente a plataforma epinerítica, o prodelta, a frente deltaica e a planície deltaica. A unidade Corumbataí representaria ambiente de planície de maré; a temperatura e a pluviosidade deveriam ter sido altas; o suprimento de sedimentos em relação à subsidência teria sido elevado, com progradação de noroeste para sudeste. BARBERENA et al. (1980) encontraram nesta hipótese um possível modelo para explicar a distribuição dos tetrápodes na Serra do Cadeado. ALMEIDA (1980) também abordou o trabalho de GAMA JR. (1979) na análise tectônica da Bacia do Paraná. Segundo ALMEIDA (1980), a espessura relativamente grande das Formações Teresina e Rio do Rasto na depressão central da bacia sugeriria que a subsidência se acentuou bastante neste intervalo; contudo, através do sistema deltaico a oeste da bacia, o afluxo de sedimentos não só teria sido capaz de compensar a subsidência, como também teria imposto condições continentais; a região do Arco de Ponta Grossa deveria ter estado em acentuada subsidência e as outras estruturas marginais não teriam constituído relevos apreciáveis; ao contrário, o Arco de Rio Grande ter-se-ia mantido como área positiva, com fornecimento de clásticos grosseiros às Formações Teresina e Rio do Rasto. Ainda de acordo com ALMEIDA (1980), após a deposição da Formação Rio do Rasto, enquanto predominavam condições fluviais, a bacia teria experimentado um levantamento epirogênico, com início dos fenômenos erosivos, os quais se estenderam por toda a bacia.

ZAINE (1980) sugeriu que no Permiano Superior existia uma compartimentação da Bacia do Paraná através de uma barreira geográfica na área atualmente localizada grosseiramente na calha do rio Itararé.

FULFARO et al. (1982) julgaram que a compartimentação da Bacia do Paraná se acentuou a partir do Permo-Triássico. O

levantamento dos Andes Meridionais teria causado severas restrições à bacia, com fortes mudanças do nível de base regional, concomitante ao agravamento das condições climáticas, tendo condicionado, em parte, a sedimentação predominantemente eólica das Formações Pirambóia e Botucatu. FULFARO et al. (1982) verificaram que especialmente a área entre os alinhamentos do rio Alonzo e do rio Piquiri deve ter manifestado tendência positiva. O Arco de Ponta Grossa teria começado seu levantamento mais tarde, juntamente com o soerguimento crustal do Triássico-Jurássico.

GAMA JR. et al. (1982), para a definição da Série Serra do Espigão, adotaram a premissa básica de que a Formação Irati representaria o clímax da transgressão marinha permiana e que seu topo marcaria o início da sequência regressiva. Contudo, é necessário lembrar que PETRI & COIMBRA (1982) observaram estruturas indicativas de águas muito rasas em depósitos da Formação Irati, o que sugere que a regressão talvez tenha se iniciado antes do final da deposição desta unidade. Também mencionaram a ocorrência de anidrita em depósitos de subsuperfície (Estado de São Paulo).

PETRI & FULFARO (1983) sugeriram que diversas feições semelhantes às encontradas nos depósitos de planícies de maré poderiam estar relacionadas a flutuações prolongadas da pluviosidade regional e não a marés, uma vez que, segundo os autores, faltam evidências paleontológicas para confirmar a existência de mares francos. Interpretaram a Fácies Teresina como lagunar regressiva, com área fonte a sudoeste (ascensão do Arco de Ponta Grossa), sob influência de intensa evaporação, principalmente na região nordeste da bacia; a Fácies Serrinha representaria "avanços progradacionais de clásticos de planícies costeiras sobre depósitos da Fácies Teresina", depositada sob condições gradativamente mais subaéreas. PETRI & FULFARO (1983) interpretaram a Formação Rio do Rasto (=Morro Pelado) como gerada sob condições continentais fluviais, com rios anastomosantes (*sic*), porém sem grandes canais fluviais, tendo predominado as fácies de transbordamento (de baixa energia). O sistema fluvial, provavelmente, dirigia-se para o sul (Torres), onde supostamente teria havido certa conexão com o mar. Os autores aventaram que o Alinhamento do Tietê deveria ter estado inativo nos "tempos" Corumbataí, porém com reativação durante a acumulação da Formação

Rio do Rasto. O Escudo Sul-Riograndense teria proporcionado a deposição de cunhas clásticas.

MENDES (1984a) teceu uma série de comentários sobre as inconsistências atualmente verificadas quanto às interpretações dos paleoambientes do Grupo Passa Dois. Por exemplo, criticou o "Sistema Deltaico Serra do Espigão" idealizado por GAMA JR. (1979), por diversas razões: as estruturas sedimentares da Fácies Teresina seriam evocativas de ambientes mais rasos do que o prodeltaico sugerido; haveria discrepâncias entre os depocentros e as direções de transporte; haveria o problema de escala; e, finalmente, nem todas as unidades consideradas no modelo poderiam estar lateralmente relacionadas devido às suas distintas idades. MENDES (1984) considerou admissível interpretar a Fácies Teresina como originada em ambiente de planície de maré, porém com as seguintes ressalvas: esta fácies possivelmente estaria combinada com outras, como as de ambiente lagunar, porque "seria problemático preencher a bacia inteira com uma única fácies". O autor questionou o destino das fácies verdadeiramente marinhas e se estas teriam gradado para o ambiente fluvial do Morro Pelado sem uma fase lacustre intermediária; sugeriu que a sua aparente ausência talvez se deva à erosão posterior dos respectivos depósitos, ou parte poderia estar preservada na plataforma continental atlântica.

A presente abordagem sobre as principais hipóteses levantadas a respeito da origem da Formação Rio do Rasto demonstra que há diversas divergências quanto às interpretações ambientais. Portanto, ainda faltam importantes fundamentos para sustentar reconstituições mais fidedignas da bacia no intervalo considerado. Embora muito discutidas, as questões referentes à salinidade do meio talvez sejam contornáveis com maior facilidade. Certamente mais grave é a carência de informações precisas que digam respeito ao entendimento da dinâmica de sedimentação na bacia e à paleogeomorfologia, principalmente no contexto tectônico e climático.

3. DEFINIÇÃO DAS METAS

Seria presunçoso julgar que a presente pesquisa poderia ser suficientemente abrangente para aventurar propostas inovadoras na interpretação da paleogeografia, da paleoclimatologia e da história da Bacia do Paraná no intervalo equivalente à deposição da Formação Rio do Rasto. Ainda assim, seu objetivo principal é o fornecimento de novos dados, principalmente paleontológicos, para a sua aplicação neste sentido. Foram estabelecidas as seguintes metas:

- a)-Descrição e interpretação das litologias da Formação Rio do Rasto ao longo das principais estradas de rodagem na sua área de afloramentos, no Estado do Paraná, incluindo o extremo norte de Santa Catarina (fig. 1).
- b)-Coleta sistemática de fósseis e aproveitamento de amostras previamente coletadas, para a sua descrição, classificação e interpretação, com ênfase aos conchostráceos, bivalves e megafósseis vegetais; estudo de outros grupos de fósseis conforme a sua representatividade e o julgamento da sua importância em relação aos objetivos almejados.
- c)-Correlação entre seções colunares compostas e avaliação das tendências verificadas.
- d)-Zoneamento bioestratigráfico com base nos conchostráceos, bivalves e megafósseis vegetais.
- e)-Apreciação dos resultados obtidos.

METODOLOGIA

1. CLASSIFICAÇÃO LITOESTRATIGRÁFICA ADOTADA

Em vista das variadas subdivisões litoestratigráficas já apresentadas para o Permiano Superior da Bacia do Paraná (Tabela 1), são aqui apresentados alguns esclarecimentos sobre o intervalo abrangido no presente estudo, sem o intuito de redefinir as unidades.

Adotou-se a classificação litoestratigráfica de SCHNEIDER et al. (1974) ou GAMA JR. et al. (1982), que corresponde aproximadamente à classificação original de GORDON JR. (1947). Portanto, considera-se a porção usualmente designada "Serrinha" como parte da Formação Rio do Rasto (Tabela 1). Devido à interdigitação da Formação Rio do Rasto, na base, com a Formação Teresina e, aparentemente também no topo, com a Formação Pirambóia, foram tentativamente estabelecidos alguns critérios práticos para a delimitação vertical aproximada da unidade.

Na área de afloramentos do centro e do sul do Estado do Paraná, a passagem da Formação Teresina para a Rio do Rasto foi considerada reconhecível através de:

- a) Aparecimento de seqüências com estratos pouco espessos (0,3 a 1,0 m de espessura), freqüentemente sem grande continuidade lateral, compreendendo litologias diversificadas com evidências de deposição em águas rasas, porém não incluindo calcários oolíticos, nem fendas de ressecamento em grande profusão.
- b) Ocorrência característica de um pacote bem definido, supostamente de grande extensão lateral, com aproximadamente 10 m de espessura, formado por arenitos e siltitos cinza calcíferos, muito compactos, apresentando principalmente acamamento lenticular e/ou ondulado ("wavy") e grande abundância de icnofósseis.

Após a conclusão dos trabalhos de campo e a construção de seções colunares, constatou-se que a porção aqui abrangida do Serrinha provavelmente é menor do que a amplitude usualmente atribuída à unidade (cf. MENDES, 1967). Por outro lado, ao longo de diversas seções (ex.: região de União da Vitória, Prudentópolis, Serra do Cadeado e São Jerônimo da Serra), há passagem abrupta entre as Formações Teresina e Rio do Rasto devido

à presença de falhamentos de gravidade. A constatação de um único pacote espesso e muito compacto de rochas calcíferas cinza em praticamente todas as seções (Ítem b) aparentemente constitui num critério bastante útil nas correlações e no reconhecimento do limite entre as formações. Este pacote sobressai em relação às litologias adjacentes, comumente muito intemperizadas, tanto da "base" da Formação Rio do Rasto, como do topo da Formação Teresina. O pacote sempre foi reconhecido em proximidade estratigráfica aos níveis de ocorrência de *Leinzia similis* e de outros bivalves exclusivos da Formação Rio do Rasto. Na parte inferior da localidade-tipo do Membro Serrinha também estão presentes estas mesmas litologias.

No nordeste do Estado do Paraná, a distinção entre a Formação Teresina e a Rio do Rasto é bem mais difícil, tanto pelas próprias características litológicas, como pela pequena espessura das unidades na região; ainda há problemas devido à intensa compartimentação da área por falhamentos. Nesta área, foram de grande valia as descobertas de conchostráceos, atribuídos à Formação Rio do Rasto, e os níveis de calcários silicificados, às vezes, oolíticos, considerados como pertencentes à Formação Teresina.

Conforme exposto anteriormente, a maioria dos autores considera o contato entre a Formação Rio do Rasto e a Formação Pirambóia como discordante, ou mesmo angular (ALMEIDA, 1980; GAMA JR. et al., 1982). Entretanto, também já se aventou que haveria passagem gradacional de uma unidade para a outra (VIEIRA, 1973; RICCOMINI et al., 1984). Na realização do presente trabalho, de fato, confirmou-se a incidência de litologias similares às da Formação Pirambóia na porção superior de diversas seções da unidade em pauta (ex.: na região de União da Vitória, Prudentópolis, Serra do Cadeado e São Jerônimo da Serra). Por razões práticas, estabeleceu-se que o "contato" está posicionado acima da mais alta ocorrência de pelitos homogêneos avermelhados. O assunto volta a ser discutido nos capítulos subsequentes.

Segundo SANFORD & LANGE (1960), MENDES (1967), SCHNEIDER et al. (1974), PETRI & FÚLFARO (1983) e diversos outros autores, a "unidade" Morro Pelado seria distinguível da "unidade" Serrinha, principalmente pelos arenitos comumente lenticulares ou também tabulares, maciços, com estratificação "horizontal" ou cruzada

acanalada e pelos pelitos quase sempre avermelhados e com finas laminações plano-paralelas. Em contraposição, nos níveis mais inferiores predominariam pelitos cinzentos ou esverdeados, com mais freqüentes laminações onduladas e estrutura flaser. No desenvolvimento do presente trabalho, por um lado, constataram-se arenitos lenticulares em níveis estratigráficos muito baixos da formação e, por outro lado, estruturas onduladas em abundância praticamente no topo da formação (figs. 89 e 90). O critério da coloração das litologias para distinguir a unidade Serrinha da Morro Pelado parece igualmente pouco consistente devido à recorrência de pelitos cinza em vários níveis da formação, sem considerar as polêmicas existentes sobre a origem da coloração. Nas áreas abrangidas do presente estudo, tem-se a "unidade" Serrinha seguramente representada apenas onde se constatou a presença de bivalves como *Leinzia similis*, quase sempre preservados em arenitos muito finos ou siltitos amarelados. Conforme comentado acima, a porção acuradamente analisada, atribuível à unidade Serrinha, aparentemente é menor do que na acepção original (GORDON JR., 1947). Em cada seção, a cerca de 15 a 50 m acima dos níveis com os bivalves exclusivos da unidade Serrinha, aparecem as primeiras litologias avermelhadas, porém ainda com muito freqüentes estruturas indicativas da ação de ondas, e não obrigatoriamente lentes de arenitos em grande abundância. Em face destas observações, preferiu-se não considerar a Formação Rio do Rasto subdividida em membros. A variedade e a distribuição das litologias da Formação Rio do Rasto comportariam a definição de diversos litossomas ou de fácies com esta mesma conotação (cf. MENDES, 1984b), porém independentes das subdivisões anteriormente estabelecidas. Entretanto, apesar da preferência em não fazer uso destas subdivisões, sua menção ainda é necessária por elas representarem, muitas vezes, o único referencial para a recuperação das informações da literatura. Deste modo, o "Membro" Serrinha deve ser aqui entendido como a porção basal da Formação Rio do Rasto, abaixo da sequência predominantemente avermelhada; o "Membro" Morro Pelado, portanto, engloba toda a porção restante (cerca de 3/4 da formação), coincidindo, na base, aproximadamente com os primeiros níveis em que há grande abundância de megafósseis vegetais.

2. TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo foram realizados em 6 etapas previamente programadas e em mais duas etapas complementares, somando um total de 36 dias de atividades, sem contar o tempo gasto nas viagens. Além da colaboração do orientador, Dr. Oscar Rösler, tiveram a participação de Silvia Czajkowski, Victor Czajkowski, Eleuze Mendonça e Howard-Peter K. Davies.

Os trabalhos de campo consistiram no levantamento de seções (aproximadamente como prescrito em MENDES, 1984b) e na coleta de fósseis (conforme os métodos expostos em RÖSLER, 1986), ao longo das principais estradas na área de afloramentos da Formação Rio do Rasto, no Estado do Paraná e de Santa Catarina (fig. 1).

A localização dos afloramentos, aqui apresentada em mapas na escala de 1:100.000 ou menor (figs. 2, 5, 8, 11, 16, 19, 22, 25, 28, 33 e 36), foi determinada com base em:

- a) Folhas topográficas na escala 1:50.000 na região de Santo Antônio da Platina e Ribeirão do Pinhal (equidistância das curvas de nível de 20 m) e na escala de 1:100.000 nas demais regiões do centro e sul do Estado do Paraná e norte de Santa Catarina (equidistância das curvas de nível de 40 ou 50 m).
- b) Mapas de traçados de estradas na escala 1:100.000 e 1:25.000 e plantas de construção ou de pavimentação de estradas na escala de 1:4.000 ou 1:2.000 (equidistância das curvas de nível de 5 m) dos Projetos de Engenharia do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná e do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (anos de 1977 a 1982). Foi possível o acesso aos projetos relativos às seguintes estradas: BR 277, BR 373, PR 239 (trecho Reserva-Cândido de Abreu), BR 376 (Rodovia do Café), PR 90, PR 218 (a leste de Jundiá do Sul) e BR 153 (trecho Santo Antônio da Platina- Ibaiti; trecho da região de Jacarezinho).
- c) Fotografias aéreas da Aerodata consultadas no Instituto de Terras e de Cartografia do Estado do Paraná e no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, na escala de 1:25.000, das regiões da BR 476, estrada Rio Azul-Mallet-Dorizon-Paulo Frontin-Rondinha (conjunto de fotografias incompleto), BR 373, PR 239 (Reserva-Cândido de Abreu), BR 376 e estrada Santo Antônio da Platina- Ribeirão do Pinhal. Foram

também consultadas fotografias aéreas na escala 1:60.000 (1965) da região das estradas BR 277 e BR 373.

Os afloramentos foram denominados de acordo com a posição geográfica (marcos quilométricos das estradas ou distâncias aos pontos de referência, tais como cidades ou vilas) e, adicionalmente, no caso da presença de fósseis, foram numerados obedecendo a lista de registro das localidades fossilíferas (sigla AF/GP), organizada em apoio à Coleção Paleontológica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. No total, foram descobertas cerca de 140 localidades fossilíferas (vide Apêndice 1).

A lista abaixo informa os trechos de estradas investigados e sintetiza os dados de caráter geral. Em vista da correlação entre os afloramentos ser fortemente prejudicada nas áreas divididas em blocos por falhamentos de gravidade, deu-se ênfase especial a este aspecto; comumente há diques de diabásio instalados nestas zonas de fraqueza.

a) Estrada Poço Preto-Porto União (BR 280), SC (figs. 2-4): As observações foram realizadas ao longo de aproximadamente 20 km da estrada (não pavimentada) de direção média N85W, e no km 424 + 600 da Ferrovia Poço Preto-Porto União, próximo à estação de Poço Preto. Há poucas exposições neste trecho, porém um afloramento é muito significativo pela diversidade de conchostráceos, estudados por REED (1929b), MENDES (1954b) e ROHN (1987). A cerca de 6 km a oeste do rio Timbó, foi observado um dique de diabásio, porém não foi possível determinar se está relacionado a falhamento de gravidade. Embora não tenha sido interceptado o topo, nem a base da formação no trecho percorrido da estrada, concluiu-se que as características dos afloramentos, assim como a sua localização, evocam a porção média a superior da unidade (não a "Facies" Serrinha, como havia sido sugerido por MENDES, 1969).

b) BR 476, PR (figs. 5-7): As observações foram realizadas do km 180 a 230 da estrada (pavimentada), aproximadamente entre o Arroio Lajeado e a ponte sobre o rio Iguaçu, no acesso a União da Vitória; as exposições significativas ocorrem a sudoeste do rio da Vargem Grande, correspondentes à porção média a superior da formação. A direção média do perfil é N60E, quase perpendicular à faixa de afloramentos da região. Neste trecho foram descobertas diversas localidades com grande abundância de megafósseis

vegetais. Percorreu-se também a estrada (não pavimentada) entre Paula Freitas e o rio do Soldado. Uma importante falha ou sistema de falhas provavelmente normais de direção noroeste ocorre na altura do rio Jararaca, perceptível pelas feições geomorfológicas e pela passagem súbita da Formação Teresina para a Rio do Rasto a sudoeste do rio, onde deve ter ocorrido um abaixamento do bloco. Próximo ao km 214 da estrada há um dique de diabásio, porém não parece estar relacionado a falhamento com grande rejeito. Na exposição em frente à ponte sobre o rio Iguaçu, em União da Vitória (km 229,7, figs. 110-111) é possível observar o contato entre a Formação Rio do Rasto e a Formação Pirambóia. Na área desta estrada, considerando também a seção da estrada Rio Azul-Mallet-Dorizon-Paulo Frontin, a formação apresenta espessura aproximada de 420 m.

c) estrada Paulo Frontin-Rondinha, PR (figs. 5-7): A estrada (não pavimentada) tem traçado grosseiramente paralelo à BR 476, partindo desta na altura do km 208. Os afloramentos foram designados de acordo com a distância à entrada da cidade de Paulo Frontin. A investigação neste trecho foi particularmente importante pela ocorrência de afloramentos fossilíferos significativos (principalmente com megafósseis vegetais e também conchostráceos), correspondentes aos níveis encobertos na BR 476. Deste modo, considerou-se os afloramentos da estrada Paulo Frontin-Rondinha como parte do mesmo perfil da BR 476 (direção aproximada N60E). A seção colunar da área foi construída utilizando os dados das duas estradas.

d) estrada Rio Azul-Mallet-Dorizon-Paulo Frontin, PR (fig. 8-10): As investigações foram realizadas ao longo de aproximadamente 26 km da estrada. Os afloramentos foram designados conforme a distância às cidades ou vilarejos mais próximos ao norte. Embora a direção média da estrada - N-S - seja quase paralela à direção das camadas, normalmente inadequada à investigação estratigráfica, há trechos com razoável desnível topográfico, que compensaram parcialmente este problema. Adicionalmente, a pesquisa na área foi bastante promissora porque ocorrem diversos afloramentos pouco intemperizados (principalmente expostos após o início das obras de pavimentação da estrada em 1986) e há quantidade relativamente grande de localidades fossilíferas, descobertas, em grande parte, por RÖSLER (1978a). O

afloramento analisado com maior diversidade em megafósseis vegetais é o AF/GP 79, ao sul de Dorizon. Entre Rio Azul e Mallet está situada a localidade-tipo do Membro Serrinha (AF/GP 274), atualmente bem exposta devido à implantação de uma pedreira, porém com a porção mais inferior encoberta; para complementar a seção colunar do local, representada na fig. 10, utilizou-se a ilustração e descrição de SALAMUNI (1963). A posição estratigráfica exata da seção Serrinha dos Machaddos não pôde ser determinada devido à relativa distância às outras exposições mais diagnósticas e porque possivelmente está num bloco deslocado por falhamentos; MENDES (1954a) constatou um dique de diabásio a cerca de 1,5 km ao sul da localidade. De qualquer modo, o afloramento parece constituir a ocorrência estratigraficamente mais baixa da região. Em todo o trecho, até a cidade de Paulo Frontin, os afloramentos representam a parte inferior da Formação Rio do Rasto. Somente nas proximidades de Rio Azul há exposições de níveis mais baixos, porém já equivalentes à Formação Teresina.

e) BR 277 (trecho Irati-Relógio), centro-sul do Estado do Paraná (figs. 11-13): As pesquisas foram realizadas do km 282 ao km 305 (principalmente a partir do km 290), entre o rio dos Patos e a convergência com a BR 373, próximo a Relógio. O trajeto tem direção aproximada N84W. O trecho do km 305 em diante muda bruscamente de direção, tendo sido considerado juntamente com o perfil da BR 373. Embora a estrada esteja pavimentada, os cortes são relativamente antigos e não oferecem boas exposições. Por outro lado, foi possível coletar fósseis em diversas localidades, destacando-se o afloramento AF/GP 192, com grande abundância de bivalves bem preservados. Diques de diabásio foram verificados apenas no km 290,7 e no km 291,5; o segundo está relacionado a uma falha de gravidade, porém aparentemente com rejeito vertical pequeno (alguns metros). O trecho estudado corresponde a um desnível estratigráfico de aproximadamente 130 m, abrangendo a parte inferior da formação.

f) BR 373 e BR 277 (trecho Relógio-Guarapuava), centro-sul do Paraná (figs. 11, 14, 15): As observações foram realizadas entre o km 92 e o km 110 da BR 373 (entre Prudentópolis e Relógio) e entre o km 305 e km 314 da BR 277 (entre Relógio e a subida da Serra da Esperança). O trecho tem direção aproximada N60E e abrange níveis da "base" ao "topo" da formação (desnível

estratigráfico de cerca de 370 m). Os cortes normalmente estão intemperizados ou encobertos, principalmente próximo aos rios Despraiado, Relógio, Areia e Xaxim. A porção média a superior da unidade está muito mal representada. O "contato" entre as Formações Rio do Rasto e Pirambóia está encoberto. Não foram encontradas evidências de falhamentos no trecho investigado. Em diversos afloramentos correspondentes à porção inferior da unidade foram encontrados fósseis em abundância, destacando-se bivalves e megafósseis vegetais.

g) estrada Reserva-Cândido de Abreu (PR 239), centro do Paraná (figs. 16-18): Os trabalhos de campo nesta estrada foram realizados em três etapas - duas antes do início das obras de retificação e de pavimentação da estrada e outra durante a efetivação destas obras. Obviamente, o volume de informações obtido em cada fase é contrastante. Nas duas primeiras etapas, foi investigado o trecho situado entre 16,5 e 68 km de Reserva, porém sem a obtenção de resultados significativos, devido ao estado intemperizado dos afloramentos; ainda assim, foi possível a coleta de fósseis importantes, principalmente conchostráceos e megafósseis vegetais. Durante a terceira etapa, já estavam disponíveis cortes de estrada bem mais altos, que forneceram os dados mais interessantes de toda a presente pesquisa, além de quantidade relativamente grande de fósseis. Infelizmente, em função das obras, foi possível o acesso somente a certos trechos da estrada, não facilmente localizáveis nos mapas disponíveis. Adicionalmente, ocorrem algumas falhas de gravidade na área, cujo rejeito pode ser extraordinário. Por exemplo, próximo a um longo dique de diabásio a oeste do lugarejo Três Bicas há litologias que evocam a Formação Pirambóia e/ou a Formação Botucatu, o que só pode estar correto se esta região estiver separada da porção mais oriental por um sistema de falhas, cuja soma de rejeitos seria da ordem de 170 m. Outra alternativa, menos provável, é admitir uma discordância erosiva local de grandes proporções entre estas unidades e a Formação Rio do Rasto. A completa falta de controle da posição estratigráfica dos afloramentos a oeste da localidade Três Bicas impossibilitou o aproveitamento das descrições realizadas nesta área. Deste modo, na seção colunar construída para a estrada Reserva-Cândido de Abreu não se dispõe da parte equivalente à metade superior da formação (fig. 30). O trecho

melhor investigado, de direção média E-W, com desnível estratigráfico de aproximadamente 190 m ainda está subdividido por falhamentos em pelo menos três partes. Contudo, os deslocamentos entre os blocos parecem ter sido menores.

h) BR 376 (Rodovia do Café), na Serra do Cadeado, centro-norte do Paraná (figs. 19-21): Através dos achados de tetrápodes na Serra do Cadeado, BARBERENA et al. (1980) obtiveram algumas das informações cronológicas mais relevantes para a Formação Rio do Rasto. No contexto da presente dissertação, os trabalhos de campo foram realizados do km 253 ao km 297 da BR 376, entre o rio Barra Grande e o limite do Segundo para o Terceiro Planalto, em terrenos com variações de altitude relativamente grandes. A estrada (pavimentada) oferece algumas exposições bastante amplas e pouco intemperizadas, porém há diversos trechos encobertos. A direção do perfil é aproximadamente N30W. Ainda que o volume de informações geológicas e paleontológicas para esta região seja considerável, estas aparecem de modo muito diluído em vista da grande extensão do perfil. Adicionalmente, a região da BR 376 constitui um mosaico definido por longos diques de diabásio (até dezenas de km de comprimento), geralmente de direção noroeste, muito bem discerníveis nas fotografias aéreas pelo padrão geomorfológico, separados entre si pela distância de 1 a mais de 6 km. Parece evidente que os diques estão relacionados a falhas de gravidade. Foram estimados rejeitos da ordem de 10 a 70 m. Em virtude das incertezas, cada bloco foi considerado como um perfil separado; apenas posteriormente, através de critérios litológicos, paleontológicos e gráficos, as seções colunares independentes foram tentativamente correlacionadas entre si (fig. 137). Apesar da insegurança no controle na posição dos blocos, pode-se dizer que o trecho analisado abrange praticamente toda a amplitude da formação (desnível de aproximadamente 420 m), faltando apenas os níveis estratigráficos mais baixos. O "contato" Rio do Rasto-Pirambóia foi observado no km 296,9 (AF/GP 224). Na área da Serra do Cadeado, constatou-se maior frequência de litologias calcíferas do que nas seções analisadas mais ao sul. Ainda foram realizadas algumas observações na estrada lateral não pavimentada de rumo nordeste na altura do km 284,8 da BR 376. Nesta estrada, C. Riccomini havia coletado excelentes exemplares de pectopterídeas, cedidas ao Dr. Oscar Rosler e estudadas no desenvolvimento da

presente pesquisa (ROHN & ROSLER, 1986c). Infelizmente, a posição estratigráfica exata desta ocorrência é dúbia por não ter sido possível localizar o afloramento de coleta e pela complexidade tectônica já apontada. Também é lastimável que não tenha havido possibilidade de recuperar precisamente a posição estratigráfica dos megafósseis vegetais descritos por CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA (1981), nem a amplitude de ocorrência dos tetrápodes estudados por BARBERENA et al. (1980).

i) PR 90, entre Sapopema e São Jerônimo da Serra, centro-norte do Paraná (figs. 22-24): As investigações foram realizadas entre o km 107 e 124 da estrada, porém a Formação Rio do Rasto aflora apenas a partir do km 116 e não se dispõe da parte equivalente à metade inferior da unidade. Num trecho de 5 km de extensão (km 110,6-115,6), representando um desnível topográfico aproximado de 240 m, a estrada foi construída sobre um dique de diabásio. A leste do dique, há excelentes exposições da Formação Teresina (por exemplo, fig. 128). A oeste, num trecho de direção média N-S, tem-se cortes relativamente novos e abundantes da Formação Rio do Rasto, que permitem uma boa apreciação da metade superior da unidade (desnível estratigráfico de aproximadamente 110 m). Da região da PR 90 para o norte, a formação começa a apresentar espessuras bastante menores do que as observadas nas seções das estradas mais ao sul. É marcante a grande frequência de corpos areníticos, o que implicou em certa escassez de litologias favoráveis à preservação de fósseis. A melhor exposição é a que mostra o "contato" entre as Formações Rio do Rasto e Pirambóia, próximo ao km 122 (figs. 112-113), onde também há certa abundância de litologias calcíferas, além do registro de megafósseis vegetais e de conchostráceos.

j) estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul e trecho da PR 218 (a leste de Jundiá do Sul), no nordeste do Paraná (figs. 25-27): As pesquisas foram realizadas no trecho situado entre 2,9 e 12,9 km de Ribeirão do Pinhal e entre o km 70 e 75 da PR 218, de direção aproximada N85W. As investigações deveriam abranger toda a amplitude vertical da Formação Rio do Rasto, a qual é pouco espessa nesta área (cerca de 150 m), porém, o número de afloramentos é restrito, principalmente na parte equivalente à metade superior da unidade. Ainda que a região seja rica em diques de diabásio, nenhum aflora no trecho mencionado. Diversos

afloramentos apresentam litologias calcíferas. Bastante expressiva é a ocorrência da malacofauna típica do Membro Serrinha no afloramento AF/GP 241; aparentemente é o seu registro mais setentrional da Bacia.

k) BR 153, entre Santo Antônio da Platina e Ibaiti, no nordeste do Paraná (figs. 28-30): Os trabalhos de campo foram efetuados no trecho de direção média N05W, do km 41 ao 52, entre Santo Antônio da Platina e um ponto um pouco além do trevo da PR 21. Em virtude à espessura pequena da Formação Rio do Rasto na área (cerca de 7 110 m), o número de informações é reduzido; a parte superior da unidade, que deveria aflorar logo ao norte de Santo Antônio da Platina, está encoberta. Em geral, os afloramentos apresentam litologias calcíferas, evidências de deposição em águas rasas e de exposição subaérea, porém ainda foram descobertas duas ocorrências com megafósseis vegetais. Próximo ao km 44 há um dique de diabásio, provavelmente relacionado a falha de gravidade, cujo rejeito não parece ser muito grande, e foi considerado desprezível na construção da seção colunar composta.

l) estrada Platina-Santo Antônio da Platina e Santo-Antônio da Platina-Ribeirão do Pinhal, no nordeste do Paraná (figs. 28, 31, 32): As duas estradas foram consideradas num único perfil porque apresentam orientações similares, em média N85E. Tomadas juntas, o trecho analisado perfaz aproximadamente 18 km. As características são as mesmas apresentadas para a BR 153, havendo, no entanto, maior subdivisão do perfil por falhas de gravidade, relacionadas ou não a diques de diabásio. Muito significativa é a provável falha próximo ao ribeirão Boi Pintado, na extremidade oeste do perfil, que posicionou níveis estratigráficos não muito altos da Formação Rio do Rasto praticamente ao lado da Formação Pirambóia; na extremidade oposta do perfil, há diversos afloramentos com características típicas da Formação Teresina (fig. 106), porém em altitude muito mais elevada (cerca de 130 m de desnível), não compensado pelo mergulho das camadas. As localidades fossilíferas são restritas, havendo pouco controle sobre a posição relativa dos blocos.

m) BR 153, na região de Jacarezinho, no nordeste do Paraná (figs. 33-35): As observações foram realizadas entre os dois trevos de acesso à cidade, do km 17 ao 21,8 da estrada. A Formação

Rio do Rasto aflora apenas numa área muito pequena ($\approx 5 \text{ km}^2$) e aparece como um pequeno testemunho na faixa de afloramentos da Formação Pirambóia. Supõe-se ter observado a posição do contato entre as duas formações no km 17 da estrada, porém, as litologias estão muito alteradas. As características gerais da Formação Rio do Rasto nesta área combinam com as observadas próximo a Santo Antônio da Platina.

n) estrada Juá-trevo PR 21, no nordeste do Paraná (figs. 36, 37): A cerca de 8 km ao sul de Juá, o geólogo O. Francisconi descobriu um nível de calcário coquinóide, com nódulos estromatolíticos, e cedeu uma amostra ao Dr. T.R. Fairchild. Durante o desenvolvimento da presente pesquisa, tal amostra foi estudada (ROHN & FAIRCHILD, 1986), o que estimulou a investigação daquela área. Percorreu-se a estrada até a vila (extensão aproximada de 11,5 km) e seguiu-se ainda rumo noroeste, até praticamente interceptar o contato entre as Formações Rio do Rasto e Pirambóia, a 3,5 km de Juá. Contudo, em todo o trecho, foram verificadas apenas 9 exposições, relativamente afastadas umas das outras, pouco diagnósticas quanto ao nível estratigráfico, bastante alteradas, tendo fornecido somente escamas de peixes. No presente trabalho, optou-se por apresentar unicamente a seção colunar do suposto afloramento de coleta do calcário coquinóide, o qual se estende por um trecho de desnível topográfico de aproximadamente 50 m. Provavelmente, este corresponde à porção inferior da formação, porém não se tem conhecimento exato da sua correlação com as seções das áreas mais meridionais.

o) PR-21, entre Joaquim Távora e Carlópolis, no nordeste do Paraná (fig. 24): Foram sumariamente observados 10 afloramentos entre o km 22 (próximo ao ribeirão Água do Lau e a Torre de TV) e o km 31 (nas proximidades do trevo de acesso à estrada para Juá). Com exceção da exposição do km 21,9, a qual evoca a Formação Teresina, todas as outras apresentam praticamente as mesmas características do afloramento citado próximo a Juá. Apenas foram descobertas raras escamas de peixes. No km 31 ocorre um dique de diabásio. Os mapas geológicos da área (BRASIL, DNPM, 1978) mostram uma relativa complexidade estrutural. Há dificuldades de correlação destes afloramentos com as outras seções da Formação Rio do Rasto, em virtude dos falhamentos, das feições litológicas monótonas e da falta de fósseis mais diagnósticos. Estes depósitos

talvez nem devam ser referidos à Formação Rio do Rasto. Portanto, no estágio atual de conhecimentos, preferiu-se não utilizar os dados referentes a esta área.

3. ANÁLISES LITOLÓGICAS

As litologias e as estruturas da Formação Rio do Rasto encontram-se resumidas na legenda das figs. 2-37, e são descritas no capítulo "Características dos Depósitos Sedimentares".

Sempre que possível, as análises foram realizadas de estrato em estrato, objetivando compreender os processos físicos, biológicos, diagenéticos e intempéricos responsáveis pelas suas características. A partir destes dados, procurou-se interpretar o significado ambiental das seqüências verticais e das suas variações laterais. No entanto, não foi possível manter a uniformidade desejável nas observações, seja pelo estado de alteração dos afloramentos, seja pela experiência gradualmente adquirida no desenvolvimento da pesquisa. Os estratos ou conjuntos de estratos julgados como representantes de processos ou combinações de processos deposicionais específicos (a não ser menções ao contrário), foram aqui designados através dos respectivos termos descritivos mais diagnósticos. Evitou-se a classificação dos litótipos como "fácies", em virtude aos distintos sentidos já atribuídos ao termo (MENDES, 1984b).

A granulometria das rochas foi estimada obedecendo aproximadamente a escala de Wentworth (SUGUIO, 1973), porém sem a confirmação através de análises granulométricas de laboratório. As rochas pelíticas com alguma quantidade de grãos da fração areia muito fina e relativa heterogeneidade composicional foram designadas "lamitos".

A determinação da composição das rochas limitou-se praticamente às observações de campo, com exceção do exame de algumas amostras em seção e com auxílio de lupa (aumento de até 50 x), além de análises petrográficas preliminares de alguns calcários. A maioria das rochas com algum carbonato de cálcio na composição, porém não analisadas com detalhe, foram aqui denominadas como "rochas calcíferas" ou simplesmente como "calcários".

Procurou-se adotar expressões já consagradas na língua portuguesa para as estruturas sedimentares (ex.: "estratificação

cruzada acanalada"), porém, em alguns casos, houve necessidade de combinar termos descritivos com os prováveis processos genéticos (ex.: "laminação cruzada por ondulações de oscilação") ou preferiu-se manter as denominações largamente utilizadas na língua inglesa (ex.: estratificação cruzada "hummocky"). No capítulo "Características dos Depósitos Sedimentares" são prestados alguns esclarecimentos sobre o padrão de cada tipo de estrutura e o seu possível significado. Empregou-se o termo "estratificação" para o conjunto de lâminas com persistência lateral e vertical superior a 5 cm, depositado por um processo físico específico e relativamente contínuo, no máximo, acompanhado por pequenas variações de energia. Ao termo "laminação" atribuiu-se o mesmo significado, porém para o conjunto de lâminas formadoras de estratos com altura inferior a 5 cm, originadas sob condições bem menos energéticas. A expressão estratificação cruzada é usada no mesmo sentido de REINECK & SINGH (1980), que a definiram como uma simples camada ou uma unidade de sedimentação contendo lâminas internas (lâminas frontais) inclinadas em relação à superfície principal de sedimentação; esta unidade de sedimentação seria separada das camadas adjacentes por uma superfície de erosão, de não deposição ou de mudança abrupta de caráter. A estratificação plano-paralela refere-se aos arenitos depositados em regime de fluxo superior (cf. MEDEIROS & PONTE, 1981), porém seu reconhecimento nem sempre é simples, exceto quando constatadas lineações de partição. Nas situações de dúvida, preferiu-se considerar estas rochas como lençóis areníticos superpostos. De qualquer maneira, é importante frisar que não cabe a designação "estratificação plano-paralela" no caso de ritmitos e de folhelhos. O arranjo interno dos componentes de outros tipos de rochas heterolíticas também não constitui "estratificação" (no sentido aqui assumido), uma vez que não representa o resultado de um único evento deposicional. Para expressar a organização interna destas rochas, empregou-se o termo "acamamento" ("bedding"), embora alguns autores apliquem este nome no mesmo sentido de "estratificação".

A simbologia utilizada nas seções colunares (legenda das figs. 2-37) tenta reproduzir, de forma estilizada, o caráter das estruturas, conforme a seção vertical mais propícia. Nestas seções ainda são indicados os tipos de fósseis encontrados, sua abundância e distribuição aproximada, a geometria dos corpos e a

coloração predominante dos estratos, dispensando descrições individuais de cada nível (salvo casos especiais, explicitados no texto).

4. TRABALHOS PALEONTOLÓGICOS

Os trabalhos paleontológicos no desenvolvimento da presente pesquisa foram realizados com base no seguinte material: amostras coletadas por O. Rösler e alunos, principalmente dos afloramentos AF/GP 13 e 79; amostras coletadas durante os trabalhos de campo (cerca de 1000), depositadas na Coleção Paleontológica de Departamento de Paleontologia e Estratigrafia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo; algumas amostras de conchostráceos e bivalves analisadas por MENDES (1954a,b), depositadas na mesma coleção; algumas amostras de bivalves, analisadas por HOLDHAUS (1918) e MENDES (1952, 1954a), depositadas na Coleção Paleontológica do DNPM - Rio de Janeiro; algumas amostras doadas, como bivalves pelo Dr. Cândido Simões Ferreira, estromatólitos nodulares pelo geólogo Odino Francisconi, e pecopterídeas pelo Prof. Claudio Riccomini.

A medida em que os trabalhos paleontológicos foram sendo concluídos, geralmente com a participação do orientador, Dr. Oscar Rösler, e ainda do Dr. Thomas R. Fairchild e da Dra. Mary E.C.B. de Oliveira-Babinski, os resultados foram sendo apresentados para publicação. Objetivou-se adiantar os dados relativos à composição das assembléias fossilíferas e à classificação taxonômica, para poder dedicar a presente dissertação exclusivamente às interpretações decorrentes das análises paleontológicas realizadas. Foram estudados os seguintes fósseis: conchostráceos (ROHN & RÖSLER, 1985; ROHN, 1986, 1987), bivalves (ROHN, no prelo a), estromatólitos nodulares (ROHN & FAIRCHILD, 1986), *Spnenophyllum* (RÖSLER & ROHN, 1984), *Glossopteris* (ROHN et al., 1984; ROHN & RÖSLER, no prelo a), *Ilexoidephyllum* (ROHN & RÖSLER, no prelo b), caules de esfenófitas (ROHN & RÖSLER, 1986b), *Schizoneura* (ROHN & RÖSLER, 1986a), pteridófilas pecopteróides (ROHN & RÖSLER, 1986c) e palinomorfos (ROHN, no prelo b). A metodologia empregada nestes estudos é esclarecida em cada um dos trabalhos. Adicionalmente, foi elaborado um sumário sobre o conhecimento paleontológico da Formação Rio do Rasto (ROHN, 1984) e um trabalho mais abrangente sobre as relações entre a flora

gondvânica e as floras das províncias setentrionais (ROHN & RÖSLER, 1987).

Na presente dissertação, ainda são apresentadas considerações preliminares sobre os icnofósseis observados na formação.

Os ostracodes coletados da Formação Rio do Rasto estão sendo examinados por Livia M. O. Casale (pós-graduação, IG-USP).

5. PROCEDIMENTOS GRÁFICOS

As figuras 4, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 32, 35 e 37 constituem seções colunares compostas, onde são reproduzidas esquematicamente as características litológicas e paleontológicas de cada afloramento. A posição vertical dos afloramentos nas seções foi inferida através da construção de perfis de referência (figs. 3, 6, 9, 12, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 31 e 34) de direção média aos pontos de afloramentos marcados nos mapas (figs. 2, 5, 8, 11, 16, 19, 22, 25, 28, 33 e 36).

Os perfis de referência foram traçados de acordo com os procedimentos descritos em LOCZY & LADEIRA (1976), adotando-se escala horizontal igual a 1:40.000 e escala vertical de 1:1.000 (exagero vertical de 40 x). No caso de muita imprecisão da altitude dos afloramentos, plotou-se inicialmente o máximo intervalo de tolerância. Na presente dissertação, os perfis são apresentados em escala mais reduzida e as localidades estão representadas na posição altimétrica mais provável, objetivando apenas ilustrar a possível correlação entre os afloramentos e a posição relativa dos blocos limitados por falhas.

O mergulho aparente das "camadas" nas seções foi calculado pelas expressões (LOCZY & LADEIRA, 1976):

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{sen} A$$

$$\operatorname{tg} \beta' = n \cdot \operatorname{tg} \beta$$

onde, A = ângulo entre a direção da camada e o sentido do mergulho aparente, α = mergulho verdadeiro, β = mergulho aparente, β' = mergulho aparente corrigido para o perfil com exagero vertical, n = exagero vertical.

A direção das camadas foi estimada conforme os limites entre as unidades estratigráficas no mapa geológico BRASIL, DNPM (1974, 1978) (fig. 1). A determinação do mergulho foi bem mais problemática, uma vez que este é praticamente horizontal e não há

camadas-guia bem definidas na Formação Rio do Rasto. Foram realizadas inúmeras tentativas de correlação entre os afloramentos e entre as seções colunares compostas, variando o mergulho verdadeiro desde 0,3" até 1,5". A estimativa aparentemente mais precisa (0,8") foi encontrada para as seções das estradas BR 373 e BR 277 (figs. 11-15), que apresentam ocorrências de bivalves fósseis bem característicos em níveis provavelmente correlacionáveis, além de um afloramento em comum na convergência das duas rodovias. Em relação aos outros perfis, inferiu-se valores de mergulhos entre 0,5" e 0,9", determinados conforme as possíveis correlações entre os níveis fossilíferos e entre determinados conjuntos litológicos, considerando também as tolerâncias quanto às altitudes e os rejeitos estimados das falhas normais. O mergulho parece crescer de 0,65" no norte de Santa Catarina até 0,9" na estrada Sapopema-São Jerônimo da Serra, decrescendo bruscamente na região de Ribeirão do Pinhal e de Santo Antônio da Platina. Contudo, o grau de confiabilidades dos valores para o norte do Paraná é muito baixo; há imprecisão devido aos falhamentos, à pequena espessura da formação e à escassez de informações paleontológicas.

Embora número bem maior de dados tenha sido obtido ao longo das estradas Reserva-Cândido de Abreu e BR 376, as tentativas de correlação entre os blocos, a princípio, foram desalentadoras.

Para a região da BR 376 (figs. 19-21), a posição relativa inferida para os blocos baseia-se nos seguintes parâmetros: a) correlação entre as seções de cada bloco através do nível de "contato" entre a Formação Rio do Rasto e a Pirambóia, reconhecido nos trabalhos de campo e por fotointerpretação, admitindo-se que este era aproximadamente contínuo e plano antes do diastrofismo; b) correlação com seções colunares compostas de outras estradas, aproveitando principalmente os dados paleontológicos; c) correlação aproximada com o perfil de poço de Apucarana (2-AP-1-PR, Petrobrás, 1962).

Conforme já mencionado, próximo à localidade de Três Bicas, na estrada Reserva-Cândido de Abreu, há um importante sistema de falhas, cujos rejeitos podem ultrapassar uma centena de metros; foi necessário desprezar os dados obtidos a oeste da localidade, por falta de controle da posição estratigráfica dos afloramentos. Felizmente, o trecho da estrada situado mais a leste parece

interceptar apenas mais duas falhas de rejeito significativo; os respectivos blocos foram tentativamente correlacionados entre si pelas características paleontológicas e litológicas dos afloramentos e através da possível correlação com as outras seções colunares.

Para inferir as correlações entre as seções colunares construídas para cada estrada (fig. 137), utilizou-se o método descrito em SHAW (1964) e discutido em MILLER (1977). Na realidade, o método objetiva a determinação da amplitude de ocorrência dos fósseis numa certa região, porém serve bem aos propósitos de correlação. Em poucas palavras, o método consiste em: a) selecionar uma seção com diversidade relativamente grande de fósseis, a qual é eleita como seção de referência; selecionar outra seção colunar qualquer; b) plotar as amplitudes de ocorrência dos taxa de cada seção respectivamente na abscissa e na ordenada de um sistema de eixos cartesianos; c) utilizar os fósseis comuns às duas seções (os mais seguros possíveis quanto à identificação e à localização) para traçar uma reta média aos respectivos pontos projetados no gráfico; d) transferir os dados paleontológicos adicionais da seção auxiliar para a seção de referência através do rebatimento dos respectivos pontos na reta traçada; e) repetir o mesmo procedimento para as outras seções, complementando gradativamente a seção de referência. Ao final da plotagem de todas as seções auxiliares, a seção de referência mostra a amplitude ou o nível de ocorrência de todos os fósseis da área considerada, fornecendo os subsídios necessários para elaborar zoneamentos bioestratigráficos e representando automaticamente o conjunto das correlações. Obviamente, os gráficos precisam levar em conta as eventuais discordâncias em cada seção e as variações dos índices de subsidência ao longo do tempo e de uma área para a outra. No presente trabalho, por razões práticas, utilizou-se não apenas uma única seção de referência, porém a combinação das seções da BR 476, estrada Rondinha-Paulo Frontin, estrada Rio Azul-Paulo Frontin e estrada Porto União-Poço Preto, localizadas próximas entre si. Dados importantes foram acrescentados pelas seções da BR 277, BR 373 e da estrada Reserva-Cândido de Abreu. Quanto às outras seções, cuja sucessão vertical dos afloramentos é parcialmente incerta em virtude à maior incidência de falhas geológicas, os dados foram organizados, pelo

menos, de modo a não distorcer as amplitudes de ocorrência deduzidas através das seqüências mais contínuas. Ao invés de plotar apenas os níveis verticais extremos de ocorrência dos taxa em cada seção, foram considerados todos os níveis fossilíferos. Tal procedimento permitiu visualizar as variações da concentração dos fósseis ao longo da sua amplitude vertical (Tabelas 3-5 e 7); estas variações podem ter razões tanto ecológicas, como bioestratônicas. O lançamento de todos os dados também se justificou pelo número relativamente pequeno de fósseis encontrados em determinadas seções. A medida em que se aperfeiçoava a correlação entre as seções (combinando distintos valores dos ângulos de mergulho das camadas e, às vezes, a posição altimétrica dos afloramentos), os níveis de ocorrência dos fósseis na seção de referência passaram a ser determinados matematicamente, sem a construção dos trabalhosos gráficos.

O procedimento acima também foi aplicado, em certos casos, para testar o alcance lateral de determinados conjuntos litológicos. Não se objetivou a identificação de "camadas" específicas nas seções, uma vez que os ambientes deposicionais na borda leste da bacia provavelmente não devam ter propiciado grande homogeneidade de condições por longas distâncias; o método descrito foi utilizado na tentativa de reconhecer circunstâncias especiais na deposição com reflexo em toda a região da bacia, como os intervalos de maior aridez, de nível de base mais baixo, com maior incidência de tempestades, etc..

É necessário ter em mente que toda esta metodologia pode implicar em erros, por vezes, acumulativos. Há imprecisão desde os valores das espessuras dos depósitos nos afloramentos, sua localização nos mapas e a sua posição altimétrica nos perfis, até a identificação de determinados fósseis utilizados para correlações, a estimativa do mergulho das camadas e a construção de gráficos através do método de SHAW (1964). Ainda assim, após diversas experiências através da variação dos parâmetros mais problemáticos, as correlações sugeridas através de alguns dados começaram a ser corroboradas através da coincidência estratigráfica de outros. Adicionalmente, as espessuras estimadas da formação através das seções coincidem aproximadamente com as espessuras inferidas através do mapa de isópacas em NORTHFLEET et al. (1969). Portanto, acredita-se que as correlações sugeridas não

são apenas casuais, podendo sustentar zoneamentos bioestratigráficos e certo aprimoramento na reconstituição da história evolutiva da borda leste da bacia no final do Permiano. O esquema proposto talvez sirva como suporte para o direcionamento de novos estudos, principalmente em relação à porção basal e superior da formação, para as quais ainda há grande escassez de informações.

5. DEFINIÇÃO DAS BIOZONAS

A amplitude de distribuição dos taxa nas tabelas 3-5 demonstra a potencialidade dos conchostráceos, dos bivalves e parcialmente dos megafósseis vegetais para a subdivisão bioestratigráfica da sequência respectiva à Formação Rio do Rasto. L. M. O. CASALE (comun. verbal) observou que a distribuição dos ostracodes também pode ter valor na bioestratigrafia. Contudo, o número de fósseis conhecidos de cada grupo ainda não é muito grande. Não se pode comparar as assembléias analisadas, por exemplo, com as ricas faunas fósseis de plataformas marinhas rasas das regiões tropicais ou com a flora do Carbonífero da região euro-americana.

Nas tabelas 3-5 e 7, nota-se que há razoável coincidência entre o intervalo inferior com grande abundância de vegetais fósseis e o de conchostráceos da subespécie *Monoleaia unicostata micropolygonata*. Também há equivalência entre o nível de aparecimento de *Schizoneura gondwanensis* com aquele de maior diversidade de conchostráceos. Por outro lado, não existe perfeita correlação entre os intervalos mencionados acima e os dois principais intervalos definidos pelos bivalves. Assumindo que as amplitudes de distribuição dos taxa estão aproximadamente corretas, uma subdivisão estratigráfica que abarcasse os três grupos de fósseis apenas restringiria a potencialidade de resolução de cada um. Adicionalmente, a distribuição de cada grupo deve estar relacionada a distintos fatores ecológicos. Portanto, ainda que a diversidade de fósseis seja relativamente baixa, decidiu-se considerar os conchostráceos, os bivalves e os restos vegetais em separado para o zoneamento bioestratigráfico.

Conforme os critérios estabelecidos para a definição de biozonas (MENDES, 1984b; PETRI et al., 1986) e as características de distribuição dos taxa da Formação Rio do Rasto, descarta-se, de

antemão, subdivisões bioestratigráficas fundamentadas em zonas de amplitude e nas filozonas. A zona de apogeu (ou epíbole) seria aplicável, por exemplo, aos intervalos de maior abundância de certos conchostráceos ou de glossopterídeas, porém sobriariam lacunas em que nenhum *taxon* tem expressividade. Em relação às cenozonas, pressupõe-se que devam estar presentes diversos *taxa* num mesmo depósito, como se verifica comumente no caso de palinórfos e outros microfósseis. Na Formação Rio do Rasto é frequente a ocorrência de assembléias monoespecíficas, o que também impede a subdivisão bioestratigráfica da sequência com base nestas categorias. Observou-se que, em determinados intervalos, todos os depósitos correlacionáveis apresentam uma única espécie de um determinado grupo de fósseis. Em resumo, nenhum dos zoneamentos previstos no Código Brasileiro de Nomenclatura Estratigráfica (PETRI et al., 1986) parece acomodar adequadamente a distribuição dos fósseis observada para a Formação Rio do Rasto.

KOZUR & SEIDEL (1983b) apresentaram um outro tipo de zoneamento, sem denominação específica, que se fundamenta na distribuição de conchostráceos triássicos de uma área da República Democrática Alemã. Analisando o trabalho destes autores, nota-se que algumas biozonas comportariam 5 ou mais espécies características de conchostráceos, enquanto que outras foram definidas com base numa única espécie. A divisão bioestratigráfica destes autores é essencialmente prática e leva em conta o fato de que a diversidade dos conchostráceos é extremamente variável de acordo com diversos fatores ecológicos. Um intervalo estratigráfico com fauna pobre seria tão significativo quanto os outros mais ricos, merecendo também a eleição como biozona. Os autores verificaram que a amplitude das espécies das faunas pobres podem ultrapassar bastante os limites das respectivas biozonas, exatamente como observado no caso de *M. uncostata micropolygonata* da Formação Rio do Rasto. Uma vez que os métodos bioestratigráficos foram instituídos para classificar os conjuntos de rochas com base em seu conteúdo paleontológico e que a aplicação rigorosa de um tipo específico de zoneamento bioestratigráfico para a Formação Rio do Rasto não contribuiria efetivamente para alcançar os objetivos almejados, optou-se por subdivisões bioestratigráficas menos rígidas, similares às utilizadas por KOZUR & SEIDEL (1983b).

As biozonas aqui utilizadas estão fundamentadas em uma ou mais espécies e são limitadas na base e no topo pelo aparecimento de certas espécies e/ou pelo desaparecimento de outras, preferencialmente bastante representativas das assembléias. Os nomes emprestados às biozonas correspondem às espécies mais características, porém estas não ocorrem obrigatoriamente ao longo de toda a unidade ou, ao contrário, não se restringem apenas ao intervalo considerado. Apesar desta tolerância, o reconhecimento das biozonas, na prática, é relativamente simples. A definição das biozonas é apresentada nos capítulos subsequentes, na discussão sobre cada grupo de fósseis.

BIVALVES

1. HISTÓRICO

Praticamente desde o trabalho de DERBY (1878), os fósseis que aparentemente provocaram as mais sérias polêmicas sobre o ambiente e a idade da Formação Rio do Rasto e de toda a porção superior do Grupo Passa Dois são os bivalves.

Os primeiros verdadeiros estudos dos bivalves da Formação Rio do Rasto datam de 1918, quando HOLDHAUS descreveu bivalves da localidade posteriormente eleita como tipo do Membro Serrinha, no sul do Estado do Paraná (e de uma localidade da Formação Teresina). Este autor descreveu 4 novas espécies, as quais incluiu em *Solenomorpha*, um gênero carbonífero marinho do Hemisfério Norte.

A partir do final da década de 20, F.R.C. REED publicou uma série de trabalhos sobre bivalves de diversas localidades das Formações Estrada Nova e Rio do Rasto, tendo sempre lhes atribuído idade triássica. De especial interesse é o de 1929(a), no qual descreveu, além de outros fósseis, 37 espécies distintas de bivalves da localidade Serrinha, e o trabalho de 1935, onde introduziu mais 4 espécies, estas procedentes de Santo Antônio da Platina.

Vários autores encontraram novas ocorrências de bivalves e endossaram a classificação de REED (1929a). BASTOS (1935) citou ocorrências dos arredores de Santo Antônio da Platina; ROXO (1935), da região de Ribeirão Claro; CARVALHO (1937), da região de Canoinhas, Mallet, Poço Preto e Campina da Raia; e DUARTE (1936) apresentou uma revisão das espécies já conhecidas de bivalves e de outros fósseis do "Grupo Estrada Nova Superior" (=Formação Teresina e Membro Serrinha).

COX (1934) analisou bivalves da "Série" Passa Dois do Uruguai e identificou uma espécie que ocorre no Membro Serrinha do Brasil, para a qual introduziu o gênero *Terraia*. Também notou semelhanças entre outras espécies.

MENDES (1945), anteriormente já familiarizado com os bivalves da Estrada Nova de São Paulo (alguns provenientes aproximadamente do mesmo nível e local que os estudados por REED (1929a, 1935), manifestou descrédito em relação à semelhança

coitada entre os moluscos da Formação Teresina e as formas do Triássico Superior europeu.

LEANZA (1948) teceu diversos comentários sobre todos os invertebrados e outros animais anteriormente considerados triássicos do Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina. Assim como MENDES (1945), concluiu que boa parte dos bivalves corresponderia a gêneros endêmicos, tendo sugerido algumas novas designações. Também julgou que as formas provavelmente seriam permianas e de origem continental.

Em 1949, MENDES introduziu o gênero *Leinzia* para designar bivalves da Formação Estrada Nova de São Paulo, mais tarde também atribuído a bivalves da Formação Rio do Rasto. Ainda descreveu algumas novas espécies do Estado do Paraná e revisou parcialmente a classificação taxonômica original de HOLDHAUS (1918) e REED (1929a). Sugeriu idade provavelmente permiana e o ambiente deposicional, possivelmente marinho, próximo à costa.

MENDES (1952, 1954a) deu continuidade a estes estudos, tendo finalmente reduzido o número total de espécies conhecidas do Membro Serrinha para 4: *Leinzia similis*, *Terraia altissima*, *Cowperesia emerita* e *Oliveiraia pristina*. O nível estratigráfico de procedência de *?Barbosaia gordonii* e *?Terraia erichseni* seria incerto, eventualmente também atribuível à Formação Rio do Rasto. O Membro Morro Pelado estaria apenas representado pela espécie *?Palaeomutela platinensis*. MENDES (1954a) mostrou-se cauteloso quanto à interpretação ambiental, porém propenso em aceitar ambiente não marinho para a "Série" Passa Dois, já que os novos estudos não mantiveram os gêneros marinhos de bivalves; outros animais exclusivos deste meio estariam ausentes.

BEURLIN (1953, 1954, 1955, 1957), que apresentou amplas discussões sobre a evolução da bacia no intervalo equivalente ao Grupo Passa Dois, também descreveu diversas formas de bivalves. Poucos meses após a publicação de MENDES (1954a), BEURLIN (1954) apresentou 29 espécies de bivalves, das quais 7 obedecem a classificação original de REED (1929a, 1935). Os bivalves foram discriminados entre as "Camadas" Serrinha e Esperança. BEURLIN (1954) constatou que algumas formas das "Camadas" Serrinha aparentemente possuiriam estreitas relações com as formas de água doce dos "Lower Beaufort Beds" da África do Sul. O autor julgou que as "Camadas" Serrinha foram depositadas numa bacia continental

de água doce que evoluiu a partir de condições marinhas. Evidência positiva a este respeito seria a redução da espessura das conchas, comparando aquelas da Formação Teresina com as do Membro Serrinha, além da passagem descontínua entre as duas respectivas faunas. BEURLEN (1957) explicou a falta de registro de formas intermediárias pelo seu provável desenvolvimento nas regiões costeiras, cujos depósitos foram posteriormente perdidos pela erosão das bordas da bacia. Também teria havido imigração de bivalves dulcícolas. MENDES (1967) discordou de BEURLEN (1954, 1955, 1957) em relação a diversos aspectos, inclusive quanto à identificação de alguns taxa originalmente descritos em outras bacias.

Na década de 60, foram citadas algumas novas ocorrências de bivalves da Formação Rio do Rasto, porém não espécies adicionais (ex.: MENDES, 1962; MENDES & FULFARO, 1966; MENDES, 1967, 1969). MENDES (1969) verificou a ocorrência de *Pinzonella neotropica* nos depósitos do Membro Serrinha, uma espécie anteriormente considerada exclusiva da Formação Teresina. MENDES (1971) cogitou a possibilidade de que a malacofauna indígena do Grupo Passa Dois tenha evoluído das formas marinhas que invadiram a Bacia do Paraná no intervalo equivalente à deposição do Grupo Tubarão.

O último trabalho publicado que inclui descrições de bivalves da Formação Rio do Rasto é o de RUNNEGAR & NEWELL (1971), o qual consiste numa nova revisão. Os autores mantiveram a classificação de MENDES (1952, 1954a, 1967), com exceção de algumas formas. Falta clareza na designação genérica proposta para a espécie "*Cowperesia*" *emerita* (Reed) Mendes: em sua listagem, foi assinalada como "*?Pyramus*" *emerita*, porém, no texto, foi considerada como "*Leptoterraia*" *emerita* ou como passível de inclusão em *Terraia* ou em *Pyramus*. Este último gênero seria o único não endêmico do Permiano Superior da Bacia do Paraná, além de *?Palaeomutela*. RUNNEGAR & NEWELL (1971) admitiram a ocorrência de *?Barbosaia* sp. e adicionalmente de um bivalve mitilídeo não identificado na assembléia *Leinzia similis*, respectiva ao "Litossoma" Serrinha. Numa localidade em Santa Catarina, os autores encontraram, juntamente com *T. altissima* e *L. similis*, as espécies *Terraia bipleura*, *Jacquesia elongata* e *?Ferrazia* sp., pertencentes às assembléias respectivas às Formações Corumbataí e Teresina. RUNNEGAR & NEWELL (1971) explicaram a ausência de

continuidade no registro das formas através da mesma hipótese já delineada por BEURLÉN (1957), ou seja, pela erosão dos depósitos das bordas da bacia, onde as espécies teriam proliferado.

SIMÕES e FITTIPALDI (no prelo) resumiram as diversas informações referentes aos bivalves do Grupo Passa Dois.

Em vista do desenvolvimento do presente trabalho, foram descobertas cerca de 25 novas ocorrências de bivalves na Formação Rio do Rasto. A maior parte das formas encontra-se descrita em ROHN (no prelo a). Em termos gerais, este trabalho não forneceu qualquer evidência que desabone a classificação dos bivalves de MENDES (1954a). Um dos dados inéditos é o reconhecimento formal de dois novos gêneros e espécies - *Nothoterraia acarinata* e *Reloglicola delicata* - encontrados em níveis estratigráficos parcialmente equivalentes aos de ocorrência de *?Palaeomutela platinensis*. No afloramento AF/GP 192 (BR 277), as 3 espécies foram encontradas associadas. Bivalves adicionais foram coletados posteriormente à realização deste trabalho e alguns são distintos de todas as espécies já referidas. É possível que determinadas formas, inclusive *N. acarinata*, correspondam a elementos das assembléias assinaladas por BEURLÉN (1954). Contudo, as descrições e ilustrações apresentadas por este autor são insuficientes para comparações mais efetivas.

2. LISTA DAS ESPÉCIES

Em resumo, são aqui admitidas as seguintes espécies de bivalves na Formação Rio do Rasto:

Leinzia similis (Holdhaus) - (fig. 38.3-5)

Oliveiraia pristina (Reed) - (fig. 38.6)

Terraia altissima (Holdhaus) - (fig. 38.8-9; cf. *T. altissima* na fig. 38.10)

Cowperesia emerita (Reed) - (fig. 38.11-13)

cf. *Terraia* sp.1 (em ROHN, no prelo a) - (fig. 38.14-15)

cf. *Terraia* sp.2 (em ROHN, no prelo a) - (fig. 38.16)

cf. *Terraia* sp.3 (em ROHN, no prelo a) - (fig. 38.17)

cf. *Terraia* sp.4 (em ROHN, no prelo a) - (fig. 38.18)

cf. *Terraia* sp.5 (não formalmente descrita) - (fig. 38.19)

Reloglicola delicata Rohn - (fig. 38.21-22)

Nothoterraia acarinata Rohn - (fig. 38.25-29)

? Palaeomutela platinensis (Reed) - (fig. 38.23-24)

Não foram identificadas algumas formas dos afloramentos AF/GP 199 (fig. 38.20). Ainda há formas nas coquinas dos afloramentos AF/GP 230 (Jacarezinho) e da região de Joaquim Távora, as quais não puderam ser observadas por falta de exposição tridimensional dos fósseis.

Os espécimes considerados como cf. *Terraia* sp. 4 (AF/GP 297) talvez correspondam a *Jacquesia elongata*, originalmente descrita para os depósitos das Formações Corumbataí e Teresina (MENDES, 1952, 1954a). Contudo, não foi possível confirmar a constatação de MENDES (1969) e de RUNNEGAR & NEWELL (1971) sobre a ocorrência de outros elementos destas unidades em associação às formas típicas da Formação Rio do Rasto.

3. BIOESTRATIGRAFIA

MENDES (1954a) verificou a ocorrência de duas assembléias distintas de bivalves na Formação Rio do Rasto. Uma seria característica da "Fácies" Serrinha, representada por *L. similis*, *Terraia altissima*, *O. pristina* e *Cowperesia emerita*. A outra ocorreria na "Fácies" Morro Pelado e estaria representada apenas por *?Palaeomutela platinensis*. RUNNEGAR & NEWELL (1971) classificaram os bivalves da Formação Estrada Nova em 4 assembléias distintas, das quais a designada "Assembléia *Leinzia similis*" seria referente ao "Litossoma" Serrinha. Não mencionaram os bivalves da unidade Morro Pelado. Os estudos realizados em vista da presente dissertação possibilitaram um razoável refinamento do quadro de distribuição estratigráfica das espécies de bivalves da Formação Rio do Rasto, principalmente para o intervalo "pós-Serrinha". As amplitudes das espécies de bivalves (Tab. 3) permitiram o estabelecimento de duas zonas bem definidas e de uma subzona.

Zona *L. similis*

Definição: amplitude aproximada de ocorrência de *Cowperesia emerita* (Reed)

Limite inferior: aparecimento de *C. emerita*, sem a presença de *Pinzonella neotropica* ou de outros elementos típicos da Formação Teresina.

Limite superior: aparecimento de cf. *Terraia* sp.1 (em ROHN, no prelo a), aproximadamente coincidente com o desaparecimento de cf. *Terraia* sp. 4 (em ROHN, no prelo a) e de *C. emerita*.

Espécies componentes: *C. emerita*, *L. similis*, *T. altissima*, cf. *Terraia* sp.3, cf. *Terraia* sp. 4 e *Oliveiraia pristina*.

Equivalência litoestratigráfica: porção inferior da Formação Rio do Rasto, aproximadamente entre os níveis correspondentes a 5 % e 25 % da coluna litoestratigráfica, a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: provavelmente Kazaniano Superior.

Distribuição geográfica: pelo menos do sul do Estado do Paraná até a região de Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul; aparentemente estendida até o Uruguai (COX, 1934) e o Paraguai (HERBST & LEGUIZAMON, 1984).

Observações: A zona foi designada conforme a espécie *L. similis*, pela sua morfologia característica e nitidamente distinta de quaisquer outras espécies do Grupo Passa Dois. *Cowperesia emerita* foi registrada em maior número de afloramentos, porém sua identificação não é tão segura; o taxon poderá vir a ser desmembrado em outras espécies. *C. emerita* geralmente compõe assembléias monoespecíficas e, às vezes, ocorre de modo inexpressivo junto a outros elementos da zona. Embora na literatura haja registro significativo de afloramentos com *Terraia altissima*, nenhum dos fósseis coletados durante o desenvolvimento da presente pesquisa permitiu a identificação segura da espécie (ex.: fig. 38.10).

Zona ? *Palaeomutela platinensis*

Definição: amplitude aproximada de ocorrência de ?*P. platinensis* (Reed).

Limite inferior: aparecimento de cf. *Terraia* sp. 1 (em ROHN, no prelo a), aproximadamente coincidente com o nível de ocorrência de cf. *Terraia* sp. 2 (em ROHN, no prelo a).

Limite superior: Desaparecimento de ? *P. platinensis*.

Espécies componentes: as mesmas que definem a Subzona *Nothoterraia acarinata*, possivelmente ainda incluindo os últimos representantes de *C. emerita*.

Equivalência litoestratigráfica: predominantemente na porção inferior da Formação Rio do Rasto, entre os níveis correspondentes a 25 % e 60 % da coluna litoestratigráfica, a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: provavelmente final do Kazaniano e/ou início do Tatariano.

Distribuição geográfica: no mínimo, do norte de Santa Catarina até o nordeste do Estado do Paraná, na área de afloramentos.

Observações: Os exemplares de ? *P. platinensis* seguramente determináveis foram registrados não exatamente a partir da base da zona; em compensação, entre os bivalves deste intervalo, esta espécie é a que apresenta a maior amplitude. No âmbito da biozona, em sentido ascendente, sua abundância cresce do centro-sul para o norte da bacia. A Zona ?*P. platinensis* foi subdividida em duas partes. A inferior corresponde à Subzona *Nothoterraia acarinata*, definida a seguir.

Subzona Nothoterraia acarinata

Definição: amplitude aproximada de *Nothoterraia acarinata* Rohn e parcialmente de *Religiicola delicata* e cf. *Terraia* sp. 1 (em ROHN, no prelo a).

Limite inferior: aparecimento de cf. *Terraia* sp. 1 e nível aproximado de ocorrência de cf. *Terraia* sp. 2.

Limite superior: desaparecimento de *N. acarinata* e horizontes aproximados das ocorrências mais altas das espécies indubitavelmente determinadas como *R. delicata* e cf. *Terraia* sp. 1.

Espécies componentes: *N. acarinata*, *R. delicata*, ? *P. platinensis*, cf. *Terraia* sp. 1, cf. *Terraia* sp. 2 e cf. *Terraia* sp. 5 (talvez esparsamente *C. emerita*).

Equivalência litoestratigráfica: parte inferior da Formação Rio do Rasto, compreendendo aproximadamente a porção entre 25 % e 35 % da coluna litoestratigráfica, a partir da base.

Equivalência cronoestratigráfica: provavelmente final do Kazaniano e/ou início do Tatariano.

Distribuição geográfica: no mínimo, do sul ao centro do Estado do Paraná, havendo ainda possíveis ocorrências no nordeste da área investigada.

Observações: *N. acarinata* é facilmente reconhecível quando sua charneira está preservada ou mesmo através da observação acurada da sua morfologia externa. Os níveis de ocorrência concentram-se

numa amplitude pequena, de modo que a espécie parece constituir um importante marcador estratigráfico. A amplitude de *R. delicata* pode ser maior, porém a espécie apenas foi satisfatoriamente identificada nos níveis equivalentes aos de *N. acarinata*. Considerando especificamente estes níveis, os representantes da subzona são bastante abundantes.

4. POSSÍVEIS CORRELAÇÕES

Conforme o resumo acima, MENDES (1954a, 1967, 1971) considerou todas as formas de bivalves do Grupo Passa Dois como endêmicas. Somente um gênero - ?*Palaeomutela* - poderia ser referível a formas encontradas em outras bacias. RUNNEGAR & NEWELL (1971) ainda admitiram a presença de *Pyramus* nos depósitos da Bacia do Paraná, inclusive no Litossoma Serrinha. Os autores comentaram que, embora os bivalves da Formação Estrada Nova sejam claramente distintos dos outros conhecidos, estes ostentariam grande similaridade às faunas marinhas permianas da Austrália, Nova Zelândia, Índia e de outras regiões da América do Sul. O mesmo não se verificaria quanto às faunas marinhas triássicas. As constatações de RUNNEGAR & NEWELL (1971) não puderam ser confirmadas no presente trabalho.

COOPER & KENSLEY (1984) descobriram gêneros e espécies da Formação Estrada Nova (Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí) nos depósitos do Grupo Ecça (Formação Waterford) da Bacia do Karroo. Tal fato, além da clássica correlação através de *Mesosaurus* entre a Formação Irati e a base do Grupo Ecça Superior, parece realmente apoiar a hipótese de conexão geográfica entre as bacias, ao menos, nos tempos de deposição da parte inferior do Grupo Passa Dois. MARANHÃO (1986), que recentemente analisou bivalves da Formação Corumbataí, deixou a questão sobre a presença de elementos não endêmicos em aberto.

Através das investigações aqui realizadas, julga-se ter constatado algumas novas possíveis correlações com base em bivalves, principalmente no que se refere às assembléias em posição estratigraficamente mais alta da Formação Rio do Rasto. Contudo, deve ser lembrado que as comparações entre os fósseis das diversas regiões fundamentam-se apenas na literatura disponível, cujas descrições e ilustrações nem sempre são esclarecedoras.

Cowperesia emerita parece levemente similar a *Kidodia coxi* Bond (BOND, 1954) da Formação Madumabisa da Bacia do Zambezi (em nível correlacionável à Zona *Tapinocephalus*).

Terraia altissima (e cf. *Terraia* sp.5) lembra "*Carbonicola*" *carinata* Cox (COX, 1936) do "Horizonte Não Marinho" das Camadas Ruhembe da Tanzânia, provavelmente correlacionáveis ao Grupo Beaufort Inferior.

Relogiicola delicata lembra um exemplar de *Palaeomutela oblonga* ilustrado por COX (1932), cuja charneira não está bem preservada. Também tem aspecto externo da concha muito parecido com o de algumas espécies de *Pyramus*, como certos exemplares do Permiano de New South Wales da Austrália apresentados por RUNNEGAR (1974).

Nothoterraia acarinata, quanto à forma externa da concha, é semelhante a "*Carbonicola*" *kidodiensis*, registrado por COX (1936) para o "Horizonte Não Marinho" das camadas Ruhembe da Tanzânia. O mesmo se verifica em relação a ?*Carbonicola recondita* Reed (REED, 1939) da região de Kathwai (em níveis correlacionáveis ao Andar Raniganj).

A possível correlação anteriormente verificada entre as formas determinadas como ?*Palaeomutela* da Formação Rio do Rasto e os representantes deste gênero em outras bacias (MENDES, 1954a) parece confirmada através das novas pesquisas. *Palaeomutela* foi primeiramente descrito nos depósitos continentais da Bacia Oka-Volga e outros depósitos correlacionáveis dos Andares Kazaniano e Tatariano (apud COX, 1932). As comparações foram realizadas com elementos ilustrados das seguintes unidades: Grupo Beaufort Inferior (AMALITSKY, 1895), Formação Madumabisa (BOND, 1954, 1955), Camadas Ruhuhu e Ruhembe da Tanzânia (COX, 1932), Formação Upper Grit da Zâmbia - provavelmente equivalente à Formação Madumabisa Superior (LACEY, 1974), depósitos de Kathwai da Índia - equivalente ao Andar Raniganj (REED, 1939). Também existe leve semelhança entre ? *P. platinensis* e *Kidodia stockleyi* das "Camadas Calcárias" - equivalentes ao Grupo Eccia ou ao Beaufort Inferior (COX, 1936); nesse caso, a forma africana não apresenta denticção bem preservada. Não se verificou boa identidade em relação às formas do Carbonífero e Permiano da Argentina, descritas por FRENGUELLI (1945). ROSSOUW (1970) observou que *Palaeomutela*, *Palaeonodonta* e *Kidodia* do Grupo Beaufort Inferior da África do

Sul e de Malawi (Rodésia) lembrariam formas da Tanzânia, União Soviética, Burma, Ceilão e América do Sul. Estes gêneros (Família Antracosiidae) seriam característicos dos depósitos de água doce do Devoniano ao Permiano. É interessante notar que foi encontrada uma espécie de *Palaeonodonta* na Formação Mount *Glossopteris* em Mercer Ridge, Antártica (BRADSHAW, 1984). Na África, tal gênero freqüentemente ocorre associado a *Palaeomutela*.

Há incertezas se estes efêmeros dados são úteis em termos de correlação bioestratigráfica. De qualquer modo, os resultados obtidos são consistentes em relação às outras informações já disponíveis, ou seja, há uma provável equivalência cronoestratigráfica entre a Formação Rio do Rasto e o Grupo Beaufort Inferior, a Formação Madumabisa e o Grupo Raniganj.

É sugestivo, porém especulativo, afirmar que os componentes da Zona ?*Palaeomutela platinensis*, tais como *Nothoterraia acarinata*, *Reloglicola delicata*, além de ?*Palaeomutela platinensis*, representem imigrantes na região da Bacia do Paraná; de qualquer modo, outros dados paleontológicos parecem descartar a existência de barreiras intransponíveis entre as regiões gondvânicas, ao menos durante certos intervalos do Permiano Superior (ROHN & ROSLER, 1987; vide capítulos referentes a conchostráceos e a megafósseis vegetais, no presente trabalho). No que se refere a *Nothoterraia acarinata*, é necessário lembrar que sua dentição é bastante semelhante à de *Terraia altissima*; portanto, se esta última espécie for endêmica e se *N. acarinata* descende de um ancestral comum, poder-se-ia supor que alguns elementos, filogeneticamente relacionados e já adaptados às condições continentais, tenham dispersado para outras áreas a partir da região da Bacia do Paraná; tal diferenciação e migração já deveria ter começado nas bordas da bacia, antes do início da acumulação dos depósitos atualmente preservados da Formação Rio do Rasto s.s..

5. PALEOAUTOECOLOGIA

Os principais parâmetros para a análise aqui realizada estão fundamentados nos trabalhos de KAUFFMAN (1969), STANLEY (1970, 1972), RUNNEGAR (1974), DODD & STANTON (1981) e SANCHEZ (1984). Algumas das conclusões abaixo levam em conta certos

fatores tafonômicos; dados mais acurados a este respeito são apresentados no item 6 e no capítulo "Bioestratonomia".

Há relativa segurança na interpretação de que *?Palaeomutela platinensis* se desenvolveu em ambiente continental (dada a sua proximidade taxonômica a formas dulcícolas de outras bacias e a sua freqüente associação a conchostráceos). Como *N. acarinata* e *R. delicata* foram encontradas junto a *?P. platinensis*, compondo uma assembléia provavelmente autótona (AF/GP 192, BR 277), a interpretação ambiental mencionada pode ser estendida para estas duas espécies. Entretanto, a associação verificada entre *?P. platinensis* e cf. *C. emerita* (afloramento AF/GP 249) não reflete comprovadamente uma antiga biocenose e seria especulativo extrapolar o dito habitat ainda para esta última espécie. Também não há evidências diretas sobre a natureza do corpo de água que abrigou os bivalves dos níveis estratigráficos mais inferiores da Formação Rio do Rasto.

MC ALESTER & RHOADS (1967) alertaram sobre os riscos de engano nas interpretações ambientais realizadas através dos bivalves. Por exemplo, no Mar Báltico, a profundidades relativamente grandes, foram encontrados bivalves típicos de salinidade reduzida devido ao grande afluxo de água dos rios. Diferenças de tamanho e de espessura das conchas dos indivíduos de uma determinada espécie poderiam refletir desenvolvimento em ambientes de distintas salinidades. Segundo DODD & STANTON (1981), o teor relativamente baixo em carbonato de cálcio das águas salobras deveria ser o responsável pela redução do tamanho e da espessura das conchas, afetando também sua ornamentação. A saturação em carbonato de cálcio da água depende igualmente da temperatura. As conchas de bivalves da Formação Rio do Rasto, de um modo geral, são pouco ornamentadas, delgadas e não atingem grandes dimensões (comprimentos raramente superiores a 2 cm). É notável que algumas assembléias da Zona *L. similis* apresentam apenas elementos de dimensões pequenas enquanto que HOLDHAUS (1918) e MENDES (1954a) encontraram representantes de grande tamanho (figs. 38.6, 38.8, 38.9). Desta maneira, nos casos em que não há evidências de selecionamento das conchas por processos tafonômicos, parece atraente a hipótese de que algumas assembléias reúnem bivalves afetados por condições ambientais bastante desfavoráveis. Tal situação poderia estar relacionada a variações

da salinidade, da energia do meio e da altura da coluna de água, uma vez que não parecem existir evidências de outros fatores negativos - as temperaturas provavelmente eram adequadas e o substrato deve ter sido suficientemente mole e diversificado.

A morfologia das conchas dos bivalves reflete a posição de vida, o modo de locomoção ou de fixação e o modo de alimentação. O hábito depende do suprimento de alimentos, do caráter do substrato e do movimento de água (e menos preponderantemente da altura da coluna de água). Entre os diversos tipos de bivalves atualmente conhecidos, segundo STANLEY (1972), no Paleozóico existiram apenas os seguintes: a) escavadores livres suspensívoros; b) escavadores livres sedimentívoros; c) endobissados; d) de epifauna. STANLEY (1972) observou que muitos gêneros incluem espécies de distintos hábitos de vida.

A tabela 2 resume as principais características das conchas de bivalves da unidade estratigráfica aqui estudada, as quais podem constituir evidências do seu hábito de vida. Os critérios adotados para as interpretações baseiam-se principalmente no trabalho de STANLEY (1970), partindo da premissa de que não houveram significativas alterações quanto à morfologia funcional dos bivalves do Permiano ao Recente. Contudo, STANLEY (1972) observou que determinados hábitos, como o de escavação, ainda não eram exercidos com tanta eficiência pelos bivalves do Permiano. Adicionalmente, o potencial adaptativo dos bivalves (que se reflete na morfologia) é fortemente influenciado por fatores extrínsecos, como a competição, a predação e a estabilidade climática (TEVESZ & MC CALL, 1979). Tais fatores são fundamentalmente distintos na comparação, por exemplo, dos organismos marinhos com os continentais. A estabilidade na maioria dos ambientes de água doce é menor que nos ambientes marinhos normais, implicando na necessidade de que os bivalves apresentem grande tolerância às variações de temperatura, de substrato e de alimentos disponíveis. Em contraposição, nos meios marinhos, geralmente há maiores problemas de predação e de competição; segundo TEVESZ & MC CALL (1979), uma das consequências destes fatores de pressão ecológica seria a restrição dos bivalves marinhos aos leitos arenosos. Em razão a esta variedade de parâmetros responsáveis pelos hábitos dos bivalves, todas as

interpretações aqui realizadas devem ser entendidas em termos relativos.

O caráter equivale das formas da Formação Rio do Rasto, a convexidade máxima próximo à margem dorsal das conchas e a região anterior bem desenvolvida permitem classificar os bivalves como escavadores (cf. STANLEY, 1970; RUNNEGAR, 1974). As conjecturas apresentadas abaixo sobre a eficiência de escavação dos bivalves têm como propósito o possível reconhecimento da estabilidade do substrato e, deste modo, das condições hidrodinâmicas do meio. Segundo MC ALESTER & RHOADS (1967), há bivalves adaptados à escavação nas mais diversas profundidades dos corpos de água. A maioria alimenta-se de partículas em suspensão, principalmente sob condições de águas rasas. Infelizmente, quase todos os bivalves da Formação Rio do Rasto estão preservados como moldes, onde as suas feições internas, tais como a linha palial, o possível sinus palial e as cicatrizes dos músculos adutores raramente são discerníveis. Se fosse possível constatar a presença de pronunciado sinus palial, poder-se-ia supor que o bivalve era dotado de longo sifão, o que indicaria hábito de escavação profunda. A observação deste caráter foi bastante valorizada por SANCHEZ (1984). MENDES (1952) e RUNNEGAR & NEWELL (1971) verificaram que a maioria das espécies das Formações Teresina/Corumbataí não mostram reentrância na linha palial. Apenas *Roxoa intrigans* e *Cowperesia anceps* (= "*Pyramus*" *anceps*), que apresentam sinus palial um pouco mais pronunciado, a priori, poderiam ser consideradas escavadoras profundas. Entretanto, STANLEY (1970) e RUNNEGAR (1974) advertiram que não há relação direta entre o tamanho do sinus palial e o comprimento do sifão. KAUFFMAN (1969) mencionou que os bivalves do Paleozóico Inferior e Médio geralmente não apresentavam sifões ou, no máximo, tinham sifões curtos. Segundo STANLEY (1972), a efetiva radiação dos bivalves escavadores profundos (instalados a profundidades superiores a 10 cm abaixo do leito) só teria ocorrido no Mesozóico. Ao contrário, RUNNEGAR (1974) interpretou que alguns representantes da Família Megadesmidae, de grande importância no Permiano, provavelmente já eram escavadores profundos. Tal família deve incluir *Religiicola delicata* e *Cowperesia emerita*, além de outras espécies do Grupo Passa Dois. É digno de nota que, por outro lado, RUNNEGAR (1974) tenha considerado os gêneros com

dentição cardinal proeminente, incluindo *Pyramus*, como bivalves escavadores rasos; a morfologia externa dos supostos escavadores profundos exemplificados por este autor, exceto sua margem posterior geralmente reta, difere daquela das espécies da Formação Rio do Rasto. Portanto, os dados atualmente disponíveis parecem convergir para a interpretação de que os bivalves aqui estudados eram escavadores rasos.

De acordo com STANLEY (1972), os bivalves do Paleozóico, além de terem sido incapazes de escavar profundamente, provavelmente desenvolviam esta atividade lentamente. Tal deficiência teria prejudicado a ocupação dos substratos freqüentemente retrabalhados e aparentemente promoveu a expansão dos bivalves endobissados, cuja fixação ao substrato deveria ter sido mais estável. STANLEY (1972) sugeriu que as formas endobissadas poderiam ser reconhecidas pelas seguintes características: forma alongada, sinus bissal pronunciado, lado anterior reduzido, porém lobado e convexidade relativamente grande das valvas entre a porção central e a ventral. Ao menos as duas últimas características não parecem existir nos bivalves da Formação Rio do Rasto, provavelmente descartando a hipótese de que estes tenham sido endobissados.

Em *T. altissima*, cf. *Terraia* sp. 1, cf. *Terraia* sp. 2, cf. *Terraia* sp. 3, cf. *Terraia* sp. 4, cf. *Terraia* sp. 5, *Oliveiraia pristina* e *Nothoterraia acarinata* (figs. 38.6-10, 38.14-19), as seguintes características sugerem hábito de escavação em pequena profundidade: a forma alongada, a superfície da região posterior um pouco ou acentuadamente chanfrada, a presença de costa ou a tendência de desenvolvimento de uma aresta dorso-posterior, além da leve rugosidade na superfície externa. Segundo STANLEY (1970), a forma chanfrada seria adequada para o movimento ascendente no substrato, o que poderia refletir uma adaptação à necessidade de escapar freqüentemente a cargas grandes de sedimentos. Adicionalmente, a margem posterior retilínea poderia constituir um excelente indicador da posição de vida dos bivalves: sempre estaria orientada paralelamente à superfície do substrato, um pouco acima desta, para facultar o intercâmbio com o meio aquoso. Entre as formas citadas, aquelas com valvas mais delgadas, menos ornamentadas e menos convexas provavelmente tinham maior capacidade de escavação (ex.: *Terraia altissima*, fig. 38.9). As

formas mais abauladas (ex.: *Nothoterraia acarinata*, figs. 38.25-29), com superfície mais rugosa e concha provavelmente mais espessa devem ter sido escavadores mais lentos. Em alguns afloramentos, particularmente no AF/GP 192, foram encontrados diversos exemplares em orientação discordante ao acamamento. Esta deve representar o sepultamento dos organismos em posição de vida, porém possivelmente modificada no decorrer da compactação dos sedimentos.

A forma muito alongada e a região posterior praticamente aguda de *L. similis* (figs. 38.3-5) poderiam evidenciar que este organismo se orientava com o eixo maior em posição praticamente vertical (cf. STANLEY, 1970). A região posterior chanfrada e a margem posterior reta (de aparência truncada), a exemplo dos casos mencionados acima, devem indicar que os bivalves se mantinham quase que totalmente enterrados, somente com a extremidade posterior acima do substrato. A protuberância no lado anterior poderia indicar uma adaptação aerodinâmica para a escavação mais rápida (cf. STANLEY, 1970). A ornamentação relativamente pronunciada talvez tenha sido desenvolvida como recurso de melhor fixação ao substrato. Estas características, em conjunto, devem refletir ambientes com substratos frequentemente submetidos à erosão ou ao entulhamento.

Considerando apenas os critérios de STANLEY (1970), a forma alongada de ?*P. platinensis* (figs. 38.23-24), a superfície lisa das conchas, sua espessura provavelmente pequena e a charneira delicada (com exceção da convexidade pronunciada), poderiam sugerir que a espécie tenha sido um escavador rápido e relativamente profundo. Contudo, a granulometria geralmente muito fina dos sedimentos dos respectivos depósitos não coaduna com este hábito. EAGER (1974) analisou o modo de vida dos unionídeos atuais e interpretou a posição de vida de algumas espécies de *Carbonicola*, cuja forma se aproxima à de *Palaeomutela*; concluiu que as formas com maior altura, o melhor desenvolvimento do lado anterior e a maior obesidade, como no caso de ?*P. platinensis*, provavelmente teriam apresentado o eixo mais longo das conchas disposto paralelamente e próximo à superfície do substrato; tal hábito, em contraposição ao dos indivíduos em posição de vida vertical, teria sido adquirido em função ao substrato de lama mole e ricamente orgânica. Tal situação deve ser extrapolável a certos

casos da Formação Rio do Rasto, havendo dúvidas somente quanto à abundância de matéria orgânica. No afloramento AF/GP 214, alguns bivalves aparentemente *in situ* encontram-se na dita posição. Segundo EAGER (1974), determinados unionídeos atuais podem "flutuar" aleatoriamente na lama graças às conchas muito delgadas. Tal possibilidade não deve ser descartada em relação a alguns representantes da Formação Rio do Rasto.

As mesmas considerações delineadas acima para *P. platinensis*, aparentemente, podem ser extrapoladas para *R. delicata* (figs. 38.21-22). No entanto, esta espécie apresenta menor convexidade, evidenciando, provavelmente, maior capacidade de locomoção. *R. delicata* mostra algumas das características dos bivalves sedimentívoros: conchas delgadas, pequenas e aerodinâmicas (STANLEY, 1970). Estes bivalves seriam mais comuns nas regiões de águas relativamente profundas (MC ALESTER & RHOADS, 1967).

Cowperesia emerita (figs. 38.11-13) é a única espécie não alongada da Formação Rio do Rasto, merecendo, portanto, outras considerações. De fato, as assembléias que contém esta forma geralmente são monoespecíficas, possivelmente refletindo condições ecológicas ligeiramente distintas daquelas em que se desenvolviam os outros organismos contemporâneos. A morfologia externa de *C. emerita* assemelha-se à das espécies atuais *Nucula proxima* e *Astarte castanea*, as quais podem ficar em posições variáveis no substrato, mas sempre enterrados a profundidades muito pequenas (STANLEY, 1970). Aparentemente, *C. emerita* é mais frequente nos depósitos psamíticos do que nos pelíticos. Se esta situação não for apenas tafonômica, poderia sugerir condições de certa turbulência da água, capazes de mobilizar as conchas, o que deveria ter sido compensado pela eficiência na sua acomodação no substrato. A superfície externa lisa das conchas deve ter oferecido pouco atrito à locomoção. Sua espessura relativamente grande pode ter incrementado ligeiramente sua estabilidade no substrato. Contudo, o contorno aproximadamente circular, segundo STANLEY (1970), seria típico dos elementos com velocidade baixa de escavação. Normalmente, *C. emerita* deveria ter ocupado áreas com águas um pouco menos agitadas que *L. similis* e *T. altissima*.

Em resumo, os bivalves dos níveis estratigráficos mais baixos da Formação Rio do Rasto (Zona *L. similis*) desenvolveram-

se, provavelmente, em águas ligeiramente agitadas. *L. similis* e *T. altissima* apresentavam adaptações para a escavação relativamente rápida, ainda que não profunda, para a fixação ao substrato e para a movimentação ascendente em compensação ao soterramento. Estes bivalves devem ter sido suspensívoros e possivelmente desenvolveram-se sob condições eurihalinas (vide ítem 5 do capítulo "Conchostráceos"). *C. emerita* pode ter habitado áreas com águas um pouco menos agitadas, porém, às vezes, deve ter alcançado os mesmos níveis batimétricos que as espécies com maior eficiência na escavação. Os bivalves da Zona ?*P. platinensis*, provavelmente ocupavam ambientes de água doce calmos, relativamente mais profundos. Algumas áreas aparentemente ofereciam substratos muito moles, talvez tolerados apenas por ?*P. platinensis* e *R. delicata*, os quais podem ter sido sedimentívoros. As litologias pelíticas sugerem a existência pretérita de quantidade grande de partículas argilosas em suspensão próximo à superfície do substrato, geralmente incompatíveis com a atividade normal dos aparelhos de filtração encontrados nos organismos suspensívoros.

6. TAFONOMIA

Praticamente todo o registro conhecido dos bivalves fósseis limita-se às conchas e/ou aos respectivos moldes. A relação espacial entre as duas valvas, assim como o seu estado de preservação podem refletir claramente os processos ocorridos entre a morte e o sepultamento dos organismos. Em geral, se os restos ficam livremente expostos sobre o substrato, à medida em que ocorre a decomposição dos músculos adutores e de outros tecidos do organismo, suas valvas tendem a se abrir como resposta à tensão exercida pelo ligamento (estrutura elástica de conexão entre as valvas na região dorsal). Sob condições aquosas agitadas ou por ressecamento, o ligamento pode se romper, ocasionando a desarticulação definitiva das valvas. Segundo DODD & STANTON (1981), a dentição pode ajudar a manter as valvas articuladas por mais tempo. Se o bivalve é sepultado antes da decomposição das partes moles (ou se permanece na posição de vida no substrato), as valvas podem ser fossilizadas no estado articulado fechado. Na Formação Rio do Rasto, os bivalves fósseis evidenciam distintas situações de sepultamento: ocorrem com valvas fechadas, na posição de vida (fig. 38.25) ou concordantes ao acamadamento (fig. 38.29),

com valvas articuladas abertas (fig. 38.28) ou ainda isoladas (fig. 38.26). Todas as espécies identificadas possuem dentes e respectivas fossetas, porém provavelmente apenas *N. acarinata*, cf. *Terraia* sp. 1 e *T. altissima* apresentam dentição complexa, a qual poderia ter favorecido a manutenção das valvas unidas por tempo mais prolongado.

A orientação das valvas desarticuladas em relação ao acamamento pode refletir as condições hidrodinâmicas do meio. Velocidades de corrente relativamente altas tendem a posicionar as valvas mais abauladas com a sua superfície convexa para cima e, no caso destas apresentarem razoável simetria lateral, podem ser orientadas com o umbo no sentido da corrente (DODD & STANTON, 1981). Entretanto, esta tendência pode ser alterada pela presença de sedimentos finos retidos na superfície côncava das valvas, ou por influência de substratos muito lamosos, fluxos muito turbulentos, forte ação de ondas, acentuada compactação, etc. (FUTTERER, 1978). Entre os bivalves estudados, notou-se que somente em certos níveis do afloramento AF/GP 272 (BR 277) todas as valvas isoladas ocorrem com a superfície convexa para cima. Em diversos afloramentos, há razoável equilíbrio entre o número de valvas posicionadas com a superfície convexa para cima ou para baixo, porém este número pode ser superado pela quantidade de valvas articuladas em posição fechada. Em alguns afloramentos, onde há bivalves muito concentrados, sua orientação pode ser totalmente caótica. Portanto, na maioria dos casos, a disposição dos bivalves não sugere a ação de correntes fortes e duradouras. Normalmente, foi possível contar um número aproximadamente igual de valvas esquerdas e direitas em cada camada. A gama de variação das suas dimensões pode ser grande, indicando pouco ou nenhum selecionamento por fracionamento granulométrico. De uma maneira geral, as conchas não demonstram desgastes e fraturas por impacto. Tais observações parecem descartar, na maioria dos casos, a incidência de repetidos retrabalhamentos ou o transporte prolongado das conchas por correntes. No capítulo "Bioestratonomia" são novamente abordados alguns destes aspectos.

Segundo DRISCOLL (1970), as valvas mais espessas, por processos sedimentares diversos, são mais facilmente sepultadas e incorporadas aos depósitos sedimentares que as delgadas. As conchas que permanecem prolongadamente na interface água-sedimento

podem ser perfuradas por organismos, sofrer abrasão e dissolução. Por outro lado, podem ser incrustadas por epibiontes, o que favorece o aumento de seu peso relativo e a possibilidade de sepultamento. Conforme já mencionado, na Formação Rio do Rasto foram observadas assembléias de bivalves monoespecíficas e multiespecíficas. Nas multiespecíficas pode ocorrer associação de bivalves de conchas espessas e delgadas, grandes e pequenas, todas bem preservadas, sem furos de organismos e sem evidências de incrustações, sugerindo que não houve selecionamento por potencialidade diferenciada de sepultamento. As assembléias monoespecíficas (por exemplo, representadas por *Cowperesia emerita*) provavelmente foram mais condicionadas por fatores ecológicos do que por preservação diferencial. O conjunto de características parece evidenciar sepultamento relativamente rápido de todos os bivalves fossilizados. A única exceção é a ocorrência de alguns bivalves incrustados por estromatólitos nodulares (ROHN & FAIRCHILD, 1986), cuja exposição ao meio obviamente foi mais prolongada.

Embora várias das considerações acima digam respeito às conchas dos bivalves, diversas observações foram realizadas indiretamente porque a maioria dos bivalves da Formação Rio do Rasto está preservada apenas sob a forma de moldes compostos (ROHN, no prelo a). Por exemplo, a espessura das conchas somente foi estimada. Segundo MC ALESTER (1962), o molde composto seria formado pela superimposição dos moldes interno e externo devido à compactação da rocha, após a remoção da concha original por dissolução do carbonato de cálcio. Portanto, durante a diagênese de grande parte dos depósitos com bivalves da Formação Rio do Rasto devem ter predominado condições ácidas. Próximo a Jacarezinho ocorrem conchas recristalizadas e parcialmente silicificadas, em matriz calcífera, denotando a permanência das condições alcalinas em pelo menos alguns estratos (figs. 120, 121). As feições externas freqüentemente estão bem preservadas nos moldes compostos das valvas desarticuladas ou articuladas abertas da Formação Rio do Rasto, porém as feições internas, exceto a dentição, estão obscuras (em raríssimos casos há impressões das cicatrizes dos músculos adutores). Os moldes muitas vezes mostram marcas de pequenas fraturas próximo à margem ventral e na região de máxima curvatura do umbo (fig. 38.28), refletindo quebras das

valvas durante a compactação da rocha e antes da dissolução das conchas. Maior número de fraturamentos ocorreu nas conchas aparentemente mais espessas (ex.: *Nothoterraia acarinata*, figs. 38.26-29), enquanto que as supostamente mais delgadas (ex.: *Religiicola delicata*, figs. 38.21-22) foram submetidas a um achatamento mais pronunciado, sem fraturamento. Os moldes internos, formados entre valvas articuladas fechadas em posição concordante ao acamadamento, geralmente aparecem como uma fina película sedimentar, quase plana, que exhibe numerosas marcas de fraturas caóticas (fig. 38.29). Provavelmente, não houve possibilidade de penetração de quantidade grande de sedimentos entre as valvas fechadas após a decomposição da parte mole dos organismos. As marcas de fraturas demonstram que a compactação provocou colapsamento total das partes que ficaram sem sustentação (partes ocas), tendo sido poupadas apenas as charneiras, as quais estavam apoiadas uma sobre a outra (ROHN, no prelo a). Na Formação Rio do Rasto, os bivalves em posição ortogonal ao acamadamento, encontrados nos arenitos lamíticos muito finos, demonstram que houve uma redução de mais de 50 % do seu comprimento original, porém aparentemente pouca expansão lateral (figs. 38.25, 122.2).

Os exemplares do afloramento AF/GP 170 correspondem a finos contramoldes, constituídos por material argiloso esbranquiçado, aparentemente bastante fiéis às conchas originais (figs. 38.11, 38.13). Neste afloramento, os moldes internos são formados por sedimentos mais grosseiros que a matriz da rocha (fig. 38.11), indicando retrabalhamento das conchas após pequena litificação (ROHN, no prelo a).

Segundo KIDWELL (1986), carapaças calcárias acumuladas em abundância são menos facilmente dissolvidas do que quando dispersas isoladamente na matriz sedimentar. No último caso, principalmente quando os sedimentos estão sujeitos à bioturbação, o valor do pH da água intersticial geralmente abaixa muito com a decomposição microbiana da matéria orgânica. Por outro lado, onde há grandes concentrações de conchas, há maiores espaços intersticiais que permitem o intercâmbio com soluções não saturadas em ácidos orgânicos, além da criação de microambientes mais carbonáticos entre as conchas. KIDWELL (1986) concluiu que, por este fator, a probabilidade de preservação de conchas dispersas é muito pequena. Confirmando estas observações,

constatou-se que na Formação Rio do Rasto raramente ocorrem bivalves muito dispersos na matriz (apenas nos afloramentos AF/GP 79, 212?). Contudo, esta dedução pode ser extremamente tendenciosa pela dificuldade maior em se encontrar fósseis esparsamente distribuídos. Nos casos em que houve preservação de bivalves dispersos, principalmente quando em associação tafonômica a restos vegetais, deve ter ocorrido uma acumulação dos sedimentos suficientemente rápida para ter promovido o seu isolamento dos microorganismos necrófagos. A dissolução das conchas processou-se provavelmente apenas numa fase mais adiantada da diagênese, quando os sedimentos já estavam razoavelmente compactados.

Concluindo, os bivalves que se preservaram nos sedimentos da Formação Rio do Rasto, mesmo quando desarticulados, não evidenciam longo transporte, forte retrabalhamento ou ataque mecânico/químico por outros organismos. Muitos encontram-se com as valvas articuladas fechadas, concordantes ao acamadamento ou mesmo na posição de vida. Na maioria dos casos, os bivalves devem ter sido sepultados rapidamente após a sua morte, a qual muitas vezes deve ter sido catastrófica. A dissolução das conchas provavelmente ocorreu após estágio relativamente avançado da compactação dos sedimentos. Contudo, os bivalves fósseis conhecidos da Formação Rio do Rasto certamente representam apenas uma parte da fauna original. Em algumas regiões e em determinados intervalos podem ter prevalecido condições ambientais que obliteraram completamente o registro destes organismos.

CONCHOSTRÁCEOS

1. HISTÓRICO

O primeiro estudo sobre conchostráceos da Formação Rio do Rasto foi realizado por REED (1929b) que os atribuiu ao Carbonífero ou Permiano e reconheceu sua origem continental. Este autor provavelmente ignorava completamente que estes fósseis eram provenientes de um nível estratigráfico muito próximo ao dos bivalves por ele descritos (REED, 1929a), os quais considerou triássicos marinhos. Esta incongruência foi logo notada por OLIVEIRA (1932) e tentativamente explicada por uma possível amplitude de distribuição de certos taxa de conchostráceos maior na Bacia do Paraná (até o Triássico Superior ?) do que em outras regiões. Somente mais tarde, conforme mencionado acima, MENDES (1945) e outros autores apresentaram razões para atribuir idade mais antiga à Formação Rio do Rasto.

MENDES (1954b) descreveu diversos conchostráceos da formação e de outras unidades geológicas, o que reverteu na reclassificação taxonômica das espécies estudadas por REED (1929b) e na introdução de uma espécie nova.

Em vista da falta de consenso na literatura internacional quanto à classificação dos conchostráceos, as formas encontradas na Formação Rio do Rasto passaram por diversas designações genéricas. Por exemplo, *Leaia unicastata* de REED (1929b) foi incluída em *Monoleiophus* (KOBAYASHI, 1954; MENDES, 1954b), *Inkus* (NOVOJILOV, 1956; CARDOSO, 1965; MENDES, 1967) e *Monoleaia* (TASCH, 1956; ROHN & RÖSLER, 1985; ROHN, 1987).

TASCH (1979a) observou a ocorrência de *Gabonestheria* na parte inferior da Formação Rio do Rasto e, posteriormente (TASCH, 1982) registrou ainda a presença de *Cornia* nesta unidade. Com base nestes e outros gêneros da Bacia do Paraná e de outras regiões, sugeriu hipóteses de reconstruções geográficas e de correlação estratigráfica.

Com o desenvolvimento da presente dissertação, foram descobertos conchostráceos em 69 localidades, incluindo 7 formas anteriormente não conhecidas, descritas em ROHN & RÖSLER (1985) e ROHN (1987).

2. LISTA DAS ESPÉCIES

No presente trabalho, são consideradas válidas as seguintes espécies (REED, 1929b; MENDES, 1954b; TASCH, 1956, 1979a; ROHN & ROSLER, 1985; ROHN, 1987):

- Monoleaia unicostata micropolygonata* Rohn - (figs. 39.15-19, 39.46-47)
- M. unicostata timboensis* Rohn - (figs. 39.20-22)
- Paranaleaia supina* Rohn - (figs. 39. 23-25)
- Asmussia regularis* (Reed) - (figs. 39.28-32)
- Asmussia* sp. em ROHN (1987) - (figs. 39.33-44)
- Cyzicus (Euestheria)* sp. em ROHN (1987) - (figs. 39.26-27)
- Cyzicus (Lioestheria)* sp. em ROHN (1987) - (figs. 39.40-41)
- Cyzicus (Eustheria) langei* (Mendes)
- Cyzicus* sp. em ROHN (1987) - (figs. 39.35-36)
- Gabonestheria* sp. em TASCH (1979a) e em ROHN (1987) - (figs. 39.37-39)
- Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed) - (fig. 39.42)
- cf. *Palaeolimnadiopsis* sp. em ROHN (1987) - (fig. 39.43)
- Palaeolimnadia (Palaeolimnadia)* sp. em ROHN (1987) - (figs. 39.44-45)

Abstraiu-se da lista a espécie *Leaia pruvosti* Reed porque se cogita a possibilidade de que haja algum engano quanto à procedência da única amostra analisada por REED (1929b). Exaustivas coletas realizadas na localidade-tipo da espécie (AF/GP 193, Poço Preto), tanto por MENDES (1954b), como por Silvia Czajkowski, Eleuze A. Mendonça e pela autora da presente dissertação, não lograram na obtenção de novos exemplares. Contudo, a ocorrência da espécie não deve ser totalmente descartada, uma vez que no mencionado afloramento a espécie *P. subalata* também está muito mal representada (cerca de 5 %).

3. BIOESTRATIGRAFIA

Anteriormente ao desenvolvimento do presente estudo, os conchostráceos estudados eram provenientes de apenas 5 localidades da Formação Rio do Rasto (REED, 1929a; MENDES, 1954b; TASCH, 1979a, 1982), o que não permitiu a proposta de esquemas de distribuição bioestratigráfica. TASCH (1979a) apresentou algumas considerações a este respeito.

Os conchostráceos da Formação Rio do Rasto podem ser distribuídos em 5 zonas (Tabela 4). Três destas zonas abrangem praticamente todas as espécies e ocorrências de conchostráceos da unidade. As outras duas zonas são menos expressivas em termos de representatividade e definição das espécies.

Zona *Cyzicus* sp.

Definição: amplitude aproximada de ocorrência de *Cyzicus* sp. (em ROHN, 1987).

Limite inferior: aparecimento de *Cyzicus* sp..

Limite superior: aparecimento de *Monoleaia unicastata micropolygonata* Rohn.

Espécies componentes: *Cyzicus* sp. e *Asmussia* sp. (em ROHN, 1987).

Equivalência estratigráfica: 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* Rohn, constituindo sempre assembléias monoespecíficas de conchostráceos.

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

Limite superior: aparecimento de *Paranaleaia supina* Rohn.

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 final do Kazanian Superior e início 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 controlado fortemente por fatores ecológicos, pois a instalação de *M. unicastata* na região da bacia pode ser considerada repentina: é muito abundante desde os níveis mais baixos de ocorrência e coincide praticamente com o aparecimento dos lamitos argilosos cor-de-vinho e não calcíferos (porém, a espécie também foi encontrada em siltitos cinza arroxeados calcíferos em outras zonas de níveis estratigráficos mais altos).

Zona Paranaleaia supina-Asmussia sp.

Definição: intervalo de freqüente associação de *P. supina* Rohn e *Asmussia sp.* (em ROHN, 1987).

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 AF/GP 230 (próximo a Jacarezinho), *P. supina* e *Asmussia sp.* não foram encontrados nos mesmos níveis que *Monoleaia unicastata micropolygonata*. Uma situação mais comum, como no afloramento AF/GP 199 (estrada Reserva-Cândido de Abreu), é a ocorrência de pacotes praticamente alternados com as duas primeiras espécies e a última. De qualquer modo, *M. unicastata micropolygonata* é bem menos abundante nesta zona do 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*, descrito e ilustrado por MENDES (1954b); não foi possível recuperar a localização do respectivo jazigo.

Zona *Asmussia regularis*

Definição: amplitude de ocorrência de *Asmussia regularis* (Reed)

Limite inferior: aparecimento de *A. regularis*.

Limite superior: desaparecimento de *A. regularis* (praticamente coincidente com o desaparecimento de *M. unicastata micropolygonata*).

Espécies componentes: *A. regularis*, *P. supina*, *M. unicastata micropolygonata* 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* frequentemente ocorrem associados, tendo sido encontrados 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 3 partes. A primeira apresenta uma abundância expressiva em formas, principalmente *A. regularis*. A segunda subdivisão corresponde à Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*, definida a seguir. A terceira subdivisão 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 destas espécies, por estas serem procedentes da região da Serra do Cadeado, muito compartimentada por falhamentos.

Intervalo de Conchostráceos Superior

Este intervalo ainda não é formalmente definido como zona porque nenhum dos seus componentes foi identificado a contento. Aparentemente, tem-se ao menos cf. *Asmussia regularis*, encontrado bem próximo ao topo da Formação Rio do Rasto, na BR 376. Provavelmente, há uma outra espécie na PR 90, aproximadamente neste 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.

4. POSSÍVEIS CORRELAÇÕES

KOBAYASHI (1954) comentou que os conchostráceos comumente teriam sido endêmicos nas diversas regiões bacinais, o que dificultaria sua aplicabilidade nas correlações intercontinentais. Por outro lado, mencionou que algumas espécies teriam sido pandêmicas. TASCH (1979b, 1981, 1982) manifestou maior otimismo quanto às correlações com base em conchostráceos, porém utilizou, para as suas interpretações, alguns gêneros com amplitude de distribuição, às vezes, do Carbonífero ao Cretáceo. Adicionalmente, há muitas controvérsias entre os diversos autores em relação à sistemática dos conchostráceos, resultando em grandes dificuldades na avaliação das possíveis afinidades entre as espécies. As nomenclaturas utilizadas pelos americanos, franceses, soviéticos e chineses diferem bastante entre si. Procurou-se homogeneizar os dados através do estabelecimento de uma escala de prioridades dos critérios de classificação (ROHN, 1986). Esta tentativa demonstrou, por exemplo, que *Palaeolimnadiopsis* da Formação Rio do Rasto (ROHN, 1987) é bastante distinto dos representantes triássicos do gênero da Bacia de Sydney e do Cretáceo do Brasil, não podendo ser utilizado, sem o devido cuidado, para inferir rotas migratórias ou a evolução filogenética do grupo. Dificuldades maiores de comparação parecem existir quanto a *Palaeolimnadia* e *Cyzicus*. KOZUR & SEIDEL (1983b), da Alemanha Oriental, verificaram que as faunas de conchostráceos triássicos do Hemisfério Norte mostrariam boa relação às

assembléias de Angola, do Zaire e da Índia, e não às da Austrália, Antártica e América do Sul; no entanto, percebe-se nitidamente que estes autores não tiveram acesso a alguns importantes trabalhos, como o de KATOO (1971) sobre os conchostráceos da Formação Santa Maria do Rio Grande do Sul.

Em resumo, no que tange à presente dissertação, parecem ser significativas apenas as seguintes comparações:

A. regularis (figs. 39.28-32) da Formação Rio do Rasto parece bastante similar a *A. loockii* de "Cave Sandstone" da África do Sul (TASCH, 1984); também é relativamente semelhante a *Pseudoasmussia* sp. A e *Pseudoasmussia* sp. B figuradas por KATOO (1971), da Formação Santa Maria; ainda lembra ligeiramente *Isaura* cf. *mangliensis* da Formação Madumabisa Superior (BOND, 1955) e *Estheria* (*Euestheria*) *lerichei* da unidade Cassange III de Angola, aproximadamente equivalente ao Grupo Stormberg da África do Sul (MARLIÈRE, 1950).

Asmussia sp. (figs. 39.33-34) (em ROHN, 1987) assemelha-se a alguns exemplares considerados como *Estheria mangliensis* em TEIXEIRA (1947, por exemplo, est. V, fig. 5) do Cassange III. Porém, outros exemplares incluídos em *E. mangliensis* parecem apresentar uma costa muito incipientemente desenvolvida (por exemplo, est. IV, figs. 1, 2, 4, est. V., fig. 1, 3) e o seu caráter geral aproxima-se mais ao de *M. unicostata* (figs. 39.15-22). Esta espécie da Formação Rio do Rasto difere de todos os representantes de *Monoleaia* do Carbonífero e/ou do Permiano Inferior (TASCH, 1969; TASCH & JONES, 1979), com exceção de *M. monocarinata* do Andar Tatariano da União Soviética (KOBAYASHI, 1954; TASCH, 1969). *M. unicostata* também lembra *Monoleiophus unicostatus* em RAYMOND (1946), do Pensilvaniano dos Estados Unidos (não o exemplar da ilustração 54.3b em TASCH, 1969) e *Massagetes karangandensis* do Carbonífero Superior da União Soviética (apud TASCH, 1969). Segundo KOBAYASHI (1954), as formas com uma costa pósterio-dorsal teriam resultado da tendência de desaparecimento da costa anterior durante a evolução das formas com um número maior deste tipo de estrutura. O contorno externo e o padrão das bandas de crescimento de *Pseudestheria* sp. de KATOO (1971) da Formação Santa Maria são praticamente iguais ao de *M. unicostata*; a região posterior da valva figurada está muito deformada, não devendo ser

descartada a possibilidade de existência de uma costa vestigial também nesta espécie triássica.

Gabonestheria sp. (figs. 39.37-39) lembra *Estheria* (*Pemphyciclus*) *gabonensis* do Carbonífero Superior e Permiano Inferior do Gabão (MARLIERE, 1950), porém é pouco semelhante ao exemplar de *G. gabonensis* do Cassange II de Angola, ilustrado por TASCH (1982). Por outro lado, assemelha-se bastante a *P. (Palaeolimnadia) banksia* de "Ross Sandstone" da Tasmânia (TASCH, 1975), correlacionável ao Grupo Rewan Inferior da Austrália.

Cyzicus (Lioestheria) sp. (figs. 39.40-41) lembra ligeiramente *Estheria (Bairdestheria) kasaiensis* de "Lualaba II" do Congo Belga, equivalente ao Grupo Beaufort Médio (MARLIERE, 1950).

Cyzicus (Eustheria) sp. (figs. 39. 26-27) é levemente semelhante a *Estheria (Euestheria) anchietai* em MARLIERE (1950) do Cassange I de Angola, aproximadamente equivalente ao Grupo Beaufort Inferior, e a *C. (Euestheria) stockleyi* da Formação Clarens da África do Sul (TASCH, 1984).

Palaeolimnadiopsis subalata (fig. 39.42) é levemente semelhante a *P. tasmanii* da Formação Knocklofty da Tasmânia, correlacionável ao Grupo Rewan Médio (TASCH, 1975), porém parece distinta de todas outras espécies incluídas no gênero.

Conforme comentado anteriormente, há dúvidas se *Leaia pruvosti*, descrito por REED (1929b) realmente foi coletado em depósitos da Formação Rio do Rasto. Ainda assim, vale destacar que é notável a sua semelhança a *Hemicycloleaia sessani* da Formação Madumabisa Médio da África (BOND, 1955).

KOZUR & SEIDEL (1983a) apresentaram um trabalho bastante abrangente sobre os conchostráceos do "Buntsandstein" Inferior e Médio (Triássico Inferior). Embora as ilustrações disponíveis do trabalho estejam muito mal reproduzidas, nota-se um grau significativo de semelhança às formas da Formação Rio do Rasto. Por exemplo, *Paranaleaia* (figs. 39.23-25) lembra o gênero *Falsica*.

Das comparações acima, conclui-se que quase todas as formas com ligeira afinidade às da Formação Rio do Rasto são de idade triássica. No entanto, justamente a forma mais característica da unidade - *M. unicastata* - tende a indicar idade provavelmente mais antiga (excetuando a espécie *Monoleaia monocarinata* do Tatariano da União Soviética e as formas com possível costa do Cassange III

e da Formação Santa Maria). As semelhanças e as diferenças entre os conchostráceos comparados não são suficientes para o estabelecimento de correlações interbaciais detalhadas, nem para rotular, por outro lado, a fauna como endêmica. Uma das possíveis razões da aparente potencialidade baixa dos conchostráceos nas correlações pode ser a significativa variação vertical da composição das assembléias. As espécies com menor amplitude vertical de ocorrência obviamente apresentam menor probabilidade de serem descobertas nos depósitos correlacionáveis. Segundo KOBAYASHI (1954), a diversificação dos conchostráceos no registro geológico aparentemente sempre se procedeu quando houve um intervalo de isolamento de uma bacia, geralmente condicionado por fatores tectônicos. No entanto, é digno de nota que justamente os representantes da Subzona *P. subalata*, de amplitude de ocorrência pequena e considerável diversidade, apresentem maior afinidade a espécies de outras bacias. Tal fato sugere que houveram condições ambientais favoráveis à migração e não à especiação, não obstante destas ocorrências coincidirem estratigraficamente com evidências de um possível levantamento sindeposicional da região de Reserva (vide capítulo "Paleoambientes"). Ainda é necessário lembrar que a quantidade de formas do Permiano Superior conhecidas através da literatura disponível é relativamente pequena.

5. PALEOECOLOGIA

Os conchostráceos atuais vivem em ambientes límnicos ou mais raramente salobros, geralmente em corpos de água rasos e de pequenas dimensões (RAYMOND, 1946; KOBAYASHI, 1954; TASCH & ZIMMERMAN, 1961; REIBLE, 1962; TASCH, 1969; WEBB, 1979; KOZUR & SEIDEL, 1983b; FRANK, 1988). Estes corpos de água podem corresponder a lagos permanentes ou poças temporárias, das regiões litorâneas (WEBB, 1979) às grandes altitudes (HALLOY, 1979), ou eventualmente representam as margens ou baías de alguns rios caudalosos (REIBLE, 1962). Normalmente, os conchostráceos necessitam de águas ligeiramente alcalinas, oxigenadas e quentes (13-25°C), havendo também exceções. KOBAYASHI (1954) verificou que a distribuição dos conchostráceos atuais está intimamente relacionada às isotermas de verão. FRANK (1988) assinalou que os conchostráceos são mais comuns em regiões quentes subáridas.

TASCH (1969), WEBB (1979) e outros autores mencionaram que conchostráceos fósseis foram esporadicamente encontrados junto a fósseis marinhos, embora estes organismos já devessem ter ocupado os ambientes continentais pelo menos desde o Devoniano (RAYMOND, 1946; KOBAYASHI, 1954) ou Carbonífero (TASCH, 1969). TASCH (1969) apresentou 3 explicações para estas ocorrências: a) os conchostráceos ter-se-iam desenvolvido em lagos próximos a linhas de costa flutuantes; b) os ovos dos conchostráceos poderiam ter sido dispersos para os estuários; c) nos eventos de inundação, os conchostráceos poderiam ter sido despejados para o mar.

Em relação à Formação Rio do Rasto, ainda não foi descrito qualquer fóssil que indique condições deposicionais efetivamente marinhas. Conforme discutido acima, são admissíveis condições eurihalinas para o ambiente deposicional respectivo aos bivalves dos níveis mais inferiores da Formação Rio do Rasto. Por outro lado, os bivalves da Zona *Palaeomutela platinensis* provavelmente são de ambientes de água doce. Os conchostráceos foram encontrados misturados com estes últimos bivalves, porém nunca exatamente no mesmo nível daqueles da Zona *Leinzia similis*. A relação mais próxima foi observada no afloramento AF/GP 241, onde os bivalves da Zona *L. similis* ocorrem num nível imediatamente sobreposto ao depósito que contém conchostráceos da Zona *Cyzicus* sp.. Desconsiderando os possíveis fatores tafonômicos, parece que os conchostráceos corroboram as interpretações sugeridas pelos bivalves, pois a sucessão observada no afloramento AF/GP 241 poderia evidenciar variações periódicas da salinidade.

Segundo WEBB (1979) e FRANK (1988), os conchostráceos atuais seriam suspensívoros, alimentando-se principalmente de algas. Contudo, REIBLE (1962) mencionou que alguns seriam sedimentívoros e ainda outros se alimentariam de pequenos organismos. De qualquer modo, aqui interessa que os conchostráceos atuais comumente são escavadores eficientes na lama, tanto para a alimentação, como para a proteção às temperaturas eventualmente baixas (HALLOY, 1979; WEBB, 1979). FRANK (1988) mencionou que alguns limnadiídeos atuais são nadadores ativos.

Os conchostráceos teriam pouca defesa aos predadores (principalmente peixes), o que justificaria sua preferência aos corpos de água restritos (WEBB, 1979; FRANK, 1988). Como estes corpos muito rasos geralmente acabam por ressecar, algumas

espécies desenvolveram a capacidade de produção de ovos resistentes ao ressecamento (por mais de 15 anos), ao congelamento (até -3°C) e ao calor (até 60°C), os quais facilmente podem ser dispersos pelo vento (WEBB, 1979). Algumas espécies atuais são dispersas por animais (peixes, pássaros), passando pelo seu trato intestinal (FRANK, 1988). Em determinadas espécies atuais, o ressecamento dos ovos seria uma condição essencial no seu ciclo de vida (HALLOY, 1979; WEBB, 1979). TASCH & ZIMMERMAN (1961) e WEBB (1979) constataram que num corpo de água geralmente só há uma espécie de conchostráceos e nunca mais de uma espécie de um mesmo gênero. Entretanto, no registro fóssil, às vezes, há duas ou mais espécies num mesmo nível sedimentar. Na Formação Rio do Rasto, cerca de 64 % das ocorrências de conchostráceos são monoespecíficas; em 18 % dos depósitos aparecem 2 espécies (de distintos gêneros) e em 18 % ocorrem 3 ou mais espécies (de distintos gêneros). WEBB (1979) procurou explicar a incidência de mais de uma espécie num mesmo nível pela mistura de gerações depositadas em vários anos ou pelos erros de identificação. TASCH (1969) já admite a presença de mais de uma espécie, porém prefere a hipótese da mistura de populações não contemporâneas. KOZUR & SEIDEL (1983b) consideraram possível a coexistência de 2 ou mais espécies, com a ressalva de que este fato seria muito raro; exploraram um exemplo em que certa espécie teria substituído duas outras a cada vez em que as condições da água passaram de límnicas para salobras. Na Formação Rio do Rasto, as ocorrências com até 4 espécies de conchostráceos num mesmo nível sedimentar são incontestáveis. Contudo, é discutível se estas associações são apenas tafonômicas ou se representam uma biocenose (o assunto volta a ser considerado no capítulo "Paleoambientes"). De um modo ou de outro, esta situação provavelmente não se configuraria num corpo de água de pequenas dimensões. Na Formação Rio do Rasto, não há registro de depósitos interpretáveis como corpos de água muito pequenos e muito rasos submetidos a ressecamento. Se os corpos de água foram extensos e permanentes, tanto poderiam ter acomodado faunas de conchostráceos mais diversificadas (não apenas as espécies oportunistas), como poderiam ter constituído níveis de base locais, com maior probabilidade de aporte de organismos de diversas procedências. Outro aspecto que apoia esta hipótese é o reconhecimento de que muitos depósitos aparentemente incluem

conchostráceos adultos. Portanto, os respectivos corpos de água devem ter durado, ao menos, o tempo suficiente para o desenvolvimento ontogenético completo dos indivíduos. TASCH & ZIMMERMAN (1961) estimaram a longevidade mínima de certas espécies de conchostráceos, considerando que o número de linhas de crescimento refletiria o número de ecdises e que cada ecdise ocorreria em intervalos de 1 a 6 dias. Através deste método, calcula-se que o crescimento dos conchostráceos da Formação Rio do Rasto poderia ter abarcado algumas semanas até 4 ou 5 meses. Entretanto, este procedimento é bastante especulativo, uma vez que o intervalo de ecdise varia com a espécie, o estágio ontogenético, as condições de temperatura, de nutrientes, etc (WEBB, 1979). Mesmo se a longevidade dos conchostráceos fosse mais precisamente determinável, o cálculo da duração dos corpos de água continuaria discutível pois os conchostráceos concentrados num nível não representam obrigatoriamente uma única geração (WEBB, 1979). No estudo dos conchostráceos do afloramento AF/GP 79, próximo a Dorizon (ROHN & RÖSLER, 1985) foi demonstrada a ocorrência conjunta de indivíduos de diversos estágios ontogenéticos, o que poderia sugerir morte catastrófica dos seus elementos mais jovens, porém, provavelmente não por ressecamento do corpo de água.

Em relação à carapaça dos conchostráceos, podem ser apresentadas algumas interpretações paleoautoecológicas. Segundo KOZUR & SEIDEL (1983b), nas rochas sedimentares de granulometria muito fina (argilitos e siltitos muito finos) geralmente ocorrem as formas mais delicadas; se as espécies são caracterizadas por costas, estas estruturas são muito fracamente desenvolvidas, embora os limites entre as bandas de crescimento sejam proeminentes. Nas litologias levemente mais grosseiras, as espécies geralmente têm caráter mais robusto e as costas são bem desenvolvidas. Tanto a litologia, como o caráter dos conchostráceos refletiria a hidrodinâmica do meio. Na Formação Rio do Rasto, os conchostráceos da espécie *M. unicastata* quase sempre ocorrem em lamitos, porém foi possível notar diferenças quanto à proeminência da costa, até nos elementos de um mesmo depósito (ex.: AF/GP 79, ROHN & RÖSLER, 1985). Em alguns casos, verificou-se que as diferenças são apenas virtuais, pelo efeito distinto da compactação. De qualquer modo, conforme as características morfológicas das carapaças, julga-se que *M. unicastata* e

Gabonestheria sp. tenham sido alguns dos elementos mais resistentes à turbulência da água e *P. (Palaeolimnadia)* sp., uma das formas mais sensíveis. *Cyzicus* sp. quase sempre foi encontrado em litologias ligeiramente arenosas e raramente nos lamitos; se a situação não for apenas tafonômica, esta forma talvez estivesse adaptada a condições um pouco mais turbulentas que os outros conchostráceos. *A. regularis* e *P. supina* excepcionalmente foram encontrados em litologias com evidências de atividades de ondas (AF/GP 249 e 305).

KOBAYASHI (1954) sugeriu que a presença de espinhos nas carapaças de algumas formas do Permiano Superior poderia significar uma adaptação ao clima árido. É notável que no afloramento AF/GP 309, na Serra do Cadeado, os espécimes considerados como cf. *M. unicastata micropolygonata* apresentam espinhos sobre a costa (figs. 39.46-47). Esta observação coaduna com as outras evidências de clima seco. Nas Formações Teresina e Corumbataí também foram encontrados conchostráceos com espinhos (*Acantholeaia regoi* Almeida apud MENDES, 1967).

Diversos autores enfatizaram a importância das altas temperaturas para crescimento acentuado das valvas (KOBAYASHI, 1954; KOZUR & SEIDEL, 1983b). Notou-se que os conchostráceos da Formação Rio do Rasto com as maiores dimensões foram coletados no afloramento AF/GP 183 (Poço Preto; figs. 39.28, 39.42). Destaca-se ainda a espécie cf. *Palaeolimnadiopsis* sp., de grande porte (fig. 39.43), do afloramento AF/GP 302 (estrada Reserva-Cândido de Abreu). Estas ocorrências concentram-se em níveis estratigráficos aparentemente próximos, sendo significativa ainda a presença de outras espécies (Subzona *P. subalata*), não encontradas nas porções restantes da formação. Conforme já mencionado, alguns dos conchostráceos desta subzona mostram um razoável grau de semelhança a representantes de outras bacias. É possível que, durante o intervalo considerado, tenha havido um "ótimo" climático para a maior proliferação dos conchostráceos.

6. TAFONOMIA

Na Formação Rio do Rasto, as carapaças originais dos conchostráceos, provavelmente quitinosas ou calco-quitinosas (TASCH, 1969), não foram preservadas, estando representadas por moldes compostos, da maneira descrita para os bivalves. A

superfície dos moldes, às vezes, tem concentração um pouco maior de óxidos/hidróxidos de ferro ou pode estar recoberta por uma película carbonática. Contudo, diversas observações realizadas através dos moldes podem ser extrapoladas para as carapaças.

Segundo TASCH (1969), as carapaças dos conchostráceos atuais são atadas ao corpo por um estreito ligamento e por um forte músculo adutor. M. A. J. DE CARVALHO (comun. verbal) verificou que a desarticulação das carapaças dos conchostráceos, após a decomposição das suas porções "moles", ocorre com bastante dificuldade (não como nos bivalves), por estas permanecerem acopladas ao dorso do exoesqueleto do animal. Entretanto, KOBAYASHI (1954) e REIBLE (1962) mencionaram que a manutenção das valvas em estado conjugado é rara. TASCH (1969) também fez referência à separação de valvas, sem ter comentado qualquer tipo de restrição biológica intrínseca ao processo. Segundo WEBB (1979), as carapaças de conchostráceos atuais têm durabilidade limitada, principalmente as mais finas, sendo muito sensíveis ao transporte. Ainda assim, as carapaças poderiam flutuar e seriam transportáveis sem danos por grandes distâncias nos casos em que gases ficassem alojados entre as valvas ainda conjugadas. Em *Monoleala uncostata* da Formação Rio do Rasto (ROHN, 1987) foi constatada uma estrutura póstero-dorsal bastante tênue que pode estar relacionada à articulação das valvas (fig. 39.15). Sua aparência frágil permite sugerir que as valvas desta espécie podiam ser separadas com relativa facilidade. Investigações nesse sentido não lograram a identificação de estruturas similares para as outras espécies da Formação Rio do Rasto. Verificou-se apenas que a maioria dos conchostráceos ocorre com as valvas em posição fechada, perfeitamente sobrepostas ou levemente deslocadas (figs. 39.15, 39.20), geralmente bem preservadas. Ocorrem alguns com as valvas conjugadas abertas (fig. 39.31, 39.44). Em todos os casos, as valvas estão dispostas concordantemente ao acamadamento. Em alguns afloramentos, como em AF/GP 183, 216 e 284, foram encontradas valvas tanto isoladas como articuladas num mesmo nível sedimentar. Embora não se tenha conhecimento claro sobre os parâmetros envolvidos na desarticulação das carapaças, parece razoável admitir que estes conchostráceos não foram afetados significativamente por agentes de transporte ou de retrabalhamento. MENDES (1954b) também julgou que a presença de

conchostráceos com as duas valvas justapostas sugeriria condições deposicionais relativamente calmas. No afloramento AF/GP 214 foram encontrados prováveis moldes de ovos de conchostráceos, posicionados na porção centro-dorsal das valvas (fig. 39.22). Os ovos dos conchostráceos atuais podem permanecer aderidos à carapaça das fêmeas pela presença de muco (WEBB, 1979), porém provavelmente não nos meios muito agitados. Portanto, a presença dos ovos seria mais uma evidência de condições hidrodinâmicas não excessivamente energéticas. Deste modo, a interpretação de para-autoctonia ou de "biocenose" aparentemente é aceitável em relação a algumas associações da Formação Rio do Rasto, mesmo quando representadas por duas ou mais espécies.

Ao contrário do esperado, a disposição fechada das valvas de muitos conchostráceos analisados não deve ter constituído empecilho ao preenchimento da cavidade interior por sedimentos, pois são comuns moldes internos relativamente volumosos. Estes, por sua vez, evitaram grandes deformações e/ou fraturamentos das carapaças durante a compactação dos sedimentos. Esta situação difere da verificada para os bivalves com valvas articuladas fechadas, a qual frequentemente resultou no seu colapsamento. Normalmente, os moldes internos (na realidade, compostos) dos conchostráceos soltam-se facilmente da rocha. Sem analisar a "parte" e a "contraparte" de cada amostra, os moldes externos (também compostos) muitas vezes suscitam dúvidas se os indivíduos estavam preservados como valvas conjugadas ou como valvas isoladas.

MEGAFÓSSEIS VEGETAIS

1. HISTÓRICO

Há diversas referências sobre megafósseis vegetais da Formação Rio do Rasto, porém poucas amostras mereceram estudos paleobotânicos adequados.

OLIVEIRA (1918) foi um dos primeiros pesquisadores que se interessou pela taoflora da formação, tendo consultado R. Zeiller quanto à identificação de exemplares de um nível sotoposto ao dos bivalves estudados por HOLDHAUS (1918) da localidade Serrinha. Zeiller corretamente concluiu que os fósseis constavam em elementos da Flora *Glossopteris*, de idade permo-triássica ou permiana superior, porém, estes dados devem ter passado praticamente despercebidos pelos estratígrafos da época. Enquanto o Rio do Rasto era considerado triássico, aparentemente, somente OLIVEIRA (1927) registrou mais uma glossopterídea. Por exemplo, DOLIANITI (1945), num estudo superficial de restos vegetais da região de Platina, julgou os depósitos como mesozóicos. Esta tendência apenas terminou com as revisões da classificação da fauna. Sucederam-se diversos trabalhos com novas listas de fósseis vegetais da Formação Rio do Rasto, inclusive glossopterídeas, mas sem as respectivas descrições ou ilustrações. Destaca-se apenas a correlação sugerida por MAACK (1952), com base em megafósseis vegetais, entre a "Formação" Esperança (Tabela 1) e o Grupo Beaufort Inferior da África. BARBOSA (1958) estendeu a correlação à Flora Raniganj da Índia e de Newcastle da Austrália.

MENDES (1954a) praticamente pela primeira vez figurou adequadamente megafósseis vegetais da formação.

MANIERO (1954) e JAPIASSU (1970) descreveram troncos fósseis silicificados, respectivamente, do centro do Estado do Paraná e do centro-sul de Santa Catarina, de localidades atribuídas à Formação Rio do Rasto. O afloramento mencionado por MANIERO (1954) deve equivaler à Formação Teresina. O modo de preservação do tronco estudado por JAPIASSU (1970) também suscita estranheza quanto à sua procedência estratigráfica (troncos silicificados normalmente foram encontrados na Formação Teresina ou nas unidades correlacionáveis).

RIGBY (1970) apresentou mais um trabalho de revisão, tendo utilizado os dados de OLIVEIRA (1918), DOLIANITI (1945) e MENDES

(1954a). A lista inclui ?*Noeggerathiopsis hislopil*, *Pecopteris paranaensis*, *Glossopteris browniana*, *G. angustifolia*, *Glossopteris* sp. (provável *G. communis*), *Gangamopteris* sp. (provável *G. obovata*), *Paracalamites australis*, *Pecopteris* sp., ?*Sphenopteris hughesi* e *Taeniopteris* cf. *feddeni*. Nota-se que muitas destas espécies são típicas da Formação Rio Bonito do Grupo Tubarão, cuja taoflora era melhor conhecida na época da elaboração da sua listagem. Com o desenvolvimento da presente pesquisa, praticamente nenhuma das identificações de RIGBY (1970) pôde ser confirmada.

BORTOLUZZI (1975) descreveu *Dichophyllites* sp. e *Paracalamites* sp. da localidade-tipo do Membro Morro Pelado.

RÖSLER (1978a) noticiou a descoberta de afloramentos fossilíferos da Formação Rio do Rasto nos cortes de estrada entre Paulo Frontin e Mallet (PR), tendo registrado formas até então desconhecidas de *Sphenophyllum* e ? *Dizeugotheca*; entre os afloramentos pesquisados, destaca-se o AF/GP 79 pela enorme riqueza em megafósseis vegetais, o que constituiu um dos motivos da escolha do presente tema da dissertação. RÖSLER & OLIVEIRA (1978) apresentaram uma lista preliminar dos megafósseis vegetais da principal localidade de ocorrência (afloramento AF/GP 79). O caráter original de tal assembléia motivou RÖSLER (1978b) a ampliar o seu esquema bioestratigráfico informal apresentado para as unidades neopaleozóicas mais antigas (RÖSLER, 1973). Os megafósseis vegetais da Formação Rio do Rasto equivaleriam à Taoflora E, abarcando as mais jovens ocorrências de *Glossopteris* da Bacia (Kazaniano Superior ao topo do Tatariano). RÖSLER (1976a) comentou que os vegetais fósseis e as litologias sugeririam condições de aridez crescentes no Permiano Superior.

CAZZULO-KLEPZIG (1978) apresentou um estudo bastante abrangente da taoflórula da localidade-tipo do Membro Morro Pelado, além de descrições litológicas e das respectivas interpretações. Descreveu *Schizoneura gondwanensis* Feistmantel, *Dizeugotheca bortoluzzii* Cazzulo-Klepzig, *Pecopteris opposita* Cazzulo-Klepzig, *Pecopteris pedrasica* Read, *Sphenopteris alata* (Brongniart), *Sphenopteris lobifolia* Morris, *Paracalamites australis* Rigby, *Glossopteris indica* e *Noeggerathiopsis hislopil* (Bunbury) Feistmantel. Os vegetais indicariam condições ambientais úmidas, com sombra abundante, solo frouxo e poucos nutrientes; ter-se-iam desenvolvido, provavelmente, em barrancos de rios ou

solos pantanosos, mesmo em presença de lâmina de água. O clima deveria ter sido temperado, com certa ciclicidade. A autora sugeriu correlação com a Flora Raniganj da Índia e a do Grupo Beaufort da África do Sul.

CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA (1981) descreveram pecopterídeas, *S. gondwanensis* e *P. australis* de uma afloramento da Serra do Cadeado (PR) e sugeriram que a tafoflórula representaria uma fase posterior à extinção das glossopterídeas.

Com o desenvolvivmento da presente pesquisa, foram coletados megafósseis vegetais em numerosos afloramentos da área estudada e aproveitadas as amostras da Coleção Paleontológica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, coletadas principalmente por O. Rosler e alunos no sul do Estado do Paraná. Realizaram-se estudos detalhados dos megafósseis vegetais dos gêneros *Sphenophyllum* (RÖSLER & ROHN, 1984), *Glossopteris* (ROHN et al., 1984; ROHN & RÖSLER, no prelo a), *Schizoneura* (ROHN & RÖSLER, 1986a), *Paracalamites* (ROHN & RÖSLER, 1986b), *Pecopteris* e *?Dizeugotheca* (ROHN & RÖSLER, 1986c), *Ilexoidephyllum* (ROHN & RÖSLER, no prelo b), somando um total de 38 formas distintas. Adicionalmente, foram encontrados alguns exemplares de *Sphenopteris*, *?Dichophyllites*, *?Vertebraria*, e outros, ainda não descritos. Alguns tópicos sobre as possíveis correlações e migrações de floras em ROHN & RÖSLER (1987) também dizem respeito à Formação Rio do Rasto.

2. LISTA DAS ESPÉCIES

A lista abaixo inclui todas as formas da Formação Rio do Rasto que, após a conclusão do presente trabalho, foram consideradas válidas.

2.1. Glossopteridales - 28 afloramentos

- Glossopteris* aff. *G. angustifolia* Brongniart (fig. 40.5) - 4 afloramentos (em ROHN et al., 1984; ROHN & ROSLER, no prelo a)
- G. decipiens* Feistmantel (fig. 40.10) - 1 afloramento (em ROHN et al., 1984)
- G. dorizonensis* Rohn et al. (fig. 40.8) - 1 afloramento (em ROHN et al., 1984)

- Glossopteris* cf. *G. formosa* Feistmantel (fig. 40.9) - 1
afloramento (em ROHN et al., 1984)
- G. grafi* Rohn et al. (fig. 40.7) - 3 afloramentos (em ROHN et
al., 1984; ROHN & RÖSLER, no prelo a)
- Glossopteris* cf. *G. indica* Schimper (fig. 40.14) - 6
afloramentos (em CAZZULO-KLEPZIG, 1978; ROHN et al., 1984;
ROHN & RÖSLER, no prelo a)
- G. leptoneura* Bunbury (fig. 40.6) - 1 afloramento (ROHN et al.,
1984)
- Glossopteris* aff. *G. longicaulis* Feistmantel (fig. 40.4) - 1
afloramento (ROHN et al., 1984)
- G. margioudulata* Rohn et al. (fig. 40.3) - 1 afloramento (ROHN
et al., 1984)
- G. riorastensis* Rohn et al. (fig. 40.1) - 7 a 10 afloramentos
(ROHN et al., 1984; ROHN & RÖSLER, no prelo a)
- G. singenervis* Rohn et al. (fig. 40.13) - 1 a 4 afloramentos
(ROHN et al., 1984; ROHN & RÖSLER, no prelo a)
- G. spathulato-emarginata* Rohn et al. (fig. 40.2) - 1
afloramento (ROHN et al., 1984)
- Glossopteris* aff. *G. stricta* Bunbury (fig. 40.15) - 3
afloramentos (ROHN et al., 1984; ROHN & ROSLER, no prelo a)
- Glossopteris* cf. *G. surangei* Chandra & Prasad (fig. 40.11) - 3
afloramentos (ROHN & RÖSLER, no prelo a)
- Glossopteris* cf. *G. taeniopteroides* Feistmantel (fig. 40.12) -
1 afloramento (ROHN & RÖSLER, no prelo a)
- Glossopteris* sp.1 (fig. 40.16) - 1 afloramento (ROHN et al.,
1984)
- Glossopteris* sp.2 (fig. 40.17) - 1 afloramento (ROHN et al.,
1984)
- Glossopteris* sp.3 (fig. 40.18) - 1 afloramento (ROHN & RÖSLER,
no prelo a)
- Glossopteris* sp.4 (fig. 40.19) - 1 afloramento (ROHN & RÖSLER,
no prelo a)
- Glossopteris* não identificado - vários afloramentos e em MENDES
(1954)
- Vertebraria* sp. - afloramento AF/GP 174
- frutificações - afloramentos AF/GP 79 e 197
- sementes - afloramento AF/GP 79

2.2. ? *Glossopteridales* - 6 afloramentos - ROHN & RÖSLER (no prelo b)

Illexoidephyllum permicum Rohn & Rösler (fig. 40.20-21)

2.3. *Sphenophyllales* - RÖSLER & ROHN (1984)

Sphenophyllum paranaense Rösler & Rohn (fig. 41.1, 41.3-4) - 3 afloramentos

Sphenophyllum cf. *S. thonii* Mahr (fig. 41.2) - 1 afloramento
caules do tipo *Sphenophyllum* - 7 afloramentos

2.4. *Equisetales*

Schizoneura gondwanensis Feistmantel (fig. 41.5-8) - 12 a 17 afloramentos (em CAZZULO-KLEPZIG, 1978; CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA, 1981; ROHN & RÖSLER, 1986a)

Paracalamites sp.1 (fig. 42.1-2) - 1 ou 2 afloramentos (em ROHN & RÖSLER, 1986b)

Paracalamites aff. *P.sp.1* (fig. 42.3) - 1 afloramento (em ROHN & RÖSLER, 1986b)

Paracalamites sp.2 (fig. 42.8-11) - 21 a 28 afloramentos (em ?BORTOLUZZI, 1975; ?CAZZULO-KLEPZIG, 1978; ?CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA, 1981, ROHN & RÖSLER, 1986b)

Paracalamites sp.3 (fig. 42.4-5) - 2 afloramentos (em ROHN & RÖSLER, 1986b)

Paracalamites sp.4 (fig. 42.6-7) - 1 afloramento (em ROHN & RÖSLER, 1986b)

Dichophyllites sp. (em BORTOLUZZI, 1975)

? *Dichophyllites* sp. (fig. 41.9) - 2 afloramentos

2.5. *Pteridófilas Pecopteróides e Marattiales*

Pecopteris dolianitii Rohn & Rösler (fig. 43.4-8) - 9 a 16 afloramentos (em ?BORTOLUZZI, 1975; ?CAZZULO-KLEPZIG, 1978; ROHN & RÖSLER, 1986c)

P. esperancensis Rohn & Rösler (fig. 43.3) - 3 a 6 afloramentos (em ?MENDES, 1954a; ?CAZZULO-KLEPZIG, 1978; ROHN & RÖSLER, 1986c)

- P. bracatingaensis* Rohn & Rösler (fig. 43.15-16) - 1 a 5 afloramentos (em CAZZULO-KLEPZIG, 1978; ROHN & RÖSLER, 1986c)
- P. cadeadensis* Rohn & Rösler (fig. 43.9-10) - 1 ou 2 afloramentos (em CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA, 1981; ROHN & RÖSLER, 1986c)
- Pecopteris* sp.1 (fig. 43.13) - 4 afloramentos (em ROHN & RÖSLER, 1986c)
- Pecopteris* sp.2 (fig. 43.14) - 2 afloramentos (em ROHN & RÖSLER, 1986c)
- Pecopteris* sp.3 (fig. 43.11-12) - 2 afloramentos (em ROHN & RÖSLER, 1986c)
- ?*Dizeugotheca* sp. (fig. 43.2) - 5 afloramentos (em ROHN & RÖSLER, 1986c)
- ?*Dizeugotheca bortoluzzii* (fig. 43.1) - 2 afloramentos (em CAZZULO-KLEPZIG, 1978; ROHN & RÖSLER, 1986c)
- Sphenopteris* sp. - (fig. 44.1-3) - 6 ou 7 afloramentos (formas em CAZZULO-KLEPZIG, 1978 e outras ainda não descritas, apresentadas na presente dissertação)

3. BIOESTRATIGRAFIA

As associações florísticas constatadas por RÖSLER (1978a, b) no afloramento AF/GP 79 (próximo a Dorizon) e em algumas outras localidades da Formação Rio do Rasto mostraram-se nitidamente distintas daquelas mais antigas ou mais jovens da Bacia do Paraná, tendo servido de base para o estabelecimento da "Tafoflora E". Os megafósseis vegetais típicos da Tafoflora D, que englobaria os elementos das unidades subjacentes - Formação Irati e Formação Estrada Nova - seriam *Lycopodiopsis derbyi*, *Kräuselcladus*, folhas de ginkgófitas, oogônios de carófitas, além dos componentes da Zona *Polysolenoxylon*. Nenhuma destas formas foi encontrada na Formação Rio do Rasto, mesmo durante a coleta sistemática de fósseis ao longo das principais estradas no Estado do Paraná, na faixa de afloramentos da unidade. A Tafoflora F, que abarcaria elementos triássicos da Formação Santa Maria (RS), estaria representada principalmente por *Dicroidium*. As principais ocorrências conhecidas de megafósseis vegetais da Formação Rio do Rasto na época em que RÖSLER (1978b) elaborou o esquema bioestratigráfico concentravam-se na porção inferior da unidade.

Posteriormente, pesquisas realizadas nos estratos mais superiores da formação (CAZZULO-KLEPZIG, 1978; CAZZULO-KLEPZIG & CORREIA, 1981; ROHN & RÖSLER, 1986a, b) revelaram a presença de outros elementos, destacando-se a espécie *Schizoneura gondwanensis*. Tais fósseis aparentemente valem um refinamento do esquema bioestratigráfico de RÖSLER (1978b), sendo aqui propostas duas zonas.

Zona Pecopteris dolianitii

Definição: Amplitude aproximada de ocorrência de *Pecopteris dolianitii*.

Limite inferior: Nível de reaparecimento das esfenófitas na sequência da bacia após o desaparecimento das licófitas.

Limite superior: Aparecimento de *Schizoneura gondwanensis* ou base do intervalo de maior profusão deste taxon, aproximadamente coincidente com o desaparecimento de *Sphenophyllum*, *Pecopteris dolianitii*, *P. esperancensis*, *Sphenopteris* sp. e *Glossopteris* aff. *G. angustifolia*.

Componentes principais: *Glossopteris grafi*, *G. singenervis*, *G. riorastensis*, *Glossopteris* aff. *G. angustifolia*, *Glossopteris* cf. *G. indica*, *Glossopteris* aff. *G. stricta*, *Ilexoidephyllum permicum*, *?Dizeugotheca* sp., *Pecopteris dolianitii*, *Pecopteris bracingaensis*, *Sphenopteris* sp., *Sphenophyllum paranaense*, *Paracalamites* sp.1, *Paracalamites* aff. *P. sp.1*, *Paracalamites* sp.2 e *Paracalamites* sp.4, além de outras glossopterídeas e pecopterídeas.

Equivalência litoestratigráfica: Metade inferior da Formação Rio do Rasto.

Equivalência cronoestratigráfica: Provavelmente Kazaniano Superior e base do Tatariano Inferior.

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

Observações: A zona ainda pode ser subdividida em três partes, porém nenhuma com elementos suficientemente abundantes ou com amplitude restrita para a definição de subzonas. A parte inferior é caracterizada por elementos muito raros, dispersos e mal preservados, incluindo *Paracalamites*, *Pecopteris*, *Glossopteris* e caules não identificados. A parte média representa o intervalo com a maior diversidade e abundância de megafósseis vegetais da

unidade. Foram observadas 18 espécies de glossopterídeas e 7 espécies de pecopterídeas, além de uma relativa abundância de *Sphenophyllum*, sementes, frutificações e caules não identificados. Na parte superior da zona reaparece a maioria das pecopterídeas, aumenta a abundância de *Paracalamites*, porém já são bastante raras as glossopterídeas. A determinação das amplitudes de ocorrência de alguns taxa não parece satisfatória. Por exemplo, há dúvidas quanto a posição estratigráfica do afloramento AF/GP 249 de Santo Antônio da Platina, de modo que *G. grafi* poderia ter amplitude mais restrita. O limite inferior da zona é um tanto problemático, dada a raridade de ocorrências de megafósseis vegetais na parte basal da Formação Rio do Rasto. *Pecopteris dollanitif*, que empresta a designação à zona, também foi identificada nos depósitos da pedreira em Taquai (SP), da Formação Teresina ou Corumbatai (ROHN & RÖSLER, 1986c). A posição estratigráfica da pedreira em relação à Formação Rio do Rasto não é bem conhecida, não devendo ser desconsiderada a hipótese de certa contemporaneidade deposicional. Adicionalmente, ainda não se tem informação sobre o nível mais superior de ocorrência das licófitas nesta área. Portanto, dependendo das relações cronológicas entre os depósitos com estes vegetais e os da Formação Rio do Rasto, o limite inferior da zona poderá ser ligeiramente alterado.

Zona Schizoneura gondwanensis

Definição: Amplitude aproximada de ocorrência de *Schizoneura gondwanensis* na Bacia do Paraná.

Limite inferior: Aparecimento de *S. gondwanensis* ou base do intervalo de maior profusão deste *taxon*.

Limite superior: Desaparecimento de *Ilexoidephyllum permicum* e de *Paracalamites* sp..

Componentes principais: *S. gondwanensis*, *Paracalamites* sp.2, *Paracalamites* sp.3, *Pecopteris cadeadensis*, *P. esperancensis*, *Ilexoidephyllum permicum*, *Glossopteris riorastensis*, além de raras outras glossopterídeas, caules não identificados e raras outras pecopterídeas.

Equivalência litoestratigráfica: Metade superior da Formação Rio do Rasto.

Equivalência cronoestratigráfica: Provavelmente Tatariano Inferior.

Distribuição geográfica: no mínimo, na área de afloramentos desde a região de Sapopema-São Jerônimo da Serra (nordeste do Estado do Paraná), até a Serra do Rio do Rasto (sul de Santa Catarina), na localidade-tipo do Membro Morro Pelado, cuja taoflora foi estudada por CAZZULO-KLEPZIG (1978).

Observações: A zona pode ser subdividida informalmente em duas partes. A porção inferior caracteriza-se pela frequência relativamente grande de *S. gondwanensis* e pelas ocorrências mais jovens de diversas espécies de pecopterídeas (tabelas 5, 7). A parte superior é representada por ocorrências esparsas de megafósseis vegetais onde *S. gondwanensis* e *Paracalamites* sp.2 geralmente aparecem em níveis restritos, porém em grande abundância. As glossopterídeas são muito raras e normalmente ocorrem mal preservadas. Há dúvidas quanto ao nível exato de ocorrência de *Pecopteris cadeadensis*, porque a espécie foi estabelecida com base em material doado (C. Riccomini) e não houve possibilidade de confirmação da procedência; adicionalmente, a localidade de coleta situa-se em área extremamente compartimentada por falhamentos. Os dados disponíveis permitem afirmar que *Glossopteris* subsistiu praticamente até o intervalo final de deposição da Formação Rio do Rasto. Se *Ilexoidephyllum permicum* for considerado como glossopterídea, a amplitude do grupo realmente atinge o topo da unidade. De qualquer modo, durante o intervalo considerado, as glossopterídeas encontravam-se nitidamente em fase de extinção.

4. POSSÍVEIS CORRELAÇÕES

Os megafósseis vegetais têm fornecido importantes subsídios para o conhecimento da história evolutiva de diversas sequências continentais e vêm sustentando muitas correlações inter-regionais, tendo inclusive contribuído para argumentar a teoria da deriva continental.

Nos depósitos permianos de todas as regiões que formavam o "supercontinente" Gondvana foram encontrados megafósseis vegetais conhecidos genericamente por glossopterídeas, às vezes, tão abundantes e diversificadas, que a vegetação correspondente passou a ser denominada Flora *Glossopteris*. Concomitantemente à evolução desta flora, desenvolveram-se províncias florísticas distintas na região nórdica por compartimentação geográfica e climática. Apesar

desta diferenciação entre as regiões, considera-se admissível que tenha havido certo intercâmbio de elementos florísticos entre as regiões nórdicas e a gondvânica (ROHN & RÖSLER, 1987). Por outro lado, no contexto do próprio supercontinente meridional, a instalação e o desenvolvimento de determinados vegetais provavelmente não foi sincrônico em todas as áreas. A flora deve ter sido condicionada pelo zoneamento climático em relação à componente translátitudinal do deslocamento do supercontinente (RÖSLER, 1976a,b), cujo efeito provavelmente foi mais significativo durante e logo após a glaciação permo-carbonífera. No transcorrer do Permiano, quando as condições de temperatura estavam tendendo a mais homogêneas, aparentemente instalou-se outro tipo de provincialismo florístico, talvez em função à existência de algumas barreiras geográfico-climáticas, e às diferenças de umidade entre a borda leste do supercontinente e o seu interior. Apesar destas diferenças, em toda a região gondvânica (talvez com exceção da região antártica), aproximadamente na passagem do Permiano Inferior ao Superior, parece ter havido um intervalo de empobrecimento e de reorganização da vegetação (ou, pelo menos, de diminuição da sua representatividade, apesar da abundância relativa de licófitas em algumas áreas). A Formação Rio do Rasto depositou-se logo após este intervalo, na fase que abarcaria a última explosão evolutiva das glossopterídeas, seguida pelo seu declínio e/ou desaparecimento (ROHN & RÖSLER, 1987).

Embora as assembléias florísticas permitam realizar estas inferências de caráter regional, os megafósseis vegetais, tomados isoladamente, não fornecem dados bioestratigráficos e de correlação tão precisos quanto alguns fósseis animais, principalmente pelas dificuldades na sua identificação. É patente que os restos vegetais fornecidos por elementos da mesma espécie podem ser muito variáveis, tanto pela própria organização dos vegetais (ex.: folhas maiores nas partes menos expostas à luz e ao calor), como pelas adaptações ao ambiente manifestas através do fenótipo. Na avaliação da possível identidade entre as espécies da Formação Rio do Rasto e as das outras áreas gondvânicas, constataram-se elementos em comum, assim como formas aparentemente endêmicas. O grande número de espécies novas descobertas nesta formação mostra, mais que uma riqueza florística, o conhecimento

paleobotânico anterior bastante incipiente para níveis estratigráficos tão altos do Neopaleozóico da Bacia do Paraná.

As comparações realizadas com base em glossopterídeas são discutidas em ROHN & RÖSLER (no prelo a). As principais conclusões são as seguintes:

a) Das 19 formas de glossopterídeas discriminadas para a Formação Rio do Rasto, somente 7 são muito semelhantes a outras formas gondvânicas já descritas.

b) As glossopterídeas da Formação Rio do Rasto apresentam maior afinidade às espécies do Grupo Eccá do sul da África, do Grupo Raniganj/Kamthi da Índia e possivelmente das Formações Newcastle/Illawarra da Austrália. Contudo, vale lembrar que ANDERSON & ANDERSON (1985) e outros estudiosos da Bacia do Karroo não registraram glossopterídeas e nem outros megafósseis vegetais para a parte mais inferior do Grupo Beaufort e mencionaram muito poucas espécies para o Grupo Eccá Superior e/ou a Formação Waterford. As melhores correlações seriam esperadas justamente para este intervalo.

O gênero *Sphenophyllum* constitui elemento interessante na análise da evolução da flora. Em RÖSLER & ROHN (1984), mencionou-se que *S. paranaense* (folíolo com bordos lisos, figs. 41.1, 41.3-4) e *Sphenophyllum* cf. *S. thonii* (folíolo com bordos lacinados, fig. 41.2) poderiam derivar de uma mesma espécie vegetal, pois também há registro de exemplares polimorfos de *S. thonii*. Esta espécie foi primeiramente encontrada em regiões nórdicas, como na Série Shihhotse da China e no Pennsylvaniano dos Estados Unidos (Monongahela), e posteriormente foi registrada em diversas localidades gondvânicas: na Formação Golondrina (Permiano Inferior) da Argentina (ARCHANGELSKY & CÚNEO, 1984), no Grupo Wankie (Permiano Inferior) da Bacia do Zambezi, no Grupo Eccá Médio e Superior (?transição Permiano Inferior/Superior) da Bacia do Karroo (ANDERSON & ANDERSON, 1985). Aparentemente, se for confirmada a identificação de *S. thonii* para a Formação Rio do Rasto, a amplitude da espécie será consideravelmente estendida. Embora a maioria dos paleobotânicos indianos (ex.: MAHESHWARI, 1976) não admita a presença de espécies nórdicas na região gondvânica, sua ocorrência na Flora *Glossopteris* pode ser considerada incontestável. Na Formação Rio do Rasto não foi encontrada a forma que seria a "típica" gondvânica - *Trizygia*

speciosa (= *Sphenophyllum speciosum*), descrita na Austrália, Patagônia, Sul da África e Índia, tanto em depósitos do Permiano Inferior, como do Superior. Contudo, uma espécie aparentemente idêntica, designada *S. sino-coreanum*, foi descrita na Ásia, novamente contrariando a hipótese de total isolamento geográfico do Gondwana.

Schizoneura gondwanensis (figs. 41.5-8) talvez corresponda a uma das espécies do Permiano Superior mais amplamente distribuídas. Muitos caules de esfenófitas sem suas folhas, do Permiano Inferior da região gondwânica, atualmente considerados como *Paracalamites*, foram inadequadamente classificados como *Phyllothea* ou como *Schizoneura*. Deste modo, não são confiáveis as citações destes gêneros, principalmente as anteriores aos trabalhos da década de 60. A real presença de representantes de *Schizoneura* no Gondwana foi confirmada apenas para os depósitos do Permiano Superior e talvez do Triássico Inferior. *S. gondwanensis* foi registrada na Formação Estcourt (parte superior do Grupo Beaufort Inferior) da Bacia do Karroo (ANDERSON & ANDERSON, 1985), no Grupo Raniganj/Kamthi e provavelmente também em níveis mais superiores da Índia (MAHESHWARI, 1976), na Formação Narrabeen do leste da Austrália (RETALLACK, 1977) e no Triássico da Antártica (PLUMSTEAD, 1962). O gênero *Schizoneura* também está representado na Flora *Gigantopteris* do Permiano Superior da Cathaysia, no Permo-Triássico de Angara e no Triássico e Jurássico da Europa. Este taxon constitui uma das mais fortes evidências a favor de intercâmbio florístico entre a região gondwânica e as nórdicas (ROHN & ROSLER, 1987). É possível que a dispersão desta forma (e talvez também de outros elementos) no Hemisfério Sul tenha ocorrido a partir da região indiana. Alguns megafósseis vegetais que indicam idade mais antiga que a presumida para a Formação Rio do Rasto talvez reflitam o tempo decorrido entre o início da dispersão das formas e a sua incursão na área da Bacia do Paraná.

O estudo dos caules de equisetáes do Paleozóico Superior da região gondwânica, quando preservados sem suas folhas ou frutificações, geralmente, foi relegado a um segundo plano. Estes caules, aparentemente sempre encontrados como moldes da cavidade da medula, têm sido designados como *Paracalamites australis* (ou *P. levis*), e não se procurou utilizá-los como elementos para correlações. BORTOLUZZI (1975) notou que alguns caules de

esfenófitas não poderiam ser incluídos indiscriminadamente em *P. australis*, o que também foi confirmado na presente pesquisa, através dos exemplares coletados da Formação Rio do Rasto (ROHN & RÖSLER, 1986b). Desta maneira, os caules de esfenófitas da unidade foram classificados em 5 grupos, sendo particularmente interessante a forma designada como *Paracalamites* sp. 4 (figs.42.6-7). Os respectivos exemplares assemelham-se aos caules de esfenófitas descritos por GORDON-GRAY et al. (1976) do Grupo Beaufort Inferior da Bacia do Karroo. A maioria das formas incluídas em *Paracalamites* sp. 2 deve estar relacionada a *S. gondwanensis*, freqüentemente associada nos afloramentos; no entanto, os exemplares de caules em posição estratigráfica mais inferior da Formação Rio do Rasto talvez tenham portado folhas do tipo *Dichophyllites*.

As pecopterídeas abrangem frondes estéreis, as quais podem ter sido originadas por filicófitas ou pteridospermáfitas *s.s.*. Na região gondvânica, quase todas as pecopterídeas permianas devem corresponder a filicófitas, porque há registro de algumas prováveis euesporangiadas férteis e nenhuma evidência de frutificações de pteridospermáfitas. As pecopterídeas, principalmente quando muito fragmentadas, constituem elementos pouco seguros para as correlações, devido à sua relativa simplicidade morfológica, a qual deve ter induzido facilmente a convergência das formas por homoplasia (ROHN & RÖSLER, 1987). Em ROHN & RÖSLER (1986 c), comentou-se que diversas pecopterídeas, no âmbito da própria Formação Rio do Rasto, suscitam dúvidas na classificação. Infelizmente, as pínulas férteis são muito raras e ocorrem mal preservadas, havendo insegurança até na determinação do gênero. Por outro lado, é interessante assinalar que no Permiano Superior da região gondvânica, as pecopterídeas aparentemente tiveram expressividade somente na Índia (MAHESHWARI, 1976) e na Bacia do Paraná. ANDERSON & ANDERSON (1985) citaram duas espécies de *Asterotheca* para o Grupo Eccá Médio. O gênero *Sphenopteris*, encontrado em certa quantidade na localidade-tipo do Membro Morro Pelado (CAZZULO-KLEPZIG, 1978) e em raros afloramentos do Estado do Paraná (figs.44.1-3), ocorre também no Permiano Superior da África do Sul (ANDERSON & ANDERSON, 1985), da Índia (MAHESHWARI, 1976) e na Formação Baralaba da Austrália.

Também há registro deste gênero em unidades gondvânicas do Permiano Inferior (ARCHANGELSKY & CUNEO, 1984).

Dicroidium, uma forma gondvânica tipicamente triássica, não foi seguramente detectada na Formação Rio do Rasto. RETALLACK (1977) apresentou um amplo estudo sobre a vegetação do final do Permiano e do Triássico da Bacia de Sydney da Austrália, incluindo diversas considerações sobre este gênero. Aquele autor acredita que, no final do Paleozóico, vegetais com folhas similares a "*Supaia*" e "*Thinnfeldia*" *callipteroides* teriam sido comuns nas terras altas, tanto do hemisfério norte, como no sul; alguns representantes provavelmente teriam sido ancestrais dos vegetais do tipo *Dicroidium*, que sucederam a Flora *Glossopteris* nas terras baixas; a flora de Parsora da Índia e aquela do final do Permiano em Madagáscar apresentariam alguns destes ancestrais. Na Formação Nidpur do Permiano Superior ou Triássico Inferior, aparentemente já ocorriam folhas do tipo *Dicroidium*, juntamente com *Glossopteris*, *Lepidopteris* e elementos do complexo "*Thinnfeldia*" *callipteroides*. Infelizmente, os raros exemplares da Formação Rio do Rasto, cuja forma lembra *Dicroidium* ou *Thinnfeldia*, apresentam nervação muito mal preservada. Um destes fósseis foi coletado justamente no afloramento com a maior diversidade de megafósseis vegetais, próximo a Dorizon (AF/GP 79), correspondente a um nível estratigráfico relativamente baixo da unidade.

Em resumo, as assembléias de megafósseis vegetais da Formação Rio do Rasto podem ser correlacionadas com as do Andar Raniganj da Índia, da Formação Baralaba da Austrália, do Grupo Eccia Superior e Beaufort Inferior da Bacia do Karroo e da Formação Madumabisa da Bacia do Zambezi, confirmando suposições anteriormente já manifestas. Apesar destas equivalências, o registro da flora desenvolvida no intervalo de deposição da Formação Rio do Rasto parece ser bem mais pobre do que o conhecido nas outras regiões gondvânicas (com exceção da parte mais baixa do Grupo Beaufort Inferior, e talvez da região antártica). Para exemplificar, na Formação Estcourt da Bacia do Karroo há registro de *Sphenophyllum speciosum*, *Raniganjia*, três espécies de *Phyllothea*, *Schizoneura*, *Sphenopteris*, glossopterídeas associadas a frutificações do tipo *Plumsteadia*, *Estcourtia* e *Lidgettonia*, além de *Noeggerathiopsis*, *Pagiophyllum*, *Taeniopteris* e *Benlignfootia* (ANDERSON & ANDERSON, 1985). Em todas as outras

bacias gondvânicas (talvez com exceção da região antártica), também foi encontrada a esfenófita do tipo *Raniganjia*. Uma vez que há uma variedade relativamente grande de glossopterídeas na Formação Rio do Rasto (19 formas), deveriam ter sido encontrados diversos tipos de frutificações; entretanto, conforme já mencionado, o registro de estruturas reprodutivas é muito raro e praticamente todas as espécies de glossopterídeas estão concentradas em 3 afloramentos. Portanto, as assembléias fossilíferas parecem ser pouco representativas da verdadeira flora, mesmo se esta era realmente pobre. As possíveis causas destas diferenças entre as floras - ecológicas e/ou bioestratônômicas - são discutidas nos capítulos seguintes.

5. PALEOECOLOGIA

A maioria das abordagens paleoecológicas com base em megafósseis vegetais tem consistido na classificação dos elementos de uma assembléia paleontológica de acordo com o seguinte modelo (cf. ARCHANGELSKY, 1978; MEYEN, 1987; vários outros autores):

-Vegetais - hidrófilos: vegetais aquáticos, comumente de pântanos costeiros, principalmente algas e alguns elementos higrófilos.

-Vegetais higrófilos: vegetais de terras baixas, total ou parcialmente inundadas, por períodos prolongados, como nas planícies de inundação de alguns rios; incluem licófitas, esfenófitas, algumas filicíneas e pteridospermas, além de, excepcionalmente, Cordaitales.

-Vegetais mesófilos: vegetais localizados entre as terras baixas e as altas ou em áreas com pendente suave e em vales fluviais, geralmente um pouco menos úmidas que as regiões com vegetais hidro-higrófilos; incluem filicíneas, pteridospermas, algumas equisetales, Sphenophyllales e certas coníferas.

-Vegetais xerófilos: vegetais em terras altas, com boa drenagem; incluem coníferas, Bennettitales, Cordaitales, Ginkgoales e *Taeniopteris*.

Numerosos trabalhos anteriores referem-se a depósitos associados a carvão, cujos componentes supostamente foram pouco transportados e acumulados sob condições redutoras. Há diversos exemplos de análises minuciosas da composição das assembléias florísticas, onde a proporção relativa entre os diversos elementos

de cada nível dos depósitos foi considerada como indicativa do caráter da vegetação original. MEYEN (1987) advertiu que este tipo de interpretação nem sempre é tão simples. O pobre conhecimento do hábito dos vegetais fósseis seria um impedimento à reconstrução das comunidades. DOLPH & DILCHER (1979) enumeraram diversos fatores que podem influenciar a morfologia dos vegetais, desde a composição do solo, até a posição dos vegetais na estratificação de uma floresta. Por exemplo, há dúvidas quão especulativas são as reconstituições das comunidades da flora permo-triássica do leste da Austrália apresentadas por RETALLACK (1977), ainda que os respectivos elementos tenham sido estudados em grande número e detalhadamente. Mesmo se não houvessem restrições à metodologia empregada para estas reconstituições, esta ainda não seria muito facilmente extrapolável à Bacia do Paraná devido à representatividade supostamente baixa da flora da Formação Rio do Rasto. Enfim, os fatores mencionados e os escassos dados disponíveis limitam fortemente as inferências paleoecológicas através de megafósseis vegetais. Apenas certos elementos possibilitaram algumas abordagens mais profundas, conforme a discussão a seguir.

PANT et al. (1982) verificaram que *Schizoneura gondwanensis* do Andar Raniganj apresenta cutícula espessa e resistente, tendo interpretado o fato como reflexo de condições climáticas periodicamente secas. Aparentes espessamentos das lâminas foliares dos exemplares da Formação Rio do Rasto (ROHN & RÖSLER, 1986a) também podem representar adaptações xeromórficas (fig.41.8). Ainda foram observados contornos de células bastante proeminentes em impressões/contra-impressões de *Sphenophyllum* e *Paracalamites* (fig. 42.11), o que igualmente sugere a presença de cutículas espessas. Por outro lado, conforme a classificação ecológica usualmente aceita, *Schizoneura* assim como *Paracalamites*, *Dichophyllites* e *Sphenophyllum*, representariam parte da vegetação hidro-higrófila. CAZZULO-KLEPZIG (1978) referiu estas esfenófitas a solos frouxos, pobres em nutrientes. A hipótese de que estes tipos de vegetais devam ter ocupado as margens dos corpos de água é apoiada pela relativa abundância de caules de esfenófitas nos depósitos da formação. O conjunto destes fatos parece indicar que houve influência de condições climáticas relativamente secas até mesmo sobre a vegetação mais típica das áreas úmidas.

A exemplo das esfenófitas, as filicófitas também pertenceriam à vegetação situada às margens dos corpos de água. Em diversos exemplares, principalmente de *P. dollanitif*, verificou-se que os bordos dos limbos das pínulas frequentemente ocorrem dobrados para a face abaxial (figs. 43.4-5). Em algumas espécies, há evidências da presença de pelos nos ráquis e nas nervuras primárias das pínulas (figs. 43.3, 43.9). Segundo O. Rösler (comun. verbal), estas feições poderiam representar adaptação para o estabelecimento de micro-ambiente mais úmido sob as pínulas, principalmente se todos os estômatos estavam localizados na face abaxial (limbos hipostomáticos). Portanto, as características observadas talvez constituam mais um indício a favor da interpretação de que incidiam fases secas. É curioso que as pecopterídeas são muito raras na parte superior da Formação Rio do Rasto, embora algumas esfenófitas tenham permanecido abundantes. Sem considerar os possíveis problemas tafonômicos, as pecopterídeas talvez tenham sido mais sensíveis às condições ambientais desfavoráveis do que as esfenófitas. Ainda deve ser lembrado que praticamente inexistente registro de pecopterídeas para a flora do Permiano Superior da Austrália (e da África), a despeito da sua considerável diversidade. É possível que a competição por terreno dos vegetais do tipo *Schizoneura* tenha restringido a abundância das filicófitas.

A discussão referente ao valor ecológico das glossopterídeas e de *Ilexoidephyllum permicum* foi apresentada em ROHN & ROSLER (no prelo b). As glossopterídeas provavelmente compreendiam uma grande variedade de formas, desde arbustos, até árvores de grande porte (PANT, 1977), pertencentes à vegetação higró-mesófila (ARCHANGELSKY, 1978), com folhas aparentemente decíduas. As impressões de *I. permicum* e de diversos exemplares de glossopterídeas da Formação Rio do Rasto exibem contornos de células bem marcados, cujas paredes, portanto, também devem ter sido espessadas; quanto a este aspecto, valem as mesmas observações já apresentadas acima em relação a *Schizoneura* e às outras esfenófitas. *I. permicum* designa uma folha com margens denteadas em cúspide (figs. 40.20-21), o que a distingue de todos os fósseis anteriormente descritos na região gondvânica. Além desta interessante espécie, na formação ainda ocorre certa proporção de glossopterídeas caracterizadas por ápice arredondado

ou emarginado, com forma espatulada ou elíptica e, geralmente, apresentando pequenas dimensões (fig.40). As outras glossopterídeas descritas apresentam as feições mais comuns do grupo, ou seja, margens lisas, ápice agudo e forma alongada. Praticamente todos os exemplares apresentam nervação secundária relativamente frouxa, o que coincide com a tendência geral de diminuição de densidade de nervação de quase todas as formas gondvânicas do início ao final do Permiano Superior. Estas constatações estimularam a pesquisa do possível significado ecológico da arquitetura foliar. Contudo, nem todos os autores aprovam este tipo de abordagem. Por exemplo, DOLPH & DILCHER (1979) não puderam verificar uma relação segura entre os parâmetros morfológicos de angiospermas atuais e os índices climáticos. MEYEN (1987) adicionalmente enfatizou que qualquer inferência sobre o assunto precisaria fundamentar-se em assembleias paleontológicas representativas. Por outro lado, WOLFE & UPCHURCH (1987) concluíram que a análise criteriosa de assembleias vegetais poderia realmente conduzir a interpretações paleoclimáticas. Por exemplo, as folhas de angiospermas que apresentam ápice arredondado ou emarginado e forma espatulada ou elíptica (assim como as glossopterídeas mais peculiares da Formação Rio do Rasto) poderiam indicar adaptação a condições climáticas secas. É difícil avaliar até que ponto estes dados são verdadeiros e extrapoláveis às glossopterídeas. Mesmo que o procedimento esteja correto, também não podem deixar de ser consideradas as outras glossopterídeas da Formação Rio do Rasto, sem as supostas adaptações xeromórficas. De qualquer modo, estas evidências, somadas aos dados fornecidos acima e às características litológicas da formação (vide capítulo "Características dos Depósitos Sedimentares"), apontam para condições climáticas relativamente secas. Também é evidente a diminuição da frequência das glossopterídeas para o topo da formação, coincidindo com a gradual extinção do grupo verificada em toda a região gondvânica.

É digno de apreço que as licófitas praticamente desapareceram na região gondvânica no Permiano Superior, antes da última fase de proliferação da Flora *Glossopteris*. GASTALDO (1986) verificou que certas licófitas do Carbonífero eram aquáticas e/ou semi-aquáticas e podiam desenvolver-se em águas doces a salobras.

Nas Formações Teresina e Corumbataí, onde há relativa abundância em licófitas, também foram encontradas carófitas, as quais normalmente seriam indicativas de águas rasas, com baixa salinidade. Por outro lado, FRANCIS (1984) comentou que no sul da Austrália há registro de carófitas nas margens de lagunas hipersalinas atuais. Tal fato seria explicável pela alimentação das margens por águas continentais, que manteriam as condições ainda toleráveis. Aquela autora ainda mencionou que as águas com elevada salinidade (geralmente relacionadas a condições de aridez), aliadas à intensa atividade fotossintética (responsável pela elevação do pH do meio e a solubilização da sílica), seriam altamente favoráveis à petrificação de troncos por quartzina. Por coincidência, nas Formações Teresina e Corumbataí há certa riqueza em troncos, além de folhas de licófitas e de conchas, comumente silicificados. Estas comparações suscitam a possibilidade de que as licófitas e as carófitas destas unidades não precisavam ocupar obrigatoriamente corpos de água de salinidade muito baixa; o clima, provavelmente quente e seco, pode ter sido um dos principais fatores responsáveis pela aparente extinção destes vegetais. No intervalo subsequente, quando se iniciou a deposição da Formação Rio do Rasto, deve ter havido ligeira recuperação climática.

Em síntese, de acordo com a classificação ecológica usualmente adotada, as esfenófitas e as filicíneas podem ter ocupado as áreas marginais dos corpos de água, porém já eram influenciadas por condições climáticas relativamente secas; as glossopterídeas aqui registradas possivelmente se concentraram em áreas apenas um pouco mais elevadas. No intervalo equivalente à Zona *P. dollanitii*, a vegetação (hidro-)higrófila provavelmente era dominada por pecopterídeas e algumas esfenófitas. Entre as glossopterídeas, (todas aquelas com possíveis adaptações xeromórficas, além de *Sphenophyllum* e de outras formas, foram encontradas no afloramento AF/GP.79;) supõe-se que neste sítio deposicional houve maior possibilidade de aporte de elementos mesófilos do que na maioria dos outros aqui estudados. Este fato demonstra que praticamente não há registro da vegetação das áreas de topografia mais elevada; as prováveis adaptações xeromórficas das glossopterídeas mais peculiares permitem cogitar condições de umidade bastante reduzidas para as áreas mais afastadas dos corpos

de água. No intervalo equivalente à Zona *Schizoneura gondwanensis*, a vegetação hidro-higrófila provavelmente era dominada por esta própria esfenófita (e *Paracalamites*), enquanto que as filicíneas se tornaram menos abundantes e/ou passaram a ocupar áreas um pouco mais distantes dos sítios deposicionais, talvez juntamente com as últimas glossopterídeas. Infelizmente, as condições deposicionais e diagenéticas da formação não foram favoráveis à silicificação de troncos, os quais poderiam fornecer evidências climáticas bem mais seguras.

6. TAFONOMIA

Na maioria dos afloramentos da Formação Rio do Rasto, os megafósseis vegetais estão preservados como impressões. Conforme sabido há várias décadas, isso significa que a matéria orgânica das compressões vegetais foi removida, tendo anteriormente moldado os sedimentos adjacentes conforme a sua morfologia externa (SCHOPF, 1975; SCOTT & COLLINSON, 1983). Nas rochas amareladas, esverdeadas e, às vezes, também avermelhadas da Formação Rio do Rasto, comumente há óxidos/hidróxidos de ferro precipitados nas reentrâncias das impressões, ressaltando o padrão das nervuras ou dos feixes vasculares (figs. 40.1, 40.12, 41.3-4). Por outro lado, estes óxidos/hidróxidos, às vezes, ocorrem na forma de nódulos, tendo destruído a impressão original (fig. 40.4). Os planos das impressões dos fósseis frequentemente devem ter constituído zonas preferenciais de percolação de água, uma vez que nas áreas dos fósseis a rocha muitas vezes está descolorida (fig. 40.20). Normalmente, as rochas partem-se nos planos onde ocorrem os restos de maiores dimensões. Mesmo assim, a partição concóide da maioria dos lamitos impede a obtenção de grandes exposições. Os megafósseis vegetais comumente estão muito fragmentados com exceção daqueles encontrados nos afloramentos AF/GP 79, 196 e 197. Ainda assim, em vários afloramentos, a preservação das impressões é tão adequada que até mesmo são visíveis contornos de células (RÖSLER & ROHN, 1984; ROHN & RÖSLER, 1986a, b). Somente num exemplar de *Glossopteris* do afloramento AF/GP 274 (localidade-tipo do Membro Serrinha) foi constatada a presença de cutícula, porém mal preservada.

Segundo SPICER (1977), pode haver uma incrustação sedimentar rica em ferro nas folhas em poucas semanas após a sua entrada no ambiente deposicional. Tal incrustação seria fundamental para a preservação dos detalhes. O efeito deste recobrimento limitaria a decomposição biológica por invertebrados ou por microorganismos e provavelmente protegeria a cutícula da abrasão durante o transporte. A incrustação explicaria os casos em que a impressão preservou detalhes de menores dimensões do que a própria granulometria da matriz. SPICER (1977) desconhece a origem da incrustação, tendo sugerido a atividade de bactérias ferrificadoras sobre ou na superfície da folha. A preservação de folhas da Formação Rio do Rasto pode ter sido favorecida por este processo.

FERGUSON (1985) verificou que a alteração das folhas dentro do meio aquoso é função da temperatura, da turbidez e do estado trófico da água (condicionando a disponibilidade de nitratos e fosfatos), da natureza e do índice de sedimentação, da proporção entre restos vegetais e invertebrados, fungos e bactérias saprófagos, e das próprias características das folhas. Apesar que a rápida incorporação das folhas muitas vezes é considerada a condição essencial para a sua boa preservação, esta também depende da granulometria dos sedimentos, da quantidade de restos orgânicos disponível, etc. Assim, segundo FERGUSON (1985), embora as argilas normalmente sejam acumuladas mais lentamente que as areias, correspondem à matriz mais favorável à preservação dos vegetais. As argilas não só têm qualidades antissépticas, como também espaço intersticial limitado, conduzindo mais facilmente às condições anaeróbicas (FERGUSON, 1985). A maioria dos fósseis vegetais da Formação Rio do Rasto foi encontrada, de fato, em lamitos, quase sempre avermelhados. As possíveis razões desta coloração são discutidas no capítulo "Características dos Depósitos Sedimentares", porém é possível adiantar que o sítio deposicional apresentava condições provavelmente mais oxidantes do que redutoras. Uma vez que esta situação devesse ter favorecido a decomposição química dos restos vegetais prolongadamente expostos e/ou a ação de animais saprófagos (isto se a salinidade e as outras características físico-químicas do meio também eram compatíveis), os vegetais preservados da Formação Rio do Rasto

devem ter sido acumulados e sepultados num ritmo bastante acelerado.

Em termos de fossilização, os caules de esfenófitas do gênero *Paracalamites* são bem mais complexos que as folhas e os outros caules como *Vertebraria*, ráquis de pecopterídeas e caules das folhas do gênero *Sphenophyllum*. *Paracalamites* corresponde a um caule oco (cavidade da medula), cujo interior normalmente aparece preenchido por sedimentos. Na Formação Rio do Rasto, tem-se 5 tipos de caules deste gênero (ROHN & RÖSLER, 1986 b), preservados como moldes da cavidade da medula (fig. 42). Estes caules, em alguns casos, aparecem envoltos por contramoldes de níveis mais externos, provavelmente equivalentes ao floema e à epiderme (fig. 42.8). Os moldes internos podem aparecer um pouco cilíndricos (fig. 42.10), porém normalmente ocorrem quase planos em virtude da compactação, indicando que apenas pequena quantidade de sedimentos mais grosseiros pôde penetrar na cavidade da medula. A largura homogênea dos feixes longitudinais nos moldes, sem deformações em direção às margens laterais, evidencia que os caules sofreram achatamento rápido, provavelmente por colapso parcial dos tecidos, numa fase em que a compactação dos sedimentos ainda era pequena. THOMAS (1986) chegou aproximadamente às mesmas conclusões em relação a certas ocorrências do gênero *Sigillaria*. As características dos fósseis do gênero *Paracalamites* corroboram a hipótese de deposição e sepultamento rápidos. Os outros tipos de caules da Formação Rio do Rasto (provavelmente não ocos) estão preservados apenas como impressões da superfície externa.

Nos afloramentos AF/GP 272 (BR 277), AF/GP 266 (BR 373) e AF/GP 300 (estrada Reserva-Cândido de Abreu), foram encontrados caules carbonificados, porém em matriz arenítica fina ou siltica, sem evidência de matéria orgânica. A natureza carbonificada do material do afloramento AF/GP 272 foi confirmada através da sua queima, com perda de aproximadamente 2/3 de seu peso, após a submissão ao aquecimento em mufla de 500°C durante 30 minutos. A forma dos fragmentos de caules é totalmente irregular (fig. 45). Tais características sugerem que estes podem ter sido depositados como carvão vegetal ("charcoal"), cuja preservação em meios oxidantes é menos crítica que a dos vegetais não carbonizados. Na literatura há registro de vários fusinitos ("fusain"), derivados de incêndios florestais (SCOTT & COLLINSON, 1983).

Diversas evidências anteriormente mencionadas sugerem que a maioria das assembleias de fósseis vegetais da Formação Rio do Rasto são alóctonas, valendo aqui algumas considerações preliminares sobre o transporte. FERGUSON (1985) demonstrou que a flutuabilidade dos restos vegetais depende da sua capacidade de absorção de água e da quantidade de oxigênio dissolvido no meio aquoso (que varia com a sua turbulência). As folhas com grande número de estômatos absorvem água com maior facilidade e afundam mais rapidamente. Porém, os pecíolos podem funcionar como bóia. As folhas compostas apresentam maior tendência em flutuar do que os folíolos separados. Isso também deve ser válido para as pecopterídeas. Tal fato poderia ser uma das razões pelas quais as pecopterídeas da Formação Rio do Rasto raramente tenham sido encontradas junto a glossopterídeas.

PALINOMORFOS

1. HISTÓRICO

Os dados palinológicos mais abrangentes para o Paleozóico Superior da Bacia do Paraná foram obtidos por DAEMON & QUADROS (1970). Posteriormente, foram realizados diversos estudos da palinologia do Grupo Tubarão, porém praticamente nenhum novo dado foi acrescentado para o Grupo Passa Dois (Tem-se conhecimento de somente dois outros trabalhos publicados, versando sobre palinomorfos da Formação Irati). Conforme já mencionado, a Formação Rio do Rasto compreende uma sequência formada principalmente por rochas sedimentares avermelhadas, as quais normalmente têm baixa potencialidade palinológica. De fato, DAEMON & QUADROS (1970) apenas constatarem palinomorfos praticamente na base da formação, no poço 226-UV-1-PR (próximo a União da Vitória). As formas representariam o intervalo bioestratigráfico $L_{22}+L_{23}$, atribuído ao Kazaniano.

Apesar da pequena perspectiva em obter melhores resultados, durante o desenvolvimento do presente trabalho, foram coletadas 12 amostras de aparência pouco oxidada de distintos níveis estratigráficos para averiguar eventuais casos de fertilidade palinológica. A tentativa teve êxito através da constatação de palinomorfos numa amostra do afloramento AF/GP 274 (localidade-tipo do Membro Serrinha), que apresentava uma folha *Glossopteris* com cutícula preservada. Contudo, mesmo nesse caso, os palinomorfos aparecem bastante oxidados e quebrados, talvez por efeito do intemperismo e não tanto pelos processos no ambiente deposicional e os diagenéticos. Os resultados estão discutidos em ROHN (no prelo b).

2. COMPOSIÇÃO DA ASSEMBLÉIA PALINOLÓGICA

Em ROHN (no prelo b), os palinomorfos identificados da localidade-tipo do Membro Serrinha não foram descritos formalmente, porém se forneceu uma lista relativamente ampla das espécies comparadas de outras bacias e seu aparente grau de semelhança, na tentativa de contornar as incongruências da literatura quanto à classificação taxonômica. Maior enfoque foi dado às correlações com outras bacias e à determinação da idade.

Portanto, a nomenclatura adotada é preliminar. Identificaram-se 34 formas distintas. Aproximadamente a metade da assembléia é constituída por esporos e quase todo o restante é representado por polens bissacados (predominantemente estriados). A composição da assembléia é a seguinte:

- Polypodiisporites ipsoiciensis* (fig. 46.1)
- Punctatisporites* sp. (fig. 46.2)
- Verrucosisporites* sp. (fig. 46.3)
- cf. *Microreticulatisporites* sp. (fig. 46.4)
- Cyathidites* cf. *C. australis* (fig. 46.5)
- Calamospora* sp. (fig. 46.7)
- Verrucosisporites* sp.* (fig. 46.8)
- Convolutispora* sp. (fig. 46.9)
- Triadispora* sp. (figs. 46.10-14)
- Alisporites* cf. *A. rioclarensis* (fig. 46.15)
- Alisporites indicus* (fig. 46.16)
- Alisporites* cf. *Falcisporites stabilis* (figs. 46.17-18)
- Sulcatisporites ovatus* (fig. 46.19)
- Cuneatisporites radialis* (fig. 46.20)
- Klausipollenites schaubergeri* (fig. 46.21)
- Alisporites* sp. (fig. 46.22)
- Platysaccus papilionis* (figs. 46.23-24)
- Platysaccus fuscus* (figs. 46.25-26)
- Lueckisporites virkkiae* (fig. 46.27)
- cf. *Chordasporites* sp. (figs. 46.28-30)
- cf. *Corisaccites* sp. (fig. 46.31)
- cf. *Guttulapollenites hannonicus* (fig. 46.32)
- cf. *Corisaccites alutas* (figs. 33-35)
- cf. *Protohaploxylinus rugatus* (figs. 46.36-37)
- Protohaploxylinus samoilovichii* (figs. 46.38-41)
- Protohaploxylinus limpidus* (fig. 46.42)
- Striatopodocarpites* cf. *S. cancellatus* (figs. 46.43-44)
- Striatopodocarpites* cf. *S. brevis* (fig. 46.45)
- Striatopodocarpites* sp. (fig. 46.46)
- Vittatina lucifera* (figs. 46.47-48)
- Vittatina magma* (figs. 46.49-50)
- cf. *Vittatina* sp. (fig. 46.51)
- cf. *Marsupipollenites* sp. (fig. 46.52)
- Cycadopites* sp. (figs. 46.53-54)

3. POSSÍVEIS CORRELAÇÕES

A assembléia palinológica da Formação Rio do Rasto apresenta maior similaridade aos representantes da Zona Palinológica 5 da Bacia do Karroo (Tabela 6), equivalente à Zona *Tapinocephalus* (ANDERSON, 1977, 1981). Também foram constatadas semelhanças em relação aos palinomorfos da Formação Madumabisa Superior da Bacia do Zambezi, da Formação Sakamena de Madagascar, do Membro Assango do Gabão, da unidade "Grés com Vegetais" do Cassanje Médio de Angola, das Formações Maitur e Nidpur da Índia, da Formação Baralaba e do Grupo Rewan da Austrália (ROHN, no prelo b). Todas estas unidades correspondem aproximadamente ao Permo-Triássico, porém há muitas divergências entre os autores quanto às subdivisões do Permiano, às correlações estratigráficas entre as unidades de diversas regiões gondvânicas, e à nomenclatura palinológica (vide capítulo "Idade"). Através da ponderação dos dados e dos problemas da literatura, concluiu-se preliminarmente que a assembléia palinológica da Formação Rio do Rasto provavelmente é atribuível ao final do Kazaniano Superior. De qualquer modo, mesmo se os dados da literatura fossem mais precisos, está claro que o resultado obtido não seria extrapolável à toda a formação (geografica e estratigraficamente), havendo necessidade em prosseguir as investigações palinológicas aqui iniciadas.

4. CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS

Entre os palinomorfos analisados (ROHN, no prelo b), há formas com afinidade às Calamitales, filicófitas, glossopterídeas, coníferas, Gnetales e pteridospermas (possivelmente do tipo *Dicroidium*). Com exceção das coníferas e Gnetales, todos os grupos vegetais parecem igualmente estar representados na Formação Rio do Rasto através de megafósseis vegetais. Os grupos não representados devem ter pertencido à vegetação meso-xerófita ou à vegetação de áreas bem mais distantes, afastadas da Bacia do Paraná, cujos restos macroscópicos dificilmente teriam chegado aos sítios deposicionais. Desta maneira, a assembléia palinológica não reflete obrigatoriamente o clima da região da bacia. O caráter estriado de muitos polens, tanto do Hemisfério Norte, como do

Gondvana, poderia indicar uma adaptação xeromórfica (FOSTER, 1979). De fato, há indícios paleontológicos e litológicos seguros de que condições climáticas secas se instalaram na região equatorial a partir do início do Permiano, ainda enquanto transcorria a glaciação na região gondvânica (FRAKES, 1979). O cinturão árido estendeu-se gradativamente para latitudes maiores, tendo culminado no Mesozóico (RÖSLER, 1976a, b; FRAKES, 1979; ROHN & RÖSLER, 1987). A assembléia palinológica da Formação Rio do Rasto apresenta diversos elementos que foram muito abundantes no Triássico, tais como *Alisporites*, refletindo a modificação global da flora iniciada ainda durante o Permiano, atribuída ao clima (MEYEN, 1987).

ESTROMATÓLITOS

1. HISTÓRICO

Recentemente, foram retratadas algumas ocorrências de estromatólitos na Bacia do Paraná, porém, o conhecimento destas estruturas fósseis em depósitos paleozóicos do Brasil ainda permanece bastante restrito. É notável que quase todas as ocorrências da Bacia do Paraná se concentram num intervalo estratigráfico relativamente pequeno - Formação Estrada Nova, na borda nordeste e noroeste da bacia (SOARES, 1972; FAIRCHILD et al., 1985; e outros autores). Num nível estratigráfico aparentemente um pouco mais alto, em calcários coquinóides da região de Joaquim Távora (PR), aparentemente na base da Formação Rio do Rasto, foram encontrados estromatólitos nodulares, descritos em ROHN & FAIRCHILD (1986).

Com o desenvolvimento da presente pesquisa, ainda foram descobertas estruturas similares, provavelmente também biogênicas, em 6 localidades do topo da Formação Teresina e/ou da base da Formação Rio do Rasto.

2. FORMAS OBSERVADAS

Os estromatólitos da região de Joaquim Távora (ROHN & FAIRCHILD, 1986) foram atribuídos ao Grupo *Collenia*, no sentido restrito deste grupo. Correspondem a estruturas nodulares calcárias, hemi-esferoidais, de poucos centímetros de diâmetro. No caso da Formação Rio do Rasto, os estromatólitos estão desenvolvidos sobre as superfícies convexas de valvas desarticuladas de bivalves. Há dois tipos ligeiramente distintos:

-Nos estromatólitos designados "Tipo A" (fig. 47.2A, 47.3), a laminação é paralela à superfície da concha incrustada, da base ao topo do estromatólito.

-Os estromatólitos do "Tipo B" (figs. 47.2B, 47.4) caracterizam-se principalmente pela presença de discretas colunas; geralmente apresentam incremento lateral e dimensões maiores que o Tipo A, com as lâminas próximas às margens encurvadas em encontro à concha do bivalve que serve como suporte.

Ainda há estromatólitos com características intermediárias aos dos tipos A e B.

Os estromatólitos são constituídos por aproximadamente 85 % em peso de calcita micrítica e 15 % de argila.

3. DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E ESTRATIGRÁFICA

Os estromatólitos permianos da Bacia do Paraná, tomados como um conjunto isolado, ainda são insuficientemente conhecidos para a resolução de problemas bioestratigráficos. Mesmo em depósitos de outras idades e regiões, talvez com exceção dos pré-cambrianos da União Soviética, os estromatólitos têm sido mais utilizados como auxílio nas interpretações paleoambientais do que na bioestratigrafia. No presente trabalho, os estromatólitos referidos também são encarados como possíveis marcadores ecológicos e sempre analisados em conjunto com os outros dados.

Na pesquisa aqui realizada, os níveis mais baixos com estromatólitos nodulares, em depósitos ainda referíveis à Formação Teresina (praticamente no topo), ocorrem na estrada PR 90 e na estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiaí do Sul. O. RÖSLER (comun.verbal) observou estromatólitos nodulares de um nível estratigráfico provavelmente um pouco mais baixo, próximo a Rio Preto, PR (RÖSLER, 1982). Praticamente na base da Formação Rio do Rasto, na estrada BR 277, o calcário com os bioclastos estromatolíticos ocorre poucos metros abaixo dos depósitos com bivalves da Zona *Leinzia similis*. No afloramento AF/GP 231, na BR 153 (próximo a Jacarezinho), há um calcário laminado silicificado, provavelmente de origem estromatolítica. Ainda foram encontradas estruturas esferoidais silicificadas, as quais poderiam ter origem algálica, na estrada Santo Antônio da Platina-Ribeirão do Pinhal (AF/GP 234), na sequência que evoca a transição da Formação Teresina e a Rio do Rasto.

A posição estratigráfica exata da ocorrência de estromatólitos da região de Joaquim Távora (na estrada entre a PR 21 e a Vila Juá) não pôde ser determinada. A sequência litológica da área assemelha-se levemente a algumas porções daquela verificada próximo a Jacarezinho. Julga-se que o pacote com os estromatólitos possa ser aproximadamente correlacionado.

Em síntese, todas as ocorrências estratigraficamente mais altas com estromatólitos da Bacia do Paraná localizam-se no nordeste do Estado do Paraná. Na região mais meridional, são conhecidas poucas ocorrências - uma na base da Formação Rio do

Rasto e outras na Formação Teresina. Desconhece-se a relação cronoestratigráfica entre estes estromatólitos e os da Formação Corumbataí no Estado de São Paulo e da Formação Estrada Nova no Mato Grosso do Sul.

4. PALEOECOLOGIA

Em ROHN & FAIRCHILD (1986) foram apresentadas algumas interpretações paleoecológicas a respeito dos estromatólitos nodulares de Joaquim Távora. As principais conclusões são as seguintes:

Os estromatólitos desenvolveram-se, provavelmente, em águas rasas e relativamente calmas, límpidas e quentes, caracterizadas por precipitação carbonática e sedimentação subordinada de terrígenos muito finos. As comunidades microbianas, aparentemente representadas predominantemente por cianofíceas filamentosas, colonizaram conchas de bivalves desarticuladas, principalmente as superfícies convexas das maiores conchas. Estas devem ter constituído os únicos sítios firmes, elevados e relativamente estacionários do substrato. Os pequenos estromatólitos do Tipo A (forma "dômica") desenvolveram-se, provavelmente, em áreas ligeiramente mais calmas que os do Tipo B (com as discretas colunas). A energia do meio não era suficiente para que os estromatólitos tivessem experimentado remobilizações durante o seu crescimento; caso contrário, eles teriam adquirido o padrão oncolítico. O ambiente em que os estromatólitos se desenvolveram deve ter sido inóspito a competidores e consumidores primários.

Os estromatólitos atuais são conhecidos em vários tipos de ambientes, nos marinhos aos límnicos (GOLUBIČ, 1973; MONTY, 1979). No entanto, os fósseis foram registrados com maior frequência nos depósitos marinhos, geralmente de águas rasas. Segundo GOLUBIČ (1973), há pouco conhecimento sobre os estromatólitos antigos formados em água doce, apesar que os depósitos de travertino e os oncolitos sejam relativamente comuns no registro geológico. Em razão aos numerosos exemplos de estromatólitos de ambientes marinhos costeiros, o simples fato da sua ocorrência, muitas vezes, foi tomado como evidência direta deste ambiente. SOARES (1972), por exemplo, extrapolou a situação de planícies de maré para os níveis de ocorrência de estromatólitos na Formação Corumbataí. Segundo GOLUBIČ (1973) e MONTY (1979), uma das

diferenças entre os estromatólitos atuais de ambientes marinhos e de água doce seria o caráter da laminação. As lâminas dos estromatólitos (e oncólitos) de água doce seriam originadas pela precipitação biogênica do carbonato de cálcio a partir da solução. No caso dos estromatólitos marinhos, as lâminas formar-se-iam através do aprisionamento de partículas pelas esteiras filamentosas. Os estromatólitos da Formação Rio do Rasto apresentam lâminas formadas por precipitação de carbonato de cálcio (como no primeiro caso acima) e o seu caráter geral aproxima-se mais aos "biscoitos algálicos" de ambiente fluvial ou límico descritos por GOLUBIĆ (1973) e MONTY & MAS (1981). Contudo, tal semelhança não significa obrigatoriamente que os estromatólitos da Formação Rio do Rasto tenham sido originados em ambiente de água doce. Antes do Cenozóico, os ambientes marinhos provavelmente apresentavam maior disponibilidade de carbonato de cálcio em solução e as lâminas estromatolíticas também podiam ser calcificadas (MONTY, 1979). Segundo MONTY & MAS (1981), os quais estudaram estromatólitos fósseis lacustres, uma das condições ambientais necessárias ao seu desenvolvimento deve ter sido a disponibilidade grande de carbonatos, providos pela dissolução de importantes massas de rochas calcárias mais antigas. No caso da Bacia do Paraná, as possíveis fontes de carbonatos para os corpos de água dos ambientes deposicionais da Formação Rio do Rasto podem ter sido as rochas calcárias das Formações Irati, Teresina e Corumbataí, expostas nas bordas da bacia, ou mesmo do Grupo Açungui e outros calcários pré-cambrianos.

5. CARACTERÍSTICAS TAFONÔMICAS

Os estromatólitos analisados da região de Joaquim Távora (ROHN & FAIRCHILD, 1986) aparentemente apresentam sua constituição carbonática original. Estas estruturas biogênicas, assim outras conchas de bivalves sem a capa estromatolítica, encontram-se dispostos caoticamente (fig.47.1), como resultado de um evento de retrabalhamento (vide capítulo "Bioestratonomia"). Nota-se que alguns estromatólitos do Tipo A, com as lâminas mais planares e sem as colunas, apresentam as margens truncadas. Em ROHN & FAIRCHILD (1986) cogitou-se que as lâminas se interdigitavam com o substrato adjacente e se romperam por ocasião do retrabalhamento. Por outro lado, tanto os tipos colunares, como os tabulares (e

ainda os tipos intermediários) podem ter sofrido um leve desgaste nas áreas equatoriais durante o evento da mobilização; observou-se ainda algum fraturamento e dissolução por pressão de compactação atribuídos à diagênese.

GASTRÓPODES

1. HISTÓRICO

REED (1929a, 1935) atribuiu os gastrópodes da localidade Serrinha (e de outras localidades da Formação Teresina) a dois gêneros marinhos. LEANZA (1948), no entanto, considerou todas as formas como genericamente indetermináveis.

A descrição mais detalhada dos gastrópodes da Formação Rio do Rasto foi apresentada por MENDES (1954a). Este autor cogitou a possibilidade de que certas formas correspondam a *Dendropupa*, porém advertiu sobre a dificuldade de classificação dos fósseis por estarem muito mal preservados. MENDES & FULFARO (1966) sugeriram que alguns gastrópodes possivelmente correspondam a *Hydrobia*. RUNNEGAR & NEWELL (1971), de acordo com a opinião de um especialista consultado sobre o assunto, classificaram os gastrópodes como *Dendropupa* sp..

Diversos gastrópodes, todos muito pequenos (raramente ultrapassando 5 mm de altura; figs. 38.1-2), semelhantes aos ilustrados pelos autores acima, foram encontrados em 8 novas localidades da Formação Rio do Rasto. Em ROHN (no prelo a) e no presente trabalho, os gastrópodes foram preliminarmente considerados como cf. *Dendropupa* sp., porém não foram acuradamente analisados.

2. DISTRIBUIÇÃO

Os dados disponíveis sobre os gastrópodes da Formação Rio do Rasto não permitiram notar qualquer tendência bioestratigráfica. Em termos de amplitude vertical, os níveis de ocorrência estão relativamente bem distribuídos. Os gastrópodes quase sempre foram encontrados junto a bivalves, desde a Zona *L. similis* até aproximadamente a porção média da Zona ? *P. platinensis*. A maioria dos afloramentos com gastrópodes localiza-se na estrada Reserva-Cândido de Abreu; há ocorrências na região da BR 373 e 277, na estrada Rio Azul-Paulo Frontin e na região da Serra do Cadeado. REED (1935) e MENDES (1954a) mencionaram gastrópodes para a região de Santo Antônio da Platina.

3. POSSÍVEIS CORRELAÇÕES

Os dados disponíveis são poucos; ainda assim, é interessante lembrar que pequenos gastrópodes frequentemente foram citados como elementos secundários nas malacofaunas permianas do sul da África e de outras regiões. *Dendropupa* ocorreria no Carbonífero Superior e Permiano Inferior dos Estados Unidos e da Europa (RUNNEGAR & NEWELL, 1971). Certamente há necessidade de revisão da classificação apresentada ou da amplitude estratigráfica do gênero.

4. PALEOECOLOGIA

Segundo as observações contidas em RUNNEGAR & NEWELL (1971), *Dendropupa* provavelmente corresponde a um gastrópode de ambiente lacustre. DODD & STANTON (1981) mencionaram inúmeros hábitos e modos de alimentação dos gastrópodes atuais, porém ainda faltam estudos mais acurados das formas da Formação Rio do Rasto para especular sobre este assunto.

5. TAFONOMIA

Segundo RUNNEGAR & NEWELL (1971), os gastrópodes do "Litossoma" Serrinha estão preservados como moldes externos. De fato, conforme as observações aqui realizadas, este parece ser o seu modo de ocorrência mais comum (fig. 38.1). Contudo, um indivíduo do afloramento AF/GP 263 apresenta-se como molde interno silicificado (fig. 38.2).

ESCAMAS E OUTROS RESTOS DE PEIXES

1. HISTÓRICO

REED (1929a) e HUSSAKOV (1930) citaram e descreveram sumariamente algumas escamas e dentes de peixes da localidade Serrinha. Escamas de celacantídeos e de paleoniscídeos, além de espinhos, dentes e ossos de peixes do Grupo Passa Dois foram também observados por MENDES (1952, 1954a, b, 1967). RICHTER (1985a), em sua resenha sobre a paleoicnologia no Paleozóico do Brasil, mencionou a presença de ictiodontes na Formação Rio do Rasto e apresentou uma lista das diversas escamas identificadas do Grupo Passa Dois. RAGONHA (1984) descreveu e avaliou o significado de dentes e espinhos da ordem Xenacanthodii da Formação Corumbataí, os quais seriam similares a formas triássicas, principalmente do Hemisfério Norte.

Com o desenvolvimento da presente pesquisa, foram descobertas inúmeras ocorrências de escamas de peixe (figs. 49, 50) e raramente espinhos encefálicos (lado direito da fig. 122.3). Em alguns níveis, as escamas encontram-se bastante concentradas (fig. 50), porém geralmente estão dispersas nos depósitos e aparecem em associação tafonômica a conchostráceos, bivalves e ostracodes.

Em pelo menos dois afloramentos foram encontrados coprólitos, quase que certamente representando restos intestinais de peixes.

2. FORMAS OBSERVADAS

Não se visou a classificação das escamas coletadas durante a realização do presente trabalho. Ainda assim, foi possível observar que diversas apresentam certa semelhança às formas estudadas por RICHTER (1985a, b), principalmente da Formação Estrada Nova do Rio Grande do Sul. Foram reconhecidas, em caráter preliminar, escamas de celacantídeos (fig. 49.1) e de paleoniscídeos (figs. 49.3, 50), tais como cf. *Elonichthys gondwanus* Hussacof, *Acrolepis?*, e forma Pl em RICHTER (1985a, b; RICHTER et al., 1985).

Um dos coprólitos (s.l.) apresenta preenchimento por grande quantidade de escamas de peixe (fig. 51), cuja seção, de diâmetro um pouco inferior a 1 cm, mostra estruturas aproximadamente

radiais. O outro coprólito, identificado em lâmina (fig. 104), têm aparência botrioidal.

3. DISTRIBUIÇÃO

As escamas de peixe foram encontradas em praticamente todos os níveis estratigráficos e em todas as regiões pesquisadas da Formação Rio do Rasto, porém são particularmente abundantes nos afloramentos ao longo da estrada Reserva-Cândido de Abreu e nas áreas mais setentrionais.

4. PALEOECOLOGIA

Os peixes da ordem Xenacanthodii da Formação Corumbataí, descritos por RAGONHA (1984), indicariam condições de água doce. Segundo RICHTER et al. (1985), as escamas e os ictiodontes do Grupo Passa Dois ainda são insuficientemente conhecidos para dar indicações de paleo-salinidade. O intervalo que compreende as Formações Irati, Serra Alta e Teresina apresentaria o gênero *Xenacanthus*, francamente continental, associado a gêneros considerados marinhos. O intervalo correspondente à Formação Rio do Rasto mostraria uma associação comprovadamente continental (RICHTER et al., 1985).

5. TAFONOMIA

As escamas de peixes e os espinhos escefálicos da Formação Rio do Rasto geralmente estão preservados como moldes externos (fig. 49). As escamas podem ainda ter a ganoína preservada, além de certa permineralização por carbonato de cálcio (fig. 50). A superfície dos moldes pode estar levemente recoberta por óxidos de ferro, do mesmo modo que no caso dos conchostráceos. Não foram encontrados restos de peixes mais completos, com exceção de raros conjuntos de escamas ainda parcialmente conectadas. Em todas as situações, o ambiente deposicional provavelmente não foi suficientemente calmo, nem redutor ou carbonático para a preservação de porções mais completas, uma vez que a própria natureza do endoesqueleto - cartilaginoso dos Xenacanthodii ou muito parcialmente ossificado dos paleoniscídeos - oferecia

pouquíssima resistência à decomposição física e, portanto, propiciava a desarticulação das escamas.

TETRÁPODES

1. HISTÓRICO

Importante impulso à determinação da idade da Formação Rio do Rasto foi dado na década de 70, com a descoberta de tetrápodes na Serra do Cadeado (PR). BARBERENA & DAEMON (1974) e BARBERENA & ARAÚJO (1975) descreveram os primeiros achados, que consistiram em anfíbios rinessucóides e o réptil dicinodonte *Endothiodon*. Estes fósseis permitiriam correlação com a Zona *Cistecephalus* da Bacia do Karroo, indicando idade tatariana. BARBERENA et al. (1980, 1985) discutiram as implicações paleoecológicas da fauna de tetrápodes da Serra do Cadeado e a sua relação às outras faunas. Também é relevante a identificação de *Pareiasaurus* em depósitos da Formação Rio do Rasto da região de Aceguá (RS). Estes depósitos seriam correlacionáveis à Zona *Daptocephalus* e, portanto, estratigraficamente mais altos do que os da Serra do Cadeado. Adicionalmente, os mesmos autores constataram a ausência de qualquer hiato entre esta unidade e a sobrejacente - Formação Sanga do Cabral, na qual foram encontrados tetrápodes correlacionáveis à Zona *Lystrosaurus*, de idade eoscitiana.

ARAÚJO (1984) apresentou ampla discussão sobre as possíveis rotas de dispersão dos anfíbios e répteis neopermianos do Gondwana e os fatores condicionantes deste processo. Em acordo com alguns outros autores, sugeriu que houve dispersão inicial da paleofauna do Hemisfério Norte em direção ao Sul graças ao aquecimento climático, promovido principalmente pelo movimento da placa gondvânica para o norte. No intervalo equivalente à Zona *Cistecephalus* aparentemente não teria ocorrido comunicação com as regiões nórdicas, porém o clima pode ter sido um dos fatores favoráveis à dispersão longitudinal a partir da Bacia do Karroo. Nos "tempos" *Daptocephalus*, ter-se-ia restabelecido a dispersão entre a Laurasia e Gondwana; contudo, uma barreira ("Mar Quênia") teria provavelmente impedido o seu avanço a leste da região africana; adicionalmente, a paleobiota teria apresentado diminuição das formas herbívoras, possivelmente em consequência a transformações da paleoflora.

E.L. LAVINA (comun.verbal) informou a descoberta de tetrápodes na estrada PR 90 (próximo a São Jerônimo da Serra),

ao intemperismo apresenta caráter finamente poroso (figs. 52, 116, 117).

ESTRUTURAS BIOGÊNICAS

Há poucas referências sobre estruturas biogênicas no Grupo Passa Dois e aparentemente nenhuma para a Formação Rio do Rasto. No Rio Grande do Sul, NOWATZKI et al. (1983) identificaram icnofósseis na Fácies Armada, a qual deve equivaler à Formação Rio do Rasto. SALAMUNI (1963) reconheceu prováveis orifícios de vermes em depósitos da Formação Teresina. FÚLFARO et al. (1978) apresentaram um resumo sobre a possível gênese da Formação Estrada Nova no Estado de São Paulo, onde noticiaram a ocorrência de alguns icnofósseis provavelmente produzidos em zona praial de ambiente marinho.

Antes do início das pesquisas de campo para a realização do presente trabalho, em vista da falta de notícias na literatura de icnofósseis na Formação Rio do Rasto, não se previa a inclusão deste tipo de estudo. No entanto, após a constatação de grande número de estruturas biogênicas, considerou-se oportuno apresentar a análise preliminar destas observações. A potencialidade da formação em termos de icnofósseis deverá permitir a realização de outros trabalhos, voltados mais especificamente a este assunto.

Com exceção de uma ocorrência (fig. 130), todos os icnofósseis observados da Formação Rio do Rasto estão preservados em rochas heterolíticas predominantemente arenosas (arenitos geralmente finos) que apresentam estruturas sedimentares claramente geradas ou influenciadas por ondas. Praticamente todos os icnofósseis consistem em escavações (endichnia), tendo sido reconhecida apenas uma possível pista (epichnia?, fig. 136) no afloramento AF/GP 289 na estrada Reserva-Cândido de Abreu e uma provável perfuração (endichnia, fig. 135) no afloramento AF/GP 300 (na mesma região). Também foram verificadas diversas situações em que as camadas se encontram praticamente mosqueadas por efeito da bioturbação (fig. 127).

As escavações foram classificadas em 5 tipos.

Tipo 1: Inclui escavações predominantemente horizontais de direção aleatória, com seção transversal aproximadamente circular ou elíptica de diâmetro menor que 5 mm, apresentando paredes ligeiramente irregulares, preenchimento arenítico, sem estruturas internas visíveis (figs. 123, 124, parte inferior da 125). Estas características combinam com a diagnose de *Planolites* em

HANTZSCHEL (1975) e SIMPSON (1975). Contudo, notou-se que alguns dos traços horizontais, em seção (figs. 123, 124), passam a irregulares e oblíquos. Adicionalmente há traços de diâmetro um pouco maior, em posição praticamente perpendicular ao acamamento. KENNEDY (1975), NETTO & GONZAGA (1985) e outros autores admitem que *Planolites* também pode apresentar traços oblíquos. Os traços de maior diâmetro talvez possam ser incluídos em *Thalassinoides*. Icnofósseis semelhantes ao Tipo 1 geralmente são atribuíveis a animais vermiformes (KENNEDY, 1975). *Planolites* foi observado em depósitos calcários de plataforma e de mares profundos (KENNEDY, 1975), em lagunas e em depósitos marinhos costeiros ("nearshore") (DODD & STANTON, 1981) e foi interpretado como representante de mares rasos por NETTO & GONZAGA (1985). XIAN-TAO WU (1982) descreveu *Planolites* para a porção superior de depósitos de tempestade. Escavações irregulares aproximadamente oblíquas de 2 a 3 mm de diâmetro do afloramento a 4 km ao sul de Mallet (fig. 126) e a 27,3 km de Reserva (fig. 124) aparentemente têm lâminas internas côncavas ou convexas, eventualmente interpretáveis como "spreiten" (traços de escape protusivos ou retrusivos, cf. NOWATZKI et al., 1984). Contudo, suas dimensões e características gerais combinam melhor com as das escavações oblíquas do Tipo 1, incluídas em *Planolites*. Por exemplo, *Teichichnus*, ilustrado em AIGNER (1985) apresenta largura bem maior. As estruturas de escavação do Tipo 1 foram observadas preponderantemente na porção inferior da Formação Rio do Rasto, com exceção daquelas de Santo Antônio da Platina, aproximadamente na porção média da coluna.

Tipo 2: Engloba escavações irregulares e com diâmetro variável, em média maior que o dos traços do Tipo 1 (aproximadamente no centro da fig. 125, maioria dos elementos das figs. 127 e 128). Normalmente são preenchidas por arenito fino e não exibem estruturas internas, aparecendo em posição horizontal em relação ao acamamento, mas também vertical. As características permitem classificar os icnofósseis como *Thalassinoides* (KENNEDY, 1975; SIMPSON, 1975). Alguns dos icnofósseis encontrados a 4 km de Mallet (elementos com o maior diâmetro da fig. 126) apresentam, na parte inferior da seção, laminação interna aparentemente côncava para o topo, assemelhando-se às formas consideradas como "*Thalassinoides*" por NETTO & GONZAGA (1985). Este icnogênero foi

interpretado como produzido por crustáceos (HANTZSCHEL, 1975). *Thalassinoides* geralmente é relacionado aos ambientes marinhos rasos ou a lagunas (HANTZSCHEL, 1975; KENNEDY, 1975; DODD & STANTON, 1981). BROMLEY (1975) ilustrou diversos exemplos deste icnogênero produzidos próximo a superfícies de omissão (superfícies de descontinuidade representando pequenos ou grandes hiatos). No afloramento a 30 km de Reserva (fig. 130) há uma exposição belíssima de icnofósseis, no topo de um lamito arenoso maciço de aproximadamente 15 cm de espessura, provavelmente depositado sob influência de tempestades. Segundo AIGNER (1985), o icnogênero *Teichichnus* seria típico das porções superiores dos depósitos de tempestade. De fato, a superfície externa dos exemplares do afloramento a 30 km de Reserva é semelhante à do gênero mencionado, porém, nesse caso, as estruturas internas ("spreiten") não estariam preservadas. Ainda assim, optou-se por considerá-los também como *Thalassinoides*, dada a sua afinidade às formas ilustradas por BROMLEY (1975). Com exceção dos exemplares de Santo Antônio da Platina, todas as outras ocorrências de icnofósseis do Tipo 2 localizam-se próximo à "base" da formação.

Tipo 3: Tem-se apenas um exemplar deste tipo (fig. 131), cuja seção sugere forma aparentemente cônica (funil), com a abertura para o topo, inclinada e com extremidade inferior encurvada. Não foram observadas estruturas internas. O icnofóssil é aqui considerado preliminarmente como ? *Rosselia*, uma vez que se desconhece suas características em seção transversal e pelas diferenças notadas em relação às ilustrações do icnogênero em HANTZSCHEL (1975) e DODD & STANTON (1981). WESCOTT & UTGAARD (1987) constatarem um traço similar, também designado ? *Rosselia*, em depósito originado por ondas de tempestade. Normalmente, a forma seria característica dos depósitos de praia, na sua porção continuamente submersa (DODD & STANTON, 1981). Uma outra alternativa seria classificar o exemplar como *Cylindrichnus* ou *Schaucylindrichnus*, característicos de águas ligeiramente mais profundas (DODD & STANTON, 1981). O icnofóssil foi encontrado no afloramento a 30 km de Reserva, um pouco abaixo da porção média da Formação Rio do Rasto.

Tipo 4: Inclui escavações praticamente verticais, de 0,6 a 1,5 cm de diâmetro e até 3 cm de comprimento, com seção transversal aproximadamente biconvexa (exemplares da fig. 132) e seção longitudinal exibindo nítidas laminações internas côncavas, voltadas para o topo. As paredes dos icnofósseis são relativamente lisas. As formas assemelham-se a *Pelecypodichnus* em EAGER (1974) e em BROMLEY & ASGAARD (1979). Como a própria designação esclarece, estes icnofósseis seriam produzidos por bivalves. Os autores citados encontraram este tipo de icnofóssil nos depósitos lacustres, de águas rasas, porém há igualmente descrições destas estruturas para depósitos de ambientes marinhos. *Pelecypodichnus* foi observado próximo à base da Formação Rio do Rasto e no afloramento do km 229,7 da BR 476, a menos de meio metro do "contato" com a Formação Pirambóia (fig. 110-111), sempre em depósitos que denunciam a atividade de ondas.

Tipo 5: Corresponde às escavações encontradas a 7,4 km de Dorizon, concentradas num nível de aproximadamente 5 cm de espessura de um arenito com laminação cruzada por ondulações de oscilação. As escavações são verticais, apresentando diâmetros entre 0,6 e 2,0 cm (figs. 133-134). Nota-se um nítido encurvamento descendente das lâminas das estruturas sedimentares na porção adjacente às escavações. Tal caráter aparece de modo menos pronunciado nos cortes das escavações com as maiores larguras. Os icnofósseis lembram ligeiramente as formas denominadas "plug-shaped burrows" em WESCOTT & UTGAARD (1987), as quais teriam sido originadas em ambientes de intermaré ou de inframaré raso. Talvez também sejam atribuíveis a *Pelecypodichnus*, encontrado tanto nos depósitos de ambientes marinhos, como continentais. Alguns autores classificaram formas deste tipo como *Scolithos*, apesar que, na sua diagnose original, reproduzida em HANTZSCHEL (1975), o icnogênero incluiria apenas formas subcilíndricas. As estruturas sedimentares associadas sugerem ambiente de águas rasas afetado por ondas. Ainda assim, o intervalo de gênese das estruturas biogênicas pode representar uma fase de acumulação desprezível de sedimentos, com instalação temporária de condições ambientais mais calmas.

O icnofóssil registrado no afloramento a 27,1 km de Reserva (fig. 135) deve corresponder a uma perfuração, pois apresenta

preenchimento por intraclastos, os quais inexistiriam se o substrato não se encontrasse previamente litificado. Segundo BROMLEY (1975), perfurações preenchidas por intraclastos seriam características das superfícies de litificação intraformacionais ("hardgrounds"), formadas durante um hiato na sedimentação, ou por intensa atividade de bioturbação, ou ainda, por repetidas alternâncias entre recobrimento sedimentar da superfície e de erosão (condicionadas geralmente por tempestades). PAUL (1987) estimou que o tempo de formação de "hardgrounds" é da ordem de 10^3 - 10^6 anos. A forma do icnofóssil é irregularmente cônica, com paredes bulbosas e extremidade inferior encurvada. Apresenta cerca de 10 cm de comprimento e deve ultrapassar 2,5 cm de diâmetro máximo. Difere dos representantes comparados da associação *Trypanites*, a qual englobaria as perfurações típicas de "hardgrounds". Assemelha-se a algumas perfurações ilustradas por BROMLEY (1975), que corresponderiam a *Thalassinoides*. Percebe-se que a designação *Thalassinoides* é utilizada para uma grande variedade de icnofósseis, na realidade, representando provavelmente diferentes etologias e distintas situações ambientais. A forma aqui considerada ainda lembra alguns dos icnofósseis classificados como "*Rosselia*" em WESCOTT & UTGAARD (1987). No entanto, estes apresentariam dimensões bem maiores e foram interpretados de modo completamente distinto: teriam sido produzidos na fase minguante da tempestade, quando o material mais grosseiro para o preenchimento da cavidade estava disponível ou os próprios organismos, em substratos instáveis, teriam concentrado os fragmentos como modo a reforçar a abertura da escavação. No caso da Formação Rio do Rasto, prefere-se ainda a hipótese relacionada à formação de "hardground" porque, sob condições normais, não parece ter havido disponibilidade de intraclastos. O exemplar observado ocorre praticamente na base da formação.

No plano de uma intercalação ligeiramente arenosa e friável num lamito no afloramento AF/GP 289 (estrada Reserva-Cândido de Abreu) verificou-se a presença de possíveis pistas (fig. 136). Estas correspondem a traços mal preservados de 2 mm de largura, com padrão em circunferência de 2,5 a 3 cm de diâmetro. O padrão lembra o de *Spirodesmos* (em HANTZSCHEL, 1975), porém este icnogênero apresentaria traçado com raio de curvatura muito maior. Segundo MASON et al. (1983), estas formas, descritas originalmente

para depósitos de águas profundas, poderiam também ocorrer naqueles de águas rasas; estes autores encontraram *Spirodesmos* no Grupo Eccá, em níveis ainda não perfeitamente estabelecidos - se marinhos ou continentais.

Na Formação Rio do Rasto ainda não foram encontradas pistas ou escavações da "icnofácies *Scoyenia*" (apud DODD & STANTON, 1981), a qual seria característica dos depósitos de camadas vermelhas não marinhas. Na realidade, se a Formação Rio do Rasto tivesse sido depositada num sistema deposicional predominantemente fluvial (com planícies de inundação), a "icnofácies *Scoyenia*" seria a mais esperada. É possível que investigações dirigidas mais especificamente para este assunto resultem na descoberta de elementos típicos desta "icnofácies".

Para a Formação Rio do Rasto ainda é interessante assinalar o registro noticiado por LEONARDI (1987) de uma pequena pegada na pedreira próxima ao km 20,2 da BR 153 (na região de Jacarezinho). A pegada provavelmente seria atribuível a um réptil não lacertiforme. A interpretação coaduna com a presença de estruturas sedimentares indicativas de águas muito rasas.

Em resumo, a avaliação preliminar de alguns icnofósseis encontrados na Formação Rio do Rasto, em geral, sugere ambientes de águas rasas. As escavações dos Tipos 2, 4 e 5 aparentemente foram originadas sob condições mais energéticas que as dos tipos 1 e 3. A perfuração pode evidenciar uma fase de estabelecimento de "hardground" e as possíveis pistas sugeririam águas calmas, porém não obrigatoriamente profundas. Em pelo menos uma situação, a icnocenose evidencia fauna oportunista, pós-tempestade (fig. 130). A aparente ausência de icnofósseis nas rochas pelíticas (águas mais profundas) é dificilmente explicável. O registro de alguns bivalves na posição de vida sugere que, ao menos em alguns intervalos, o substrato era adequado à vida bentônica. Alternativamente, poderia ser aventada a hipótese de que a bioturbação nos lamitos era tão intensa e/ou a granulometria dos sedimentos era tão homogênea, que as estruturas biogênicas individuais não são visíveis.

Com exceção das escavações do Tipo 3 e de um exemplar do Tipo 4, além das possíveis pistas, todos os icnofósseis foram encontrados em níveis correspondentes praticamente à base da formação ou em áreas que devem ter correspondido à borda da bacia

(Santo Antônio da Platina). Em termos formais, apenas os elementos do Tipo 4 (*Pelecypodichnus*) poderiam ter sido gerados em ambiente de água doce. FÜLFARO et al. (1978) interpretaram os icnofósseis da Formação Estrada Nova do Estado de São Paulo como indicadores de condições marinhas. Contudo é importante assinalar que BROMLEY & ASGAARD (1979) encontraram diversas estruturas biogênicas, idênticas às normalmente produzidas nos ambientes marinhos, em depósitos triássicos lacustres da Groenlândia. Os autores valorizaram o fato da baixa diversidade de icnofósseis (que ainda é maior do que a observada na Formação Rio do Rasto) como evidência de ambiente continental. Somente admitiram uma certa flutuabilidade da salinidade da água. Ainda deve ser considerado o fato de que praticamente não foram estudados icnofósseis de ambientes continentais do Paleozóico. MILLER (1984) julga que podem ter existido os seguintes animais escavadores em ambientes de água doce no Paleozóico: organismos vermiformes (*Oligochaeta*, *Tubificidae*), bivalves, gastrópodes e alguns insetos.

Em síntese, os icnofósseis, assim como quase todos os outros fósseis de ambiente aquoso da Formação Rio do Rasto, não são decisivos em termos de indicação de ambientes marinhos ou continentais. Contudo, uma vez que a maioria das formas problemáticas ocorre na base ou na porção inferior da formação, sua afinidade aos icnofósseis de ambientes marinhos não pode ser totalmente descartada.

Após a conclusão do presente capítulo, foi publicado o trabalho de STEVAUX et al. (1987), contendo interessantes observações pertinentes ao assunto, que infelizmente não puderam ser aqui exploradas.

CARACTERÍSTICAS DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES

1. TIPOS DE DEPÓSITOS

1.1. ARENITOS COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA ACANALADA E SEIXOS INTRAFORMACIONAIS (figs. 53-57, 59-61)

Estes arenitos são caracterizados por estratificação cruzada acanalada com lâminas frontais de pequena altura (inferior a 0,5 m), pela presença de seixos intraformacionais na porção basal e pelo contato inferior erosivo (figs. 53, 59). No afloramento a 37,4 km de Reserva, a seção supostamente transversal de um corpo com estas feições tem forma lenticular (largura inferior a 10 m e espessura inferior a 1 m) e sua porção superior está truncada por superfície de erosão (fig. 54). Outros corpos apresentam dimensões maiores (espessura superior a 1 m e comprimento que ultrapassa a extensão exposta dos afloramentos), porém geralmente há nítidos biselamentos, estimando-se extensão lateral pequena. Estes arenitos não foram observados com grande frequência na formação. Sua granulação é fina a média e a composição é quartzosa, com algum cimento argiloso; os depósitos são relativamente friáveis e aparentemente sensíveis ao intemperismo. Não foi possível observar a estratificação em cortes claramente longitudinais; seu caráter parece ser unidirecional. Os seixos intraformacionais são pastilhas angulosas lamíticas de até 2,5 cm de comprimento. Este conjunto de características favorece a interpretação de que estes depósitos se originaram por migração de dunas/barras subaquosas, provavelmente em canais fluviais (cf. COLLINSON, 1978a). No afloramento do km 225 da BR 476 (figs. 60-61), parece haver interdigitação destes depósitos com arenitos de dunas eólicas.

1.2. ARENITOS COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA TANGENCIAL E FREQUENTES "LINHAS DE GRÃOS" (figs. 62-67)

Estes arenitos apresentam estratificação cruzada acanalada com lâminas frontais longas (0,3 a mais de 4 m de altura), bastante côncavas (quase horizontais na base e com mergulhos, às vezes, superiores a 30° na porção superior preservada), repetindo-se uniformemente por extensão lateral relativamente grande (às vezes, por mais de 25 m, figs. 62, 65). Os corpos com esta

estratificação comumente apresentam seção lenticular ou semi-tabular, com acunhamentos laterais. Contudo, as feições mais peculiares referem-se ao caráter das lâminas frontais: geralmente apresentam espessuras da ordem de 1 cm, granulometria da fração areia muito fina a fina, com gradação inversa ou com sequência de linhas de grãos, uma separada da outra por diferenças granulométricas (fig. 63). Todas estas feições sugerem origem eólica para estes depósitos. A gradação inversa das lâminas teria sido causada pelo fluxo de grãos ("grain flow"), devido a pequenas avalanches nos planos frontais das dunas; as linhas de grãos representariam a queda de grãos ("grain fall") por transporte eólico propriamente dito (KOCUREK & DOTT, 1981; DOTT et al. 1986). No plano, as linhas de grãos aparecem como lâminas com grãos bem selecionados (fig. 67), preponderantemente constituídos por quartzo, quase sem feldspato e nenhuma mica. Os arenitos são bastante friáveis ou, às vezes, podem estar um pouco cimentados por minerais de argila, aparecendo mais compactos. Os grãos não mostram bom arredondamento, porém, este parâmetro não é considerado essencial na identificação dos depósitos eólicos por estar relacionado, principalmente, à eficiência e à frequência de retrabalhamento dos grãos.

1.3. ARENITOS COM GEOMETRIA LOBADA E LAMINAÇÃO CRUZADA POR ONDULAÇÕES CAVALGANTES (figs. 68-73)

Entre as estruturas dos arenitos da Formação Rio do Rasto produzidas por fluxos unidirecionais é digna de nota a laminação cruzada por ondulações cavalgantes ("climbing ripples" = "ripple drift cross-lamination"). É explicável pela tendência de preservação da forma original do leito (isto é, da superfície das ondulações) devido ao suprimento relativamente grande de sedimentos depositados da suspensão, somado ao efeito de correntes. As ondulações cavalgantes ocorrem tipicamente no intervalo C do modelo de turbiditos de Bouma (*apud* WALKER, 1979) e em diversos depósitos areníticos formados por fluxos hiperpicnais (mais densos que o meio) comparáveis aos de turbidez (MEDEIROS & PONTE, 1981; DELLA FAVERA, 1984).

Na Formação Rio do Rasto, a laminação cruzada por ondulações cavalgantes foi melhor observada em alguns corpos que

apresentam seção lenticular assimétrica de 1,2 m de espessura máxima e até 40 m de comprimento (figs. 70-71). O ângulo de cavalgamento é pequeno (ondulações cavalgantes subcríticas). As linhas de cavalgamento das ondulações delineiam uma pseudo-estratificação cruzada de baixo ângulo e de grande porte (fig. 70). Próximo ao topo, os corpos frequentemente possuem estruturas de escape de fluidos (fig. 72); em alguns casos, sua acumulação condicionou a origem de estruturas de sobrecarga (fig. 73). Os arenitos são finos a médios, geralmente pouco cimentados e bastante friáveis. Estes corpos equivalem aos lobos de suspensão definidos em MEDEIROS & PONTE (1981), os quais seriam resultantes da rápida deposição de sedimentos transportados em suspensão por correntes para o interior dos corpos aquosos. Os melhores exemplos de lobos de suspensão foram registrados na estrada Mallet-Paulo Frontin, a 6,8 km (fig. 72) de Mallet e a 10,3 km de Dorizon (figs. 68-70) e na BR 277, km 300,4 (fig. 71).

1.4. ARENITOS COM GEOMETRIA SIGMÓIDE (figs. 74-76)

Na Formação Rio do Rasto ocorrem alguns corpos com geometria sigmóide bem definida, quando expostos segundo cortes longitudinais. Apresentam aproximadamente 0,3 a 1,0 m de espessura máxima e até 15 m de comprimento. Sua origem deve ser similar à dos lobos de suspensão, porém por jatos altamente turbulentos à saída dos cursos de água, que sofreram desaceleração ainda mais rápida (WRIGHT, 1977; DELLA FAVERA, 1984). Em geral, suas estruturas internas estão mal preservadas (por exemplo, não puderam ser observadas as ondulações cavalgantes, teoricamente presentes nas porções distais dos corpos). Exemplos: estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 45,9 km de Reserva (fig. 74); BR 153, próximo a Jacarezinho (fig. 75); PR 90, no km 122 da PR 90 (fig. 76).

Também foram observados alguns corpos com seção lenticular e não propriamente sigmóide, com 0,8 a 1,0 m de espessura máxima e até 12 de comprimento na parte exposta (figs. 77a,b). Internamente apresentam organização que lembra a estratificação cruzada tabular. E.L.LAVINA (comun. verbal) considera estes corpos lenticulares como originados pela migração de ondas de areia isoladas, não alimentadas por sedimentos a barlavento, tendo observado ondulações cavalgantes na base. Representariam ação dos

jatos turbulentos ainda à certa distância da desembocadura dos rios, tendo transportado sedimentos como fluxo de fundo (turbidito) e como ondas de areia nas fases de desaceleração (estratificação cruzada).

1.5. ARENITOS TABULARES OU EM LENÇOL (figs. 78, 91, 98, 99)

Na Formação Rio do Rasto há extensos corpos de arenitos tabulares ou em lençol de 1 a 30 cm de espessura, geralmente sem estruturas internas preservadas, apresentando base plana e topo gradacional para lamitos, ou também plano, ou ainda ligeiramente ondulado. Os arenitos são finos, quartzosos, geralmente cimentados por material argiloso cor-de-vinho; alguns são calcíferos e apresentam limite superior mais nítido (fig. 78). O conjunto de características permite classificar os corpos como prováveis turbiditos, embora apenas o intervalo TA do modelo de turbiditos de Bouma (*apud* WALKER, 1979) esteja bem representado (ligeira granodecrescência ascendente), às vezes, sucedido pelo intervalo TC (ondulações cavalgantes raramente preservadas na superfície superior de alguns corpos). A pobreza em estruturas internas pode refletir processo de fluidificação (e também a alteração intempérica). Parte dos lamitos que sobrepõem gradacionalmente os arenitos pode ser interpretada como correspondente ao intervalo TE do modelo (vide capítulo "Paleoambientes").

1.6. ARENITOS COM LAMINAÇÃO CRUZADA POR ONDULAÇÕES DE OSCILAÇÃO OU FLUXOS COMBINADOS (figs. 128-129, 133-134)

A laminação cruzada por ondulações de oscilação ("wave-ripple cross-lamination" = "wave-ripple bedding") representa uma sucessão de fases intermitentes de erosão e de redeposição em consequência à ação de ondas, com tendência à produção de ondulações cavalgantes supercríticas em resposta às correntes de curta duração induzidas no processo oscilatório (modificado de REINECK & SINGH, 1980; RAAF et al., 1977). Na Formação Rio do Rasto, cada lâmina ondulada geralmente apresenta altura inferior a 1 cm e comprimento de onda de 6 a 10 cm. As porções compreendidas entre a superfície de truncamento têm, no máximo, 4 cm de espessura e aparecem com interdigitação lateral. Icnofósseis são bastante comuns nestes depósitos. Nas seções aqui descritas, estes arenitos podem compor depósitos significativos (com mais de 2 m de

espessura). No entanto, geralmente aparecem como intercalações delgadas ou mesmo descontínuas em lamitos, caracterizando o acamamento ondulado (figs. 85, 126).

1.7. ROCHAS HETEROLÍTICAS COM ACAMAMENTO FLASER, ONDULADO E LENTICULAR (figs. 88- 90, 92, 124- 126)

Na Formação Rio do Rasto há mais de um padrão de depósitos heterolíticos (arenitos + lamitos), geralmente com acamamento ondulado ("wavy") e lenticular ("linsen"). Alguns são semelhantes aos exemplos ilustrados por REINECK & SINGH (1980), RAAF et al. (1977), LAVINA et al. (1985) e vários outros autores. Em alguns casos, as partes psamíticas teriam origem semelhante aos arenitos com laminação cruzada por ondulações de oscilação, descritos acima, e os lamitos representam a decantação das partículas nas fases de menor turbulência do meio aquoso. Em vista planar (fig. 86), estas rochas freqüentemente têm marcas onduladas ligeiramente assimétricas ou simétricas com cristas suavemente sinuosas, eventualmente bifurcadas (nunca com projeções linguóides). Conforme os critérios apresentados por REINECK & SINGH (1980), estas marcas onduladas corroboram a interpretação quanto à ação de ondas. É comum a ocorrência de níveis bioturbados. Os depósitos com acamamento flaser, onde os lamitos se concentram apenas nas calhas das ondulações, aparentemente são mais raros (fig. 79). Há certa polêmica quanto à origem destas estruturas. Alguns autores sustentam que o caráter coesivo da argila permitiria a sua retenção nas calhas e sobre os níveis areníticos, mesmo se o intervalo calmo entre as fases mais energéticas é de curta duração. Outros autores consideram que, para evitar a remoção da lama depositada, esta precisaria ser ligeiramente litificada antes do novo retrabalhamento por ondas (ex.: RAAF et al., 1977)

Os acamamentos ondulado ("wavy") e lenticular foram anteriormente descritos para depósitos de vários tipos de ambientes: planícies de maré (WEIMER et al., 1982), regiões mais profundas de sistemas praias (MC CUBBIN, 1982), frentes deltaicas (ELLIOTT, 1978), plataformas marinhas por ação de tempestades (BOUMA et al., 1982), baixios (RAAF et al., 1977), regiões marginais de lagos (WILLIAMSON & PICARD, 1974), etc. Parece provável que as referidas estruturas da Formação Rio do Rasto

tenham sido originadas em mais de um dos contextos sedimentares mencionados.

1.8. ARENITOS COM ESTRATIFICAÇÃO CRUZADA "HUMMOCKY" E DEPÓSITOS ASSOCIADOS (figs. 80, 82)

A estratificação cruzada "hummocky" foi detalhadamente descrita por DOTT & BOURGEOIS (1982), LECKIE & WALKER (1982), HARMS et al. (1982), DELLA FAVERA (1984), GREENWOOD & SHERMAN (1986), DUKE (1987) e vários outros autores, sendo normalmente relacionada à ação de tempestades. Corresponde, em planta, a uma superfície suavemente modelada segundo altos e baixos, respectivamente convexos e côncavos, com diâmetro superior a 1 m (DUKE, 1987). Em corte, a estratificação cruzada "hummocky" caracteriza-se por conjuntos sucessivos de lâminas organizadas conforme a superfície mencionada, onde cada qual aparece truncado pelo seguinte (fig. 80). SEILACHER (1982a, b) designou os corpos com estratificação cruzada "hummocky" como tempestitos areníticos ("sandy tempestites"), expressão também adotada no presente trabalho. Ainda existem os tempestitos conchíferos ("shelly tempestites"), descritos no capítulo "Bioestratonomia". Na Formação Rio do Rasto, os arenitos com estratificação cruzada por ondas de tempestade têm forma tabular ou apresentam acunhamentos laterais; alcançam até 1,5 m de espessura, podendo também aparecer amalgamados entre si em pacotes com espessura superior a 4,0 m (fig. 82). As lâminas da estratificação mostram ligeira gradação normal e têm 1 cm ou menos de espessura. Apresentam granulometria da fração areia fina a muito fina e certa proporção de pelitos (por injeção de lamas?), os quais conferem à rocha um caráter relativamente compacto e, às vezes, uma coloração avermelhada. Observou-se a presença de mica em alguns corpos. Nas regiões basais dos corpos, os contatos são erosivos, aproximadamente planos ou ondulados. Em um tempestito na estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 29,3 km de Reserva, logo acima do contato basal erosivo, há um nível centimétrico com estratificação plano-paralela, denotando deposição em regime de fluxo superior (fig. 81). Próximo à base de alguns tempestitos, ocorrem concentrações de grânulos de quartzo (fig. 81), porém raramente intraclastos ou restos de organismos. O afloramento a 45,7 km de Reserva (AF/GP 207) mostra uma importante exceção: nos corpos há concentração

basal de intraclastos angulosos até submétricos sucedida por proeminente estratificação cruzada hummocky (fig. 82). No topo de alguns tempestitos areníticos da Formação Rio do Rasto foram observadas pequenas ondulações, comumente desenvolvidas de modo complexo como acamamento ondulado, lenticular e flaser, provavelmente por influência das oscilações mais fracas do estágio minquante da tempestade ("spill-over oscillation ripples" *sensu* SEILACHER, 1982b). Há belos exemplos de tempestitos no afloramento AF/GP 249, em Santo Antônio da Platina, com grandes ondulações na base, estrutura de sobrecarga um pouco acima e um nível com acamamento ondulado/lenticular/flaser no topo, sobrepostos por nova sequência similar (fig. 79). No afloramento a 45,9 km de Reserva, foi observada uma superfície de descontinuidade suavemente ondulada, de comprimento de onda superior a 10 m (fig. 83), provavelmente correspondente a uma caternária.

1.9. DEPÓSITOS COQUINÓIDES (figs. 48, 114, 116-118, 120-121, 122.1)

Estes depósitos são caracterizados pela concentração de bioclastos (nem sempre conchas) em camadas geralmente descontínuas, de poucos centímetros de espessura. Estão descritos no capítulo "Bioestratonomia".

1.10. ESTRATOS ARENÍTICOS SUPERPOSTOS ONDULADOS (fig. 84)

Ainda no âmbito das litologias da Formação Rio do Rasto que evidenciam atividade de ondas, ocorrem pacotes decimétricos a métricos formados por estratos de arenitos finos a médios de 2 a 4 cm de espessura, aproximadamente paralelos entre si, porém limitados por ligeiras ondulações de pequeno comprimento de onda (10 a 20 cm), sem intercalações expressivas de lamitos. Internamente, os estratos apresentam caráter aparentemente maciço, que pode ser resultante de fluidificação. Estes estratos ondulados devem representar igualmente a ação de ondas, porém possivelmente com importante participação de material depositado da suspensão. Conforme ilustrações em HARMS et al. (1975), o padrão encontrado lembra "combined flow-ripples" (oscilação + corrente).

1.11. LAMITOS "MACIÇOS" (figs. 98-101)

Grande parte dos depósitos da Formação Rio do Rasto é constituída por lamitos "maciços". Cinco análises de lamitos por difração de raios X, realizadas por D. Atencio, revelaram a presença de quartzo, feldspato, caolinita e minerais do grupo da mica. Nos trabalhos de campo foram constatados também lamitos calcíferos. Os lamitos comumente apresentam partição segundo superfícies concóides (fig. 100) e o intemperismo provoca seu característico empastilhamento. Um pouco mais raramente, os lamitos partem-se segundo planos paralelos, denotando alguma ritmicidade, nem sempre visível. Argilitos propriamente ditos são raros na Formação Rio do Rasto.

Os lamitos não constituem propriamente corpos isolados porque geralmente são os membros finais (ou iniciais) de leitos gradados e dependem da geometria das litologias mais grosseiras adjacentes. Apresentam espessuras variáveis entre alguns milímetros a mais de 10 m, normalmente com ligeiras variações granulométricas ao longo dos pacotes. A situação mais freqüente verificada na Formação Rio do Rasto é passagem ascendente de arenitos tabulares ou em lençol para lamitos (figs. 98-99). Conforme a interpretação já expressa de que estes arenitos podem representar turbiditos, os lamitos equivaleriam ao intervalo (D e) E do modelo de Bouma (*apud* WALKER, 1979). Mesmo onde não há arenitos sotopostos aos lamitos, a hipótese deve ser a mesma. RUPKE & STANLEY (1974), HESSE (1975) e ANDREIS et al. (1986) também descreveram depósitos turbidíticos lamíticos. Apenas os níveis mais superiores das porções pelíticas podem ter sido depositadas passivamente, por aporte muito lento de partículas em suspensão (deposição "hemipelágica"), sem a influência direta de correntes de turbidez. RUPKE & STANLEY (1974) chamaram estes níveis mais superiores (hemipelágicos) como intervalo TF. Segundo AIGNER (1985), alguns lamitos representariam um membro extremamente distal da sedimentação por ondas de tempestade; estes geralmente truncam camadas bioturbadas na base e apresentam novas evidências de bioturbação apenas no topo. Considerando o contexto geral das litologias e estes critérios, é possível que os lamitos ilustrados na figs. 87 e 130 representem tempestitos.

Em alguns lamitos foram encontrados grãos de quartzo dispersos, o que corresponde a casos de inversão textural, tendo

provavelmente resultado do transporte eólico de sedimentos ao corpo aquoso, para a área onde o leito era lamoso.

O caráter essencialmente maciço da maioria dos lamitos é intrigante. Pode ter resultado de total fluidificação, intensa bioturbação, homogeneidade granulométrica muito grande ou da própria alteração intempérica. Em relação ao Grupo Rosário do Sul, onde há lamitos aparentemente similares, LAVINA (1984) levantou a hipótese de que alguns poderiam representar depósitos de loess. A hipótese da presença de depósitos de loess não é totalmente descartável para a Formação Rio do Rasto, porém, a deposição da maioria dos corpos certamente ocorreu sob condições subaquosas: fósseis, tais como escamas de peixes e conchostráceos, são bastante frequentes nos lamitos e, em alguns corpos, foi possível notar prováveis estruturas de escape de fluídos (fig. 101).

1.12. RITMITOS (figs. 92-97)

Na Formação Rio do Rasto há frequência relativamente grande de ritmitos, os quais formam pacotes de até 1 m de espessura. São caracterizados por uma sucessão de pares submilimétricos a centimétricos com gradação ascendente de arenitos muito finos/siltitos grosseiros para siltitos finos/argilitos. No presente trabalho, cada par de ritmitos é considerado como uma "camada", atribuída a um evento. Portanto, valem as interpretações apresentadas para os lençóis de arenitos e os lamitos. Os pares de ritmitos representariam apenas os intervalos A e E (e F) do modelo de turbiditos de Bouma (*apud* WALKER, 1979). Alguns lamitos são incipientemente rítmicos, como no caso da fig. 96. Outros ritmitos denunciam ligeira influência da atividade de ondas, como, por exemplo, nos ritmitos das figs. 93 e 95.

1.13. ROCHAS CALCÍFERAS E CALCÁRIOS (figs. 47, 102-106, 120-121)

Conforme comentado anteriormente, não foram realizadas análises acuradas das litologias calcíferas; ainda assim, alguns aspectos foram notados. Vários corpos calcíferos assemelham-se macroscopicamente aos calcários micríticos amplamente registrados por SOUZA (1985) nas Formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo. São mais frequentes na porção inferior da Formação Rio do Rasto. Também ocorrem em posições estratigráficas altas da unidade, no centro norte ao nordeste do Estado do Paraná.

No afloramento AF/GP 239, na estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, e nos localizados a 27,1 e a 27,3 km de Reserva, além de algumas outras localidades, ocorrem lamitos calcíferos muito compactos (ou ?calcilutitos=micritos), de até 5 m de espessura, com lâminas milimétricas plano-paralelas (fig. 102), cuja origem é discutível. Não se trata de estratificação plano-paralela pela aparente ausência de lineações de partição, pela grande espessura dos pacotes e pela falta de litologias ou de estruturas associadas que sejam compatíveis com fluxos de alta velocidade. Os depósitos provavelmente também não representam uma sucessão de turbiditos porque não se verificou gradação nas lâminas, nem intercalações de material lamítico, embora a presença de cimento de carbonato de cálcio possa ter obliterado estas feições. CLIFTON (1976) considerou que o caráter plano-paralelo de alguns arenitos poderia ser originado pelo cavalgamento a baixo ângulo de ondulações muito pequenas, por fracas correntes induzidas por ondas à profundidade limítrofe da sua influência; contudo, a granulometria destes arenitos é mais grosseira do que nos depósitos calcíferos aqui observados. É possível que os corpos mencionados da Formação Rio do Rasto representem lamas calcárias passivamente acumuladas, sob condições muito calmas; a cimentação carbonática pode ter sido quase concomitante.

A concreção de grandes dimensões visível na parte inferior da fig. 102 é de origem diagenética. Há outras concreções calcárias centimétricas a decimétricas na Formação Rio do Rasto, principalmente na região da BR 376 e da estrada Reserva-Cândido de Abreu. Verificou-se a presença de septárias no afloramento AF/GP 224 da BR 376.

Raras rochas calcíferas da Formação Rio do Rasto caracterizam-se pela presença de intraclastos de calcilutitos esverdeados, arredondados, com cerca de 6 mm de diâmetro (fig. 103); em alguns intraclastos foi possível constatar conchas de ostracodes e possíveis coprólitos (figs. 104-105); a matriz apresenta grãos de quartzo, feldspato, cimento argiloso e carbonático. As vezes, os intraclastos calcíferos podem aparecer misturados a outros pequenos intraclastos.

No calcário coquinóide da região de Joaquim Távora, descrito por ROHN & FAIRCHILD (1986), a matriz é areno-argilo-micrítica e os biocalstos, dispostos de modo bastante aleatório,

são conchas de bivalves e estromatólitos nodulares desenvolvidos sobre conchas de bivalves (fig.47.1). Os pequenos espaços entre as colunas dos estromatólitos apresentam pequenos bioclastos e cimento espático, provavelmente precipitado antes do retrabalhamento dos estromatólitos (fig.47.4). Outras ocorrências de calcários coquínóides e características adicionais são mencionadas no capítulo "Bioestratonomia".

De acordo com os critérios aqui estabelecidos para a distinção entre as Formações Teresina e Rio do Rasto, não ocorrem calcários oolíticos nesta última unidade. Entretanto, vale assinalar que tal litologia foi observada bem próximo ao "topo" da Formação Teresina, na região de Santo Antonio da Platina.

1.14. DIAMICTITOS (figs. 55, 56, 58)

O afloramento AF/GP 301, a 37,4 km de Reserva, é bastante complexo em termos de estruturas e de variedade de fácies sedimentares. Aqui interessa mencionar que ocorre um diamictito lenticular, em cuja base e topo há uma superfície de erosão (fig. 58). No corte observado, o diamicrito apresenta espessura máxima igual a 1,2 m. Sua extensão lateral aparentemente é pequena porque não há vestígios do corpo no corte do lado oposto da estrada. O diamictito é constituído por seixos e blocos ou mesmo matacões intraformacionais de até 0,7 m de comprimento, irregulares ou tabulares, com arestas geralmente não arredondadas, em matriz heterogênea arenítica. Os clastos maiores, compostos por lamitos, evidenciam significativa litificação das rochas antes do seu retrabalhamento. Aparentemente, há uma leve tendência de granocrescência ascendente dos clastos, que evidencia a participação de quantidade relativamente pequena da água no processo deposicional. Esta característica, assim como o contexto geral do afloramento (vide capítulo "Paleoambientes") sugerem que o diamictito provavelmente corresponde a um depósito de fluxo de detritos ("debris flow") (COLLINSON, 1978a).

1.15. DEPÓSITOS MOSQUEADOS (fig. 108)

No afloramento do km 296,6 da BR 376 (AF/GP 224), entre arenitos provavelmente eólicos na transição da Formação Rio do Rasto para a Pirambóia, ocorre um nível de arenito maciço de aproximadamente 0,6 m de espessura, com bolotas argilosas

milimétricas a centimétricas (fig. 108); o arenito possivelmente é interpretável como regolito fóssil. No afloramento do km 109,4 da BR 373, há outro corpo semelhante, com 0,2 m de espessura, gradativamente mais gretado e mosqueado para o topo, encaixado entre arenitos com estratificação cruzada acanalada e seixos intraformacionais.

1.16. DEPÓSITOS COM NÓDULOS SILICOSOS (fig. 109) E OUTROS TIPOS DE NÓDULOS

No afloramento AF/GP 231, próximo a Jacarezinho, foi observado um nível lamítico com uma massa de até 0,2 m de espessura, constituída por nódulos silicosos alterados, densamente empacotados, passando a uma disposição mais dispersa para o topo (fig. 109). Os nódulos têm caráter botrioidal e estão lateralmente interligados, provavelmente por processos epigenéticos. A origem de tais nódulos ainda não foi investigada. É possível que esteja relacionada à substituição de material fosfático ou evaporítico.

Nódulos de óxidos e hidróxidos predominantemente de ferro ocorrem em arenitos muito finos de diversos afloramentos lateralmente correlacionáveis na estrada BR 277. Os nódulos apresentam diâmetros da ordem de 5 mm e são bastante friáveis em comparação ao arenito da matriz que os suporta.

1.17. DEPÓSITOS COM GRETAS DE DESSECAÇÃO (fig. 107)

Gretas de dessecação não foram encontradas em grande profusão na Formação Rio do Rasto. Na região da estrada Reserva-Cândido de Abreu, de Santo Antônio da Platina e raramente em outras áreas, ocorrem alguns níveis lamíticos que apresentam gretas muito rasas (menos de 1 mm de profundidade), formando padrões poligonais irregulares, com cerca de 1 cm de diâmetro. Frequentemente, o material de preenchimento das fendas é calcífero. Próximo a Dorizon (AF/GP 79), num nível de arenito fino lamítico, ocorrem prováveis gretas de dessecação muito maiores (2 a 3 cm de largura, mais de 1 cm de profundidade), demarcando áreas poligonais com mais de 0,5 m de diâmetro (fig. 107).

2. RELAÇÕES ENTRE OS DEPÓSITOS

No presente trabalho, não foram realizadas análises de ciclicidade dos depósitos (análises de cadeias de Markov), porém algumas tendências foram constatadas.

Os arenitos com geometria lobada e laminação cruzada por ondulações cavalgantes frequentemente intercalam arenitos com laminação cruzada por ondulações de oscilação ou lamitos (fig. 71), indicando, respectivamente, o avanço de lobos em águas mais rasas ou mais profundas, ou ainda, variações relativamente grandes do nível de água. Os arenitos lobados, assim como os arenitos sigmóides, também podem estar truncados no topo por estratos de arenito ondulados. No afloramento a 45,9 km de Reserva, os arenitos sigmóides aparentemente estão truncados por caternária, de comprimento de onda aproximadamente igual a 8 m (fig. 83).

Os arenitos com laminação cruzada por oscilação, os estratos de arenitos ondulados e os depósitos heterolíticos com acamamento ondulado e lenticular comumente se alternam na sequência vertical, provavelmente sempre indicando condições de águas rasas e influenciadas por ondas (fig. 85, 131). Em diversas situações aparecem sobrepostos por ritmitos ou lamitos, indicando a passagem para condições de águas mais profundas.

Nos arenitos com estratificação cruzada "hummocky" verificou-se, muitas vezes, clara superposição por arenitos com laminação cruzada por ondulações de oscilação, depósitos heterolíticos com acamamento ondulado/lenticular e, finalmente, ritmitos ou lamitos (aproximadamente como na fig. 79); lateralmente, a variação parece ser similar, porém não foi satisfatoriamente observada pela extensão normalmente pequena dos afloramentos. A gradação vertical indicaria condições minquantes da energia do meio durante a deposição.

Os calcários coquinóides, assim como a maioria das rochas calcárias ou calcíferas também aparecem relacionados aos depósitos influenciados por ondas. As raras fendas de dessecação foram verificadas no topo de bancos calcários/calcíferos e quase nunca em outras litologias.

Os arenitos com estratificação cruzada de grande porte, interpretados como de origem eólica, comumente têm a parte inferior e a superior mal definidas, mais ou menos maciças. Foram encontrados principalmente em associação aos arenitos com estratos

ondulados ou com laminação cruzada por oscilação, ou ainda, aos depósitos heterolíticos com acamadamento ondulado ou lenticular (afloramentos na região de Dorizon). Também há exemplos em que os arenitos eólicos sobrepõem diretamente os lamitos (sem terem sido constatadas gretas de dessecação), como no caso da fig. 65 e da parte superior da fig. 78. O topo freqüentemente plano dos corpos de arenitos eólicos deve representar o limite da porção estabilizada das dunas por subida do nível do lençol freático (fig. 64).

Os raros arenitos com estratificação cruzada acanalada e seixos intraformacionais, interpretados como barras de canais, foram encontrados junto a depósitos de dunas eólicas (figs. 60-61) ou em posição sotoposta a corpos de arenitos de geometria lobada (ex.: 30 km de Reserva), diamictitos (fig. 55-58) ou possível regolito fóssil (km 109,4 da BR 373). Seu limite inferior geralmente é erosivo, tanto sobre lamitos, como sobre outros arenitos.

Finalmente, uma situação muito freqüente é a associação dos lençóis de arenitos ou arenitos tabulares "maciços" com ritmitos e lamitos (figs. 77b, 78, 98-99).

3. COLORAÇÃO

Uma das características mais marcantes da Formação Rio do Rasto, reconhecida desde os trabalhos pioneiros sobre a Bacia do Paraná, é a passagem ascendente das litologias cinza e esverdeadas da base da unidade para as avermelhadas. Tal caráter não é exclusivo desta formação, pois foi verificado em diversas outras unidades estratigráficas de aproximadamente igual idade das regiões gondvânicas e extra-gondvânicas (WAUGH, 1973). Na Formação Rio do Rasto, os níveis avermelhados mais baixos de cada seção colunar não se encontram exatamente na mesma posição estratigráfica, havendo também litologias não avermelhadas em alguns afloramentos, mesmo próximos ao topo da formação. A cor avermelhada deve-se normalmente à presença de óxidos de ferro não hidratados (hematita) disseminados nos lamitos, assim como nas películas argilosas que recobrem os grãos dos arenitos e nos cimentos intersticiais argilosos das rochas. Alguns lamitos aparecem mosqueados por ação do intemperismo, havendo partes descoloridas (ou esverdeadas) em adjacência a raízes de plantas

atuais (microambiente redutor), nos contatos superiores com arenitos muito permeáveis, ou nos planos de concentração de fósseis, os quais constituem zonas preferenciais de percolação de fluidos.

Os arenitos mais friáveis geralmente são amarelados, provavelmente pela quantidade menor de cimento lamítico, o qual mais facilmente concentraria os pigmentos avermelhados.

A gênese ou a fonte dos óxidos de ferro nas rochas sedimentares e seu conseqüente avermelhamento, isto é, se singenética, epigenética ou apenas intempérica, além do seu significado ambiental, é assunto polêmico. Por exemplo, GAMERMANN (1979) concluiu que as cores avermelhadas das litologias da Formação Estrada Nova no Rio Grande do Sul são resultantes de alteração superficial, uma vez que os testemunhos de sondagens da mesma unidade demonstraram a predominância de cores verde-acinzentadas. Contudo, análises de amostras de subsuperfície da Formação Rio do Rasto nos Estados do Paraná e de Santa Catarina revelaram a presença de litologias efetivamente avermelhadas (NORTHFLEET et al., 1969).

Tradicionalmente, os sedimentos vermelhos ("red beds") têm sido associados a climas quentes áridos ou semi-áridos, pois vários autores consideraram os sedimentos vermelhos de alguns desertos como um modelo atual de origem dos "red beds" continentais antigos (*apud* TURNER, 1980). Na realidade, uma vez existindo íons de ferro disponíveis, o estabelecimento da cor avermelhada depende exclusivamente das condições que favorecem a formação da hematita, ou seja, meio oxidante e uma quantidade mínima de umidade para que as reações químicas se processem. Segundo TURNER (1980), a hematita não detrítica das rochas sedimentares sempre se originaria durante a diagênese; deste modo, mesmo os depósitos marinhos poderiam adquirir cor avermelhada através da diagênese, contanto que fossem estabelecidas condições suficientemente oxidantes nas soluções percolantes entre os grãos. Entretanto, PYE (1983) considerou que nos depósitos de origem marinha normalmente prevaleceriam condições redutoras pela grande quantidade de matéria orgânica misturada (derivada principalmente de fitoplâncton); a matéria orgânica constituiria um poderoso agente redutor e haveria estabelecimento de condições oxidantes apenas nos meios onde a sua proporção é menor que 0,3 %.

GHIGNONE (1979) acredita que os pigmentos das camadas vermelhas atribuídas ao Andar Dom João da Bacia do Recôncavo, principalmente da Formação Aliança, seriam detríticos e derivados de solos lateríticos. A predominância de terrígenos finos nesta formação refletiria abundante produção de solos nos arredores da bacia, o que teria exigido condições úmidas na fonte sedimentar. A interpretação de que a cor é primária (gerada na fonte sedimentar) seria sustentada pela homogeneidade da coloração das rochas. GHIGNONE (1979) julgou que o nível das águas na bacia deposicional deveria ter flutuado incessantemente, de acordo com as estações úmidas e secas, o que teria permitido a exposição periódica de sedimentos ao ar e a instalação de condições oxidantes. As considerações sobre as camadas vermelhas da Formação Aliança talvez sejam extrapoláveis para a Formação Rio do Rasto.

Concluindo, parece razoável admitir que a transição das litologias cinzentas ou esverdeadas para as avermelhadas da Formação Rio do Rasto signifique, pelo menos, que houve uma diminuição da produtividade e/ou da capacidade de inclusão e de preservação de matéria orgânica nos depósitos sedimentares, e possivelmente um aumento do aporte de detritos lateríticos, como resultado de um incremento significativo da influência continental.

BIOESTRATONOMIA

Na literatura geológica/paleontológica, os fósseis analisados sob o ponto de vista sedimentar têm sido praticamente apenas os restos vegetais de ambientes geradores de carvão (GASTALDO, 1982; CÚNEO, 1983; SCOTT & COLLINSON, 1983; WNUK & PFEFFERKORN, 1987) e as conchas ou restos esqueléticos carbonáticos de ambientes marinhos rasos, sujeitos à influência de tempestades e/ou de marés (BRENNER & DAVIES, 1973; SPECHT & BRENNER, 1979; DODD & STANTON, 1981; SEILACHER, 1982a; AIGNER, 1985; KIDWELL, 1986; REHFELD, 1986; FÜRSICH & KIRKLAND, 1986; FÜRSICH & OSCHMANN, 1986). Entre os poucos autores que abordam a bioestratonomia de vegetais fósseis em ambientes não redutores, cabe mencionar SCHEIHING & PFEFFERKORN (1984), HILL & GIBSON (1986), ANDREIS et al. (1986), SANDER (1987) e SPICER & WOLFE (1987).

KIDWELL (1986) apresentou uma classificação dos tipos de concentrações de bioclastos esqueléticos conforme a sua posição relativa nos estratos e a presença ou não de superfícies de erosão ou de omissão. Também enumerou os possíveis modos de concentração dos bioclastos em um estrato: por remoção dos sedimentos terrígenos já depositados; por fracionamento granulométrico entre os bioclastos e os terrígenos nos processos que envolvem suspensão e redeposição; e, por sedimentação e/ou acumulação terrígena inexpressiva, tanto por indisponibilidade de partículas inorgânicas, como pela sua passagem transitória através do sítio deposicional. Na Formação Rio do Rasto, os restos orgânicos foram concentrados predominantemente por processos de fracionamento granulométrico, porém nem sempre estes se comportaram como partículas mais "pesadas" que as terrígenas.

Na tabela 8 é apresentado um resumo dos tipos de fósseis encontrados na unidade estudada, sua concentração relativa, sua orientação em relação ao acamamento e os prováveis processos envolvidos. É necessário reconhecer que a classificação bioestratonomica dos fósseis é de caráter preliminar e provavelmente ainda muito incompleta, sustentada por quantidade não muito grande de dados. Ainda assim, as considerações a seguir parecem demonstrar que este tipo de abordagem permite substanciar razoavelmente bem algumas das interpretações inferidas anteriormente através das litologias e das estruturas sedimentares.

1. RESTOS ORGÂNICOS PARA-AUTÓCTONES E ALÓCTONES

Os fósseis para-autóctones e alóctones referem-se, respectivamente, aos restos orgânicos levemente mobilizados (praticamente *in situ*) e aos transportados. Ainda existe o termo "hipautóctone", que diz respeito, por exemplo, aos restos vegetais que sofreram transporte insignificante, como nas turfas ou nos corpos de água próximos a comunidades vegetais produtoras destes restos (MEYEN, 1987). Aqui são consideradas três possibilidades na deposição dos restos orgânicos para-autóctones e alóctones: pela ação de ondas e pela ação de correntes de turbidez.

1.1. Depósitos influenciados por ondas.

Os depósitos originados pela ação de ondas podem ser identificados pelas características sedimentares anteriormente mencionadas e/ou pelo empacotamento característico dos fósseis. Nestes depósitos, em geral, foram encontrados fósseis que se comportaram como partículas mais "pesadas" que os outros sedimentos terrígenos, mas também há exceções (por exemplo, no caso de restos vegetais).

Em termos genéricos, as ondas concentraram os restos orgânicos das seguintes maneiras: a) por fracionamento granulométrico, com suspensão e redeposição dos bioclastos (para-autóctones); b) idem, envolvendo o transporte dos bioclastos (alóctones); c) possivelmente por remoção dos sedimentos mais finos entre os bioclastos.

1.1.1. Tempestitos

Um calcário coquínóide da região de Joaquim Távora, descrito em ROHN & FAIRCHILD (1986) constitui o exemplo mais típico em relação aos fósseis depositados sob influência de ondas de tempestades (fig. 47). Infelizmente, a análise baseia-se apenas numa amostra, doada pelo geólogo O. Francisconi (CPRM), não tendo sido possível localizar o respectivo nível no afloramento de procedência. Nesta amostra, representando um pacote calcário de pelo menos 12 cm de espessura, há mistura caótica de conchas de bivalves e nódulos estromatolíticos. Conforme citado anteriormente, os estromatólitos apresentam padrão colunar, tabular ou intermediário, refletindo a sua origem em microambientes ligeiramente distintos. A mistura dos diferentes

tipos na mesma amostra permite classificá-los, pelo menos, como para-autóctones (senão alóctones). Os estromatólitos provavelmente estavam em franco desenvolvimento até o momento do evento energético que os remobilizou e sepultou (ROHN & FAIRCHILD, 1986). Algumas das conchas de bivalves da amostra estudada podem ter sido trazidas de regiões mais distantes. Provavelmente, já havia concentração prévia de conchas na área, as quais teriam constituído o único substrato suficientemente duro, estável e elevado para a proliferação das esteiras algálicas. Um evento relacionado à tempestade deve ter sido suficiente para uma modificação completa das condições do fundo corpo aquoso, de modo que não deve ter permitido, a curto prazo, uma nova colonização por esteiras algálicas.

Nos outros afloramentos em que também ocorrem nódulos estromatolíticos, os bioclastos estão menos concentrados, porém podem ter sido depositados de modo semelhante. Todos estes depósitos parecem idênticos aos "tempestitos conchíferos" ("shelly tempestites" *sensu* SEILACHER, 1982a), descritos por BRENNER & DAVIES (1973), SPECHT & BRENNER (1979), SEILACHER (1982a), AIGNER (1985), KIDWELL (1986), REHFELD (1986), FÜRSICH & KIRKLAND (1986), FÜRSICH & OSCHMAN (1986) e outros.

Além dos calcários coquinóides com nódulos estromatolíticos, há outros prováveis tempestitos conchíferos na Formação Rio do Rasto. No afloramento AF/GP 230, próximo a Jacarezinho, os bioclastos dos calcários coquinóides são pequenas conchas de bivalves recristalizadas, densamente empacotadas, na maioria desarticuladas e, às vezes, fragmentadas (fig. 120). Os estratos têm 3 a 5 cm de espessura e extensão lateral de poucos metros, podendo apresentar, na base, pequenos intraclastos lamíticos misturados com as conchas. O número de bioclastos diminui para o topo.

No afloramento AF/GP 231, os bioclastos, concentrados num pacote de aproximadamente 10 cm de espessura, são representados por prováveis fragmentos de ossos (figs. 116-117).

No afloramento AF/GP 249, próximo a Santo Antônio da Platina, há grandes concentrações de conchostráceos nos 2 a 4 centímetros basais de arenitos calcíferos de 30 a 40 cm de espessura (fig. 118). Os fósseis aparecem sustentados pela matriz e a sua frequência diminui para o topo. Provavelmente, o baixo

peso específico dos conchostráceos, comparativamente ao dos sedimentos arenosos, não permitiu um empacotamento mais denso na base. No mesmo afloramento, há níveis coquínóides milimétricos de bivalves (fig. 122.1), os quais vão sendo substituídos ascendentemente por conchostráceos, o que mostra claramente os efeitos do fracionamento granulométrico. Ainda no afloramento AF/GP 249, há um nível com grande concentração de caules de *Paracalamites* (fig. 115), parcialmente orientados (direção aproximada N-S), encontrados junto a alguns bivalves de dimensões relativamente grandes e com valvas articuladas fechadas em posição horizontal. O fato destes caules estarem junto aos bioclastos mais "pesados" (conchas de bivalves) sugere que os primeiros estavam previamente encharcados por água, ou mesmo com a cavidade da medula já parcialmente preenchida por sedimentos, o que teria compatibilizado a sua velocidade de decantação àquela dos bivalves. A orientação dos caules obviamente evidencia a participação de correntes no processo.

No afloramento AF/GP 289, na estrada Reserva-Cândido de Abreu, num pacote arenítico de aproximadamente 15 cm de espessura, ocorrem bivalves concentrados na base (compreendendo espessura menor que 1 cm), pequenos gastrópodes na porção média (espessura igual a 7-10 cm) e conchostráceos na porção superior, aparentemente também denotando fracionamento granulométrico dos bioclastos. A quantidade de matriz é relativamente grande (arenito fino a muito fino, gradando para siltito) e os fósseis estão organizados aproximadamente em planos, de modo semelhante à disposição das pelotas fecais num arenito de tempestade laminado, ilustrado por REINECK & SINGH (1972). No afloramento AF/GP 263 na BR 373 há um pacote coquínóide (na realidade, com fósseis preservados apenas sob a forma de moldes), que apresenta bivalves desarticulados concentrados principalmente nos 3-4 centímetros basais e ostracodes nos 25-30 centímetros restantes (fig. 48), com estreita faixa transicional entre as duas porções. A quantidade de ostracodes é tão grande que estes aparentemente constituíram a matriz sedimentar das bivalves na faixa transicional. É provável que a maior parte dos sedimentos terrígenos tenha sido introduzida posteriormente por infiltração mecânica a partir das camadas adjacentes ainda inconsolidadas, a exemplo dos tempestitos conchíferos descritos por KREISA (1981). Supõe-se que as carapaças

de ostracodes já estivessem bastante concentradas antes do evento energético que as reorganizou. Alguns raros bivalves ocorrem dispersos na porção mais superior do pacote, o que é de se esperar nos depósitos influenciados pela ação de ondas.

No afloramento AF/GP 272 (BR 277) há um pacote com grande concentração de bivalves na porção basal (espessura de 1,5 cm), passando para uma porção com bivalves mais esparsos, (espessura aproximada de 8 cm, fig. 114), sucedida por uma porção com raros bivalves, todos com a superfície convexa para cima, e prováveis fusinitos (fig. 45). DODD & STANTON (1981) e FURSICH & KIRKLAND (1986), entre outros, mencionaram que, no caso de ação de ondas, as valvas apareceriam orientadas com a superfície convexa para cima apenas se estas tivessem sido colocadas totalmente em suspensão; uma condição adicional seria a ausência de sedimentos retidos na porção côncava das valvas. Por outro lado, as valvas de bivalves teriam orientação aleatória nos tempestitos de natureza residual, se as ondas tivessem proporcionado somente a simples remoção dos sedimentos terrígenos entre as conchas. Estas também poderiam adquirir orientação aleatória por subsequente bioturbação. Portanto, os bivalves da maioria dos tempestitos da Formação Rio do Rasto não devem ter sido colocados totalmente em suspensão ou formaram uma massa demasiado densa para ter permitido sua deposição individualmente em equilíbrio.

Apesar dos diversos critérios citados, alguns pacotes coquinóides não calcíferos da Formação Rio do Rasto são interpretados com certa reserva, pois há outros processos, além de fortes ondas (com a participação de correntes), que podem ter sido capazes de provocar fracionamento granulométrico dos bioclastos (por exemplo, correntes de turbidez). No afloramento AF/GP 265 (BR 373) há um estrato de arenito fino (com espessura aproximadamente igual a 0,5 m) de aparência maciça, onde se verifica 4 conjuntos distintos de fósseis em sucessão vertical, havendo passagem gradativa de um para o outro: a) bivalves e ostracodes, formando coquina (representada somente por moldes); b) conchostráceos, escamas de peixe e folhas *Glossopteris*; c) sementes; d) restos vegetais pequenos e muito fragmentados. O arenito é sobreposto abruptamente por um lamito, aparentemente não havendo separação por superfície de diastema. Segundo SEILACHER (1982b), a ausência

de passagem gradativa entre arenitos e lamitos pode constituir um critério adicional para o reconhecimento de tempestitos.

1.1.2. Outros depósitos influenciados por ondas

Os depósitos fossilíferos influenciados por ondas de menor magnitude que as de tempestade são facilmente reconhecíveis quando apresentam acamamento lenticular/ondulado ("linsen"/"wavy"). Alguns exemplos foram verificados nos afloramentos AF/GP 216, 249, 305 (conchostráceos), 231, 234, 253, 285, 286 (escamas de peixe), 241, 246, 255 (escamas de peixe e conchostráceos), 250 (lentes com concentração de escamas de peixes), 289 (principalmente conchostráceos), e ainda possivelmente no AF/GP 221 (conchostráceos). A maioria dos afloramentos citados está localizada no nordeste do Estado do Paraná. Os fósseis ocorrem em grande ou pequena abundância, em geral, concentrados de modo bem definido ao longo de uma ou mais superfícies ligeiramente onduladas. As litologias são predominantemente lamíticas, às vezes calcíferas, e o acamamento lenticular/ondulado é incipiente, pouco marcado, sem grandes contrastes granulométricos, eventualmente aproximando-se ao padrão rítmico. No afloramento AF/GP 249, além da presença de tempestitos, há depósitos influenciados por ondas mais fracas, tendo sido também encontrado um nível em que os conchostráceos condicionaram marcas em crescente (fig. 119), evidenciando fases com predominância da ação de correntes.

Há dúvidas em relação ao afloramento AF/GP 241 (estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul), onde os conchostráceos, com valvas articuladas fechadas, estão organizados em bandas de aproximadamente 1 cm de largura, concordantes ao acamamento, retilíneas, com algumas dicotomias em baixo ângulo (figs. 122.3-4). As bandas aparentemente correspondem a tubos compactados e repetem-se em diversos níveis, num pacote de mais de 40 cm de espessura. Mediu-se a orientação de 20 bandas; admitindo uma tolerância de 20°, obteve-se os seguintes resultados: 20 % - direção N-S; 15 % - direção N40W; 15 % - direção N80W; as outras direções têm representatividade de 10 % ou menor. Notou-se que há mais bandas de direção NW do que NE. Em algumas bandas há escamas de peixe, descartando a hipótese de que a estranha organização dos conchostráceos reflita ancoragem a alguma estrutura alongada (por exemplo, algas). O fato dos conchostráceos estarem inteiros, com as valvas articuladas fechadas, e a ocorrência das dicotomias das

faixas tornam pouco provável que estas correspondam a coprólitos ou a restos intestinais de animais de maior porte. As medidas da orientação dos tubos não parecem sustentar a hipótese de que haja relação a feições paleogeomorfológicas (linha de costa, desembocadura de rios, etc). Ainda precisa ser investigado, se as estruturas lineares com os fósseis não podem equivaler a gretas de dessecação relativamente grandes. A interpretação destas estruturas, por enquanto, é deixada em aberto.

No afloramento AF/GP 270 (BR 277) ocorrem fragmentos de caules muito mal preservados em diversos níveis de um arenito fino, com incipiente acamamento lenticular, ao longo de 20-30 cm de espessura. O estado fragmentário dos fósseis pode evidenciar um certo retrabalhamento por ondas, o qual, no entanto, não deve ter sido muito prolongado (senão, teria ocorrido maior decomposição química).

Além dos casos mencionados acima, na Formação Rio do Rasto ainda existem depósitos fossilíferos caracterizados por matriz síltica ou de arenito muito fino (às vezes, calcífero), com fratura conchoidal, estrutura aparentemente maciça ou com incipientes ondulações, praticamente não reconhecíveis, onde os fósseis geralmente estão dispersos e homogeneamente distribuídos. São preliminarmente considerados como influenciados por ondas pelo contexto geral em que se inserem e pela falta de evidências a favor de outras interpretações. Exemplos destes depósitos ocorrem nos seguintes afloramentos: AF/GP 157 (um pacote com pecopterídeas fragmentadas - figs. 43.1-2, 43.4-5, e outro com conchostráceos), 238 (conchostráceos, ostracodes e escamas de peixe), 272, 286 (escamas de peixe), 249 (nível com restos vegetais), 271 (conchostráceos e fragmentos possivelmente de *Sphenophyllum*), 301 (caules fragmentados) e 307 (nível com conchostráceos). Nos casos em que a composição da tafocenose é constante da base ao topo do depósito, torna-se especulativo determinar se este foi acumulado num único episódio ou gradativamente, por um tempo prolongado. Por exemplo, a acumulação de conchostráceos, mesmo sob influência de ondas, pode ter ocorrido gradativamente; as populações que ocuparam um determinado corpo de água, a exemplo dos conchostráceos atuais, poderiam representar gerações sucessivas das mesmas espécies por longos intervalos de tempo; adicionalmente, a preservação destes organismos não deve ter

dependido obrigatoriamente de um rápido sepultamento. No entanto, a situação é distinta no caso de megafósseis vegetais: no afloramento AF/GP 157, as pecopterídeas ocorrem como pínulas ou como pinas fragmentadas (figs. 43.1-2, 43.4-5), distribuídas de modo aleatório num pacote lamítico de 30-40 cm de espessura, com aparência maciça, posicionado entre depósitos influenciados por ondas; apesar da fragmentação mecânica, as pecopterídeas aparentemente não foram submetidas à decomposição química, sugerindo sepultamento relativamente rápido; dada a homogeneidade da composição da assembléia florística da base para o topo do pacote, supõe-se que este tenha sido depositado de modo mais ou menos contínuo.

Há dúvidas maiores quanto à origem dos depósitos dos afloramentos AF/GP 173 (conchostráceos), 195 (conchostráceos e escamas de peixe), 273 (bivalves e gastrópodes), 291 (*Glossopteris*) e 308 (conchostráceos e *Paracalamites*).

1.2. Ação de correntes de turbidez

Entre as litologias observadas na Formação Rio do Rasto, podem ser classificados como turbiditos os lençóis de arenito, alguns pacotes de lamitos e os ritmitos.

Conforme já explicado, a expressão "turbidito lamítico" é aqui utilizada para expressar camadas gradadas de grande extensão lateral, aproximadamente tabulares ao nível de afloramento, provavelmente acumuladas a partir do transporte de nuvens de sedimentos em suspensão. A ausência de estruturas internas (exceto o caráter granodecrescente) e a falta de base erosiva e de bioturbação (salvo eventual mosqueamento na porção superior) parecem corroborar a origem por correntes de turbidez de baixa densidade. Nos lamitos mais espessos, os fósseis alóctones geralmente concentram-se no topo das camadas, em porções de poucos centímetros de espessura. Nestas porções, a composição das assembléias sempre parece ser constante na direção vertical (a não ser que haja turbiditos superpostos, cujos limites não sejam perceptíveis nas exposições). Foram observados mais de 50 lamitos turbidíticos fossilíferos, com espessuras de alguns centímetros a poucos decímetros. Destes 50, cerca de 30 são finamente laminados em virtude à grande concentração de fósseis (70 % dos lamitos - contém somente megafósseis vegetais; 20 % - só conchostráceos; 5 % - só escamas de peixes; 5 % - megafósseis vegetais juntamente com

conchostráceos). Nos 20 afloramentos restantes, os lamitos fossilíferos têm caráter totalmente maciço (80 % dos lamitos - contêm somente conchostráceos; 20 % - só megafósseis vegetais). Os fósseis encontrados nos ritmitos (onde cada par corresponderia a um turbidito) ocorrem bem mais dispersos nos planos de acamamento (ex.: fig. 96). Um pouco mais da metade dos pacotes rítmicos fossilíferos analisados (14 entre 27) não mostra variações significativas na composição das assembléias na direção vertical (principalmente no caso de conchostráceos, escamas de peixes e raros bivalves, como no afloramento AF/GP 170). Entretanto, outros pacotes rítmicos fossilíferos apresentam composição variável de um par para o seguinte (principalmente no caso de megafósseis vegetais).

No afloramento AF/GP 168 ocorrem pelo menos 5 prováveis turbiditos lamíticos (com espessura média de 0,4 m); em 2 níveis intercalam-se arenitos, aparentemente com geometria lobada, o que deve confirmar que toda a área estava sujeita à invasão por fluxos hiperpicnais, porém com variações do nível da água. Próximo ao topo do segundo turbidito lamítico concentram-se principalmente pecopterídeas; nos outros corpos há abundância de *Paracalamites* sp. 2 e *Schizoneura gondwanensis* homogeneamente misturados; no turbidito mais superior foram adicionalmente verificados representantes de *Ilexoidephyllum permicum*.

No afloramento AF/GP 79, próximo a Dorizon, há uma sucessão de níveis fossilíferos por mais de 1,5 m de espessura de lamito. Ocorrem porções com predominância de conchostráceos, outros com grande quantidade de *Glossopteris*, algumas com abundância razoável de *Sphenophyllum* ou raras filicíneas, raros bivalves, sementes e, finalmente, há vários níveis com mistura mais ou menos homogênea destes elementos. O pacote é limitado na base por arenito aparentemente eólico. As partes mais inferiores do pacote fossilífero apresentam partição segundo planos paralelos; ocorrem algumas pequenas intercalações mais arenosas (lençóis de arenitos de até 1 cm de espessura) e um nível com concreções de calcário. Em direção ao topo decresce a diversidade e a quantidade de fósseis, persistindo praticamente apenas as glossopterídeas; o lamito assume caráter praticamente maciço com fratura conchoidal. Todo o pacote fossilífero deve representar vários turbiditos superpostos. Este é seguido por arenito com estratificação cruzada

hummocky, apresentando caules de esfenófitas concentrados aparentemente na porção basal.

Além dos ritmitos e dos lamitos turbidíticos, onde os fósseis aparecem concentrados preponderantemente na parte superior de cada camada ou par rítmico, ainda há prováveis turbiditos mais areníticos, em que os fósseis aparecem concentrados na base, no nível equivalente ao intervalo TA do modelo de turbiditos de Bouma (*apud* WALKER, 1979). Tal caráter foi observado, por exemplo, em relação aos restos de peixes do afloramento AF/GP 304 (fig. 78), da Serra do Cadeado. No mesmo afloramento, foram encontrados restos de tetrápodes (BARBERENA et al., 1980), porém não há informações disponíveis sobre a bioestratonomia.

A origem de alguns depósitos com grandes concentrações de bivalves ainda não foi satisfatoriamente esclarecida. Estes corpos têm aproximadamente 4 cm de espessura, extensão lateral relativamente grande (ultrapassando, pelo menos, uma dezena de metros) e são constituídos quase que exclusivamente por arenito fino argiloso com grande profusão de moldes de bivalves, representando um pacote originalmente coquinoide. O contato basal dos depósitos parece ser erosivo. As valvas das conchas ocorrem articuladas fechadas ou isoladas, apresentando disposição horizontal ou caótica. A diversidade pode chegar a 3 espécies (ou mais?). Se os depósitos estivessem num contexto de litologias influenciadas por ondas, eles certamente seriam identificados como tempestitos. Contudo, os depósitos aparecem intercalados entre lamitos provavelmente turbidíticos (por exemplo, nos afloramentos AF/GP 192 e 295 na BR 277), onde não há qualquer evidência de atividade de ondas. Eles talvez possam ser interpretados como residuais pela passagem de correntes unidirecionais (por exemplo, pela passagem de correntes de retorno - "rip currents" - na fase minguante de uma tempestade, a qual teria originado, nas regiões mais distais, uma corrente de turbidez).

Outro corpo que suscita alguma dúvida é um calcário coquinoide de Jacarezinho (AF/GP 230), intercalado entre dois corpos de geometria sigmóide (fig. 121). O nível fossilífero tem até 8 cm de espessura e pequena extensão lateral (da ordem de metros). Os fósseis são representados por bivalves em estado desarticulado e razoavelmente selecionados quanto ao tamanho (cerca de 6 mm de comprimento), o que indica, certamente, um

significativo retrabalhamento. No mesmo afloramento ocorrem alguns corpos interpretados como tempestitos, inclusive outro calcário coquinóide (fig. 120). Ainda assim, embora a ação de ondas não deva ser descartada, a origem do corpo fossilífero em discussão poderia estar relacionada ao processo gerador dos corpos sigmóides adjacentes (fluxo homopical?):

2. FÓSSEIS AUTÓCTONES

Somente os bivalves dos afloramentos AF/GP 192, 214, 287, 296 e talvez também 217 podem ser considerados como fósseis autóctones. A principal característica destes depósitos é a ocorrência dos fósseis com as valvas articuladas fechadas em posição praticamente vertical, havendo também muitas em posição horizontal e algumas articuladas abertas ou desarticuladas (fig. 122.2). De um modo geral, as litologias dos depósitos são lamíticas ou areníticas muito finas, com fratura concóide e estrutura maciça, exceto ligeira granodecrescência ascendente. Os depósitos são tabulares e apresentam espessuras entre 3 e 50 cm. Ainda podem aparecer porções com pequenas intercalações planas mais arenosas (da ordem de milímetros). Estes pacotes provavelmente são interpretáveis como um conjunto de lençóis areníticos e/ou lamitos turbidídicos e assemelham-se aos anteriormente descritos. O caráter praticamente maciço das rochas deve refletir esta origem, assim como a atividade dos organismos, sem contar o efeito mais recente do intemperismo. As assembléias de bivalves são mono ou multi-específicas. Junto aos bivalves podem aparecer escamas de peixes, conchostráceos e gastrópodes. Por efeito da compactação, a concentração de indivíduos chega a ser bem grande. Não se observou gradação por tamanho ao longo dos depósitos ou qualquer outro tipo de organização (ex.: fig. 38.28), porém o número de indivíduos geralmente é bem menor no possível topo dos pacotes. Na realidade, não se pode definir exatamente a posição da base e do topo dos depósitos porque há passagens gradativas entre as litologias e cada pacote deve ser constituído por vários turbiditos sobrepostos (lençóis ou lamitos turbidídicos).

No afloramento AF/GP 192 há concentração variável de bivalves de um nível para o outro; alguns destes níveis têm grande número de indivíduos em posição vertical (fig. 122.2), enquanto

que outros apresentam preponderância de indivíduos na posição horizontal, ora dispersos, ora concentrados. Em amostras deste afloramento foi possível contar 146 indivíduos da espécie *Nothoterraia acarinata*, onde 49 se encontram articulados fechadas (figs. 38.25, 38.29), 11 articulados abertos (fig. 38.28), 46 correspondem a valvas direitas e 40 a valvas esquerdas (ROHN, no prelo a). A distribuição dos indivíduos em relação às classes de tamanho segue aproximadamente o padrão da curva de Gauss (ROHN, no prelo a). O número semelhante de valvas direitas e esquerdas e a distribuição dos bivalves por tamanho corrobora a hipótese de nenhum ou pouco transporte. Notou-se que os indivíduos com valvas articuladas fechadas geralmente apresentam dimensões maiores do que aqueles com valvas articuladas abertas. Tal fato poderia estar relacionado, possivelmente, à resistência maior à decomposição dos músculos adutores nos bivalves mais idosos (ROHN, no prelo a). Quanto à *Religiicola delicata*, do mesmo afloramento, foram contadas 9 valvas direitas, 10 valvas esquerdas, 8 valvas articuladas abertas e 4 articuladas fechadas. Ainda foram encontrados 5 indivíduos da espécie ? *Palaeomutela platinensis*. Entre o número total de formas coletadas, cerca de 18 ocorrem na posição de vida (fig. 38.25).

No afloramento AF/GP 296 (fig. 98), onde todas as espécies foram identificadas como *Religiicola delicata*, contaram-se 175 indivíduos, dos quais 83 (47,4 %) ocorrem com valvas articuladas fechadas em posição horizontal, 13 (7,4 %), com valvas articuladas fechadas em posição vertical ou inclinada, 42 (24,0 %), com valvas articuladas abertas, e 37 (21,1 %) estão mal preservadas, em posição horizontal. Dos indivíduos com valvas articuladas abertas, 22 estão com a parte convexa para cima e 20 na posição inversa. Há ampla variedade de tamanhos dos bivalves (vide capítulo "Paleoambientes").

No afloramento AF/GP 214 na BR 376 foi possível contar 16 valvas isoladas, 4 indivíduos com valvas articuladas abertas, 9 com valvas articuladas fechadas em posição inclinada ou perpendicular ao acamamento.

Em relação aos outros afloramentos, não foram realizadas contagens pelo número pequeno de amostras coletadas.

Todos os dados aqui fornecidos confirmaram a hipótese de pouca ou nenhuma remobilização dos bivalves por processos

sedimentares. Pelo menos em determinados níveis, os bivalves em posição inclinada ou vertical provavelmente foram sepultados por acumulação rápida de sedimentos.

PALEOAMBIENTES

De acordo com a maioria das interpretações ambientais das publicações precedentes sobre a Formação Rio do Rasto, os corpos "lenticulares" seriam atribuíveis a barras de canais fluviais e os lamitos avermelhados, a depósitos de planície de inundação. A discussão abaixo procura demonstrar que, na realidade, o contexto ambiental provavelmente era bastante distinto daquele tradicionalmente sugerido.

Segundo COLLINSON (1978a), nos depósitos de canais fluviais seriam esperados conglomerados (de fundo de canal), arenitos com estratificação cruzada acanalada (por migração de dunas subaquosas) e tabular (por migração de ondas de areia, barras transversais e outros), geralmente com superfícies de reativação e "drapes" de lama (conforme as variações de fluxo), às vezes, com superfícies de acreção (por acreção lateral de barras de pontal), incluindo ainda arenitos com estratificação plano-paralela (por fluxos de alta velocidade ou atuantes nas partes muito rasas do canal) e arenitos com laminação cruzada; os depósitos de canal poderiam aparecer como unidades isoladas nos membros finos, porém geralmente ocorrem organizados como unidades compostas amalgamadas, com grande extensão lateral, em consequência à migração lateral dos canais, mesmo se os rios não eram meandrantess. Conforme esta síntese das características diagnósticas mais comuns dos depósitos de canais fluviais, de fato, somente os raros arenitos com estratificação cruzada acanalada, base erosiva e intraclastos da Formação Rio do Rasto podem ser interpretados como depósitos de canal (figs. 53, 54, 57, 59, 60, 61). Outros depósitos com estratificação cruzada acanalada, mesmo os esquematizados por BIGARELLA & SALAMUNI (1967), devem corresponder a depósitos eólicos. Para contestar esta conclusão, poder-se-ia argumentar que nos arenitos supostamente eólicos falta confirmar a presença de estruturas de adesão, ondulações geradas pelo vento ("climbing translational strata"), pistas, marcas de pingos de chuva, ventifactos, etc (cf. KOCUREK & DOTT, 1981; DOTT et al., 1986). Por outro lado, fluxos em canais provavelmente não teriam gerado lâminas frontais de tão grande porte e de orientação tão homogênea (figs. 62, 65, 66), nem as "linhas de grãos" (fig. 63). Nos depósitos eólicos, as linhas

de grãos, formadas pelo selecionamento muito bom ao longo das lâminas e diferenciação granulométrica de uma lâmina para a outra, refletem variações na capacidade de transporte pelo vento. Admite-se alguma dificuldade de distinção entre os depósitos de canal e os eólicos associados lateral ou verticalmente, como nos exemplos das figs. 57, 60, 61. Nesse caso, os depósitos de canal representam retrabalhamento dos eólicos (e vice-versa), com granulometria, seleção e composição muito semelhantes. Análises mais minuciosas deverão promover o reconhecimento de outras feições diagnósticas de cada tipo de depósito.

Na Formação Rio do Rasto não parecem existir outros depósitos areníticos de canal além dos fluviais (por exemplo, não se constatou estratificação cruzada em espinha de peixe, originada por fluxos de maré). Os depósitos também não coadunam com os modelos de planícies deltaicas. COLLINSON (1978a) apontou que os distributários de deltas dominados por rios geralmente formam depósitos alongados e pouco tabulares. Segundo ELLIOT (1978), os distributários deltaicos seriam distintos dos canais fluviais pela maior tendência de abandono e avulsão e por serem influenciados pelos processos baciais. Nenhuma destas características pôde ser confirmada para os depósitos de canal da Formação Rio do Rasto. Apesar disso, no afloramento a 30 km de Reserva há um provável exemplo em que o arenito de canal provavelmente foi depositado bem próximo à costa. O depósito fluvial (fig. 59) está sobreposto por arenitos de geometria lobada e estes, por sua vez, estão parcialmente retrabalhados por ondas; no topo, há espesso pacote de lamitos. A sequência lembra uma retrogradação em consequência de evento transgressivo, mas não chega a ser tipicamente deltaica.

Os depósitos de canal da Formação Rio do Rasto não aparecem associados aos característicos depósitos pelíticos de planície de inundação (como seria esperado nos sistemas fluviais meandantes e anastomosados *s.s.*). Nos trabalhos de campo, foi dada certa ênfase na procura de feições de ressecamento ou marcas de raízes, sem ter resultado em grande sucesso: há dúvidas quanto à identificação dos regolitos fósseis; as gretas de dessecação, quando presentes, estão associadas a rochas calcíferas, aos depósitos eólicos (fig. 107) ou aos depósitos influenciados por ondas (praticamente apenas no nordeste do Estado do Paraná e na porção basal da formação nas áreas mais ao sul). Poder-se-ia especular que a raridade destas

estruturas talvez se deva ao retrabalhamento dos depósitos de inundação nos períodos de cheia subsequentes, ou que a maior parte das "planícies de inundação" estava permanentemente recoberta por uma lâmina de água; nesse caso, alguns lençóis de arenitos intercalados poderiam ser interpretados como depósitos de crevassa. Tal hipótese talvez seja válida localmente, porém são necessários novos estudos. De qualquer modo, na área estudada, faltam evidências de rios caudalosos ou de extensos deltas. Pelo fato do registro de ambiente fluvial ser pobre na Formação Rio do Rasto e o ambiente eólico estar relativamente bem caracterizado, parece mais provável que os rios eram efêmeros, condicionados por clima semi-árido. Os depósitos correspondentes devem ter sido freqüentemente retrabalhados pelo vento. Nestas condições, não teria existido uma planície de inundação típica, como nos sistemas fluviais meandrantos. Esta interpretação combina com as evidências paleontológicas já mencionadas - as supostas adaptações xeromórficas em algumas glossopterídeas, nas esfenófitas, em *Ilexoidephyllum permicum*, nas pteridófilas pecopteróides, provavelmente nos polens bissacados estriados, além da presença de estromatólitos nodulares e a abundância de conchostráceos.

Nas condições fluviais aqui preconizadas, esperar-se-ia a presença de "inunditos" (SEILACHER, 1982b; DELLA FAVERA, 1984). Estes seriam originados por fluxos não confinados ("sheet floods") a partir do transbordamento dos efêmeros canais, em função de chuvas torrenciais, típicas dos climas semi-áridos, em áreas com grande disponibilidade de areia inconsolidada (COLLINSON, 1978a). Os inunditos normalmente são distinguíveis dos turbiditos clássicos pela presença de feições de águas muito rasas ou de exposições subaéreas (fendas de dessecação, etc), além de icnofósseis específicos, ou ainda pela sua associação muito íntima com outros depósitos continentais. O afloramento a 37,4 km de Reserva, é o único em que se reconheceu um corpo possivelmente interpretável como inundito, sendo também especialmente anômalo pela presença de um diamictito com grandes intraclastos, aqui referido a leque aluvial por fluxo de detritos (COLLINSON, 1978a). Parte desta exposição merece ser aqui descrita (figs. 55, 56): na parte inferior da seção, há depósitos eólicos e lamitos, seguidos por arenito fluvial de canal (lateralmente interdigitado com arenito eólico, fig. 57), sobreposto discordantemente pelo

diamictito (fig. 58); logo acima há um extenso pacote de arenito muito fino com aparente estratificação plano-paralela (por regime de fluxo superior) e espessura aproximadamente igual a 0,9 m, o qual corresponde ao suposto "inundito"; este arenito encontra-se localmente dobrado, configurando um padrão sinforme de dimensões métricas (figs. 55, 56); em duas porções deprimidas do pacote estão encaixados arenitos de canais fluviais (fig. 54); tanto os prováveis inunditos, como estes depósitos de canal, aparentemente estão truncados no topo por uma superfície erosiva, acima da qual há lençóis de arenitos intercalados por lamitos (semelhantes aos depósitos considerados como de diques marginais em TURNER, 1986); finalmente, sobre estes lençóis, voltam a ocorrer os depósitos lamíticos mais comuns da formação, com megafósseis vegetais, bivalves e conchostráceos. O dobramento pode ser reflexo de compactação diferencial (diamictitos menos compactáveis que as outras litologias), porém os intraclastos de grandes dimensões e a desconformidade podem ser indicativos de um evento de levantamento e/ou basculamento tectônico da área (aproximadamente para leste?) ou, pelo menos, de menor subsidência num intervalo durante a deposição da Formação Rio do Rasto. Tal observação aparentemente é inédita para o Permiano Superior da Bacia do Paraná e talvez corrobore a suposição de FULFARO et al. (1982), de que a área intermediária aos alinhamentos estruturais do rio Alonzo e rio Piquiri tenha manifestado tendência positiva a partir do Permo-Triássico.

A constatação de arenitos com geometria lobada e sigmoides tem importantes implicações. Conforme já mencionado, os corpos sigmoides (caracterizados por clinoformas) resultam da desaceleração muito rápida de jatos altamente turbulentos à saída de cursos de água (WRIGHT, 1977; DELLA FAVERA, 1984), ocorrendo tipicamente nos deltas do tipo Gilbert (lacustres), nos canais de maré e em estuários. As sigmoides aqui consideradas são unidirecionais (figs. 74-76), sem evidências de depósitos de maré associados, restringindo a discussão aos deltas do tipo Gilbert. Nesse caso, os "jatos altamente turbulentos" correspondem aos fluxos homopícnais, que apresentam densidade praticamente igual à do corpo aquoso receptor. Segundo WRIGHT (1977), estes jatos normalmente exibiriam pequenos ângulos de dispersão lateral, porém um pouco maiores sob condições de águas muito rasas, devido ao

maior atrito com o fundo e mais rápida desaceleração; os sedimentos trazidos pelos cursos de água seriam depositados muito próximo à foz. Segundo ELLIOT (1978), quando os rios afluem em bacias de água doce, há mistura imediata dos corpos de água na desembocadura (caso de fluxo homopícnal), ou são geradas correntes de densidade (fluxo hiperpícnal). Em contraste, a carga dos rios que desembocam em bacias de água salgada flutua por distâncias significativas, devido à sua menor densidade que a do meio (fluxo hipopícnal), salvo nas situações de cheias. Obviamente, a organização final dos sedimentos trazidos também depende da dinâmica da bacia, da inércia e do atrito com o substrato (WRIGHT, 1977). Os arenitos com geometria lobada e laminação cruzada por ondulações cavalgantes (figs. 68-73) representariam fluxos tendendo ao caráter hiperpícnal. Segundo MEDEIROS & PONTE (1981), os "lobos de suspensão", com pequena espessura e extensão lateral de dezenas de metros da Formação Aliança da Bacia do Recôncavo são interpretados como depositados em lagos. Os corpos da Formação Rio do Rasto são muito semelhantes e foram anteriormente notificados apenas por CASTRO & MEDEIROS (1980). R.A. MEDEIROS (comun. verbal) também mostrou as mesmas estruturas em afloramentos da Formação Pastos Bons, na Bacia do Parnaíba.

Nas discussões anteriores sobre as condições paleoecológicas sugeridas por cada tipo de fóssil, concluiu-se que praticamente todos os organismos aquáticos são típicos de ambientes continentais. Há certa reserva somente quanto ao ambiente indicado pelos bivalves da Zona *Leinzia similis*, pelos estromatólitos nodulares e por alguns icnofósseis. Independentemente deste fato, quase todos os dados litológicos e paleontológicos parecem convergir para a mesma hipótese - a predominância de condições de sedimentação continentais. É digno de nota que, tanto os conchostráceos, como os lobos de suspensão ocorrem praticamente a partir da base da formação. Não há evidências seguras de níveis "marinhos" intercalados. É interessante mencionar que diversos autores consideraram as rochas heterolíticas com acamamento flaser, ondulado ("wavy") e lenticular ("linsen") como típicas de planícies de marés. No entanto, esta interpretação não parece ser válida para a unidade estratigráfica em pauta, pois: a) não foram verificadas abundantes fendas de dessecação nestas litologias, típicas de ambientes de

supramaré; b) não foi observada estratificação cruzada em espinha de peixe; c) o ambiente deposicional facultou a preservação de diversas estruturas de águas relativamente rasas, as quais teriam sido destruídas pela ação de marés. Segundo estimativas de J.HARARI (comun.verbal, IO-USP), se a bacia tivesse sido semi-fechada, os efeitos da atração lunar ainda deveriam ter sido sentidos. Contudo, se a maior parte dos depósitos preservados da Formação Rio do Rasto, na área aqui estudada, foi acumulada em corpos de água lacustres (talvez não um único lago, porém um sistema de ambientes límnicos separados por áreas com drenagem efêmera e dunas eólicas), os efeitos da maré deveriam ter sido mínimos. De acordo com o trabalho de COLLINSON (1978b), as marés são significativas apenas em lagos muito grandes e, ainda assim, provocam unicamente a oscilação do nível de água e nunca fortes correntes.

A identificação dos lobos de suspensão na Formação Rio do Rasto é compatível com a interpretação manifesta acima em relação à drenagem e ao clima - os lobos, assim como as sigmóides, devem ter sido depositados apenas nos intervalos esporádicos de alta descarga fluvial, nos eventos de chuvas torrenciais. Neste contexto ainda podem ser incluídas as lentes de arenitos, como as da fig. 77a, b. As estruturas de escape de fluídos, comumente observadas na parte superior dos corpos com geometria lobada (fig. 72) e as estruturas de sobrecarga (fig. 73) corroboram a hipótese de que foram acumulados quase instantaneamente. A construção de deltas típicos deve ter sido dificultada não só pelo carreamento de grande parte dos sedimentos em suspensão para o interior dos corpos de água (a certa distância da desembocadura), como pela instabilidade da posição da foz dos cursos de água ao longo da costa, conseqüente da avulsão dos canais durante os períodos de cheias e seu caráter efêmero nos intervalos de maior aridez. Aliado a este processo, ainda devem ter ocorrido flutuações grandes do nível de água, sugeridas pela alternância característica de litologias mais grosseiras e mais finas. Embora se prefira não rotular as sigmóides e os lobos de suspensão como depósitos de frente deltaica, considera-se válido estimar a profundidade dos corpos de água na desembocadura tal como sugerido por STANLEY & SURDAM (1978) para os deltas: a espessura dos depósitos individuais de lobos de suspensão/sigmóides parece

indicar que a altura da coluna de água do lago nas áreas de alcance dos fluxos de caráter homopical provavelmente não era muito superior a 1 m; conforme a extensão dos corpos areníticos e a sua superfície basal praticamente plana, julga-se que o substrato dos lagos apresentava pendente bastante suave.

Os lençóis de arenitos e grande parte dos lamitos da Formação Rio do Rasto também devem ser atribuíveis a fluxos de turbidez gerados na foz dos cursos de água (figs. 77b, 78, 98, 99). Por exemplo, no afloramento do km 286 da BR 376, conhecido pela ocorrência de restos de tetrápodes (BARBERENA et al., 1980), há uma sequência com mais de 10 m de espessura, formada por lençóis de arenitos calcíferos intercalados por lamitos e algumas finas camadas de calcários, apresentando ligeira granodecrescência ascendente e possíveis ondulações cavalgantes no topo, com espessuras submétricas a centimétricas (fig. 78). O caráter geral do afloramento lembra as sequências de turbiditos do tipo "flysch". A hipótese aqui apontada equivale aproximadamente à interpretação de FLORES (1975) para outras sequências similares. Segundo este autor, estas sequências não seriam obrigatoriamente formadas em águas profundas (como por instabilidade do talude continental), tendo sido reconhecidas também em sistemas deltaicos ("short-headed stream delta"). A presença de arenitos eólicos no topo do afloramento mencionado (sem ter sido constatada uma disconformidade na sequência) deve confirmar que a deposição dos lençóis ocorreu em águas relativamente rasas (mesmo considerando o abaixamento do nível de água). Contudo, a hipótese referente às correntes de turbidez ainda não é amplamente aceita. Por exemplo, STANLEY & SURDAM (1978) rejeitaram a utilização estrita da expressão "sequências do tipo flysch" para determinados depósitos de frente deltaica por terem verificado feições que divergem da definição de turbidito *s.s.*, tais como acunhamentos dos corpos e esporádicas ondulações de oscilação dos termos areníticos. Alguns autores acreditam que nem ao menos nas plataformas marinhas possam ser geradas correntes de turbidez. Por outro lado, ALLEN (1985) e outros autores comprovaram, em laboratório, o desenvolvimento de correntes de turbidez até sobre planos horizontais ou inclinados contra o sentido do fluxo. A tendência atual na literatura é aplicar o modelo de turbiditos de Bouma a diversos tipos de depósitos (VISSER & LOOCK, 1978; MEDEIROS & PONTE, 1981; DELLA

FAVERA, 1984; ANDREIS et al., 1986). Portanto, esta interpretação parece ser válida para os depósitos mencionados da Formação Rio do Rasto, o que também é apoiado por R.A.MEDEIROS e E.L.LAVINA (comun.verbal). Deste modo, parece correta a relação estabelecida entre os lençóis de arenitos e o intervalo A do modelo de turbiditos de Bouma (*apud* WALKER, 1979), às vezes, sucedido pelo intervalo C (ondulações cavalgantes) e pelos lamitos do intervalo (D e) E. Ainda assim, deve ser lembrado que a dissipação das correntes de turbidez sobre superfícies pouco inclinadas é muito rápida, sem o desenvolvimento de intervalos bem definidos nos corpos (ALLEN, 1985). A inclinação do substrato de 0,5°, que já permitiria o desenvolvimento de turbiditos normais (ALLEN, 1985), provavelmente é muito alta em comparação à inclinação possivelmente apresentada pelo substrato dos ambientes lacustres da Formação Rio do Rasto.

Os lamitos turbidíticos merecem discussão mais acurada. Na literatura consultada, quase todos os turbiditos lamíticos são referidos a mares muito profundos (RUPKE & STANLEY, 1974; HESSE, 1975; RUPKE, 1978). Antigamente, questionava-se a capacidade de que uma corrente de turbidez de baixa densidade pudesse depositar uma camada apreciável de lamito (há casos com até 20 m de espessura). Argumentava-se que a corrente de densidade requerida para transportar uma quantidade grande de lama implicaria numa velocidade de corrente alta demais para permitir a deposição de partículas do tamanho argila. Por outro lado, segundo HESSE (1975), o transporte de sedimentos coesivos, como a argila, diferiria do transporte granular porque o tamanho efetivo das partículas cresceria como resultado da floculação. Numa corrente de turbidez lamosa, principalmente em águas salinas, o efeito da atração entre as partículas (por forças eletrostáticas) poderia ser ampliado em larga escala pelo aumento de choques entre as partículas (HESSE, 1975). A deposição de argila também seria facilitada pelo atrito com o substrato, particularmente pela adesão de partículas a uma superfície previamente lamosa; adicionalmente, no caso de mares profundas restritos, as correntes de turbidez poderiam sofrer repetidos rebatimentos nas paredes das bacias, de modo que cada passagem dos fluxos rabatidos aumentaria a oportunidade de acumulação de pelitos (RUPKE, 1978).

As referências sobre fósseis em turbiditos lamíticos na literatura disponível são muito raras. RUPKE & STANLEY (1974) mencionaram que em alguns turbiditos lamíticos de águas profundas, com até 0,5 m de espessura, as partículas grandes, não esféricas, "leves" (com menor densidade), incluindo fragmentos de plantas, seriam concentradas no intervalo TD (e parcialmente no TE) do modelo de turbiditos de Bouma. Como estes autores estudaram apenas turbiditos de mares profundos, eles basearam-se na presença de fósseis vegetais para diferenciá-los dos depósitos hemipelágicos. Entretanto, conforme já mencionado, os lamitos e os arenitos da Formação Rio do Rasto depositaram-se, provavelmente, em águas bem mais rasas. Entre os trabalhos consultados, apenas ANDREIS et al. (1986) observaram pacotes de origem aparentemente similar aos da Formação Rio do Rasto. Descreveram turbiditos da Formação Malazán da Argentina, onde as porções mais arenosas, referidas ao intervalo TC do modelo de Bouma, apresentariam espessura média igual a 27 cm, e as porções mais pelíticas sobrepostas, equivalentes ao intervalo TD, alcançariam espessuras da ordem de 1 m. Nestas últimas, os autores verificaram megafósseis vegetais. No caso da Formação Rio do Rasto, as partes fossilíferas dos supostos turbiditos lamíticos não parecem ultrapassar alguns centímetros de espessura (sem incluir os depósitos fossilíferos mais espessos, que devem corresponder a diversos diversos turbiditos lamíticos delgados superpostos). Por exemplo, nestes lamitos são freqüentes conjuntos foliares de *Schizoneura gondwanensis* muito dilacerados ou pectopterídeas fragmentadas até o nível de pínulas, porém apresentando nervação e/ou células da epiderme (aliás, as respectivas impressões) muito bem preservadas. Conforme já advogado, tal estado sugere que os restos vegetais, após arrancados dos vegetais parentais e transportados por agentes de grande energia (durante as cheias), não foram submetidos à prolongada decomposição química antes do seu sepultamento. Mesmo outras folhas, que aparentemente apresentaram cutículas mais espessas e mais favoráveis à preservação de células (por exemplo, algumas glossopterídeas), também não teriam suportado longa exposição ao ambiente oxidante e à bioturbação. SPICER & WOLFE (1987) demonstraram, através de um exemplo atual, que dentre os vegetais acumulados no fundo de um lago, somente se preservaram aqueles isolados das condições oxidantes pelo avanço de sedimentos

deltaicos. Mais um forte argumento a favor de que os restos vegetais de cada camada lamítica da Formação Rio do Rasto tenham sido depositados durante eventos bem definidos é a sua distribuição relativamente homogênea (na direção vertical). Se a acumulação dos depósitos (considerando cada camada em separado) tivesse ocorrido lenta e gradualmente, seriam esperadas variações na composição das assembléias da base ao topo dos intervalos fossilíferos. Supondo que existia certa diversidade da flora às margens do ambiente deposicional, estas variações deveriam refletir alterações no regime de fornecimento dos restos vegetais com o passar do tempo. Seria difícil imaginar que, por um longo intervalo, somente determinadas espécies pudessem ter alcançado o sítio deposicional. Na presença de várias espécies de megafósseis vegetais homogeneamente misturadas, é provável que a mesclagem dos restos já se tenha processado com a turbulência nos canais e nas áreas marginais durante os eventos de cheias. No entanto, não se descarta totalmente a hipótese de que alguns depósitos realmente representem a acumulação gradativa dos restos. Os órgãos vegetais insaturados em água, principalmente os caules, as sementes e os fragmentos de carvão, simplesmente pela sua capacidade de flutuação, poderiam ter alcançado porções extremamente distais dos lagos, onde o potencial de decomposição por organismos saprófagos deveria ter sido menor. O mesmo pode ter ocorrido com os conchostráceos, transportados para as regiões mais distantes da costa nos casos de flutuabilidade adquirida com o aprisionamento de gases entre as valvas (WEBB, 1978). RUPKE (1978) estimou que o tempo necessário para completar a decantação das partículas de uma corrente de turbidez pouco densa é da ordem de uma semana. Aqueles restos vegetais que apresentaram comportamento hidráulico compatível ao dos fluxos hiperpicnais já deveriam ter estado relativamente saturados em água. Por outro lado, os mesmos eventos geradores das correntes de turbidez podem ter acarretado o lançamento de vegetais ainda insaturados ao lago. Segundo FERGUSON (1983), o tempo requerido para saturar os vegetais pode variar de algumas horas até algumas semanas. Portanto, uma vez que o intervalo até a completa decantação dos terrígenos é relativamente longo, alguns dos restos vegetais encontrados nos turbiditos lamíticos talvez não participaram efetivamente do processo turbidítico, porém adquiriram caráter saturado e puderam chegar ao

fundo antes da decantação final dos sedimentos da corrente de turbidez. Desta forma, os restos vegetais capeados pelos sedimentos foram protegidos da oxidação e da decomposição pelos organismos saprófagos. Apenas uma pequena parte do material lamítico do topo dos corpos pode equivaler ao intervalo TF (deposição hemipelágica). Toda esta discussão poderia valer para os "inunditos" (DELLA FAVERA, 1984), se não fosse o fato de que há predominância de material lamítico e não arenítico nos corpos (sem nítida presença de estratificação plano-paralela) e que não há evidências de exposições subaéreas no topo de cada ciclo. Admite-se, no entanto, que os lagos podem ter recebido quantidades significativas de sedimentos terrígenos e de restos orgânicos diretamente das áreas inundadas nas margens e não apenas a partir dos cursos de água, uma vez que a vegetação provavelmente não constituiu importante barreira aos fluxos provocados pelas enchentes.

As características observadas em alguns pacotes de ritmitos ajudam a corroborar as interpretações delineadas acima. Conforme já mencionado, na Formação Rio do Rasto há ritmitos em que cada par provavelmente corresponde a um turbidito, também contendo megafósseis vegetais, conchostráceos e outros fósseis de pequeno peso específico (Tabela 8). Teoricamente, como cada par deve representar um evento e como, de evento em evento, a área de suprimento de material e as condições físicas da sua acumulação deveriam ter variado ligeiramente, espera-se-ia heterogeneidade na composição paleontológica dos pacotes. De fato, no capítulo "Bioestratonomia" já se assinalou que cerca da metade dos ritmitos fossilíferos analisados tem composição vertical variável. Uma vez que os depósitos sedimentares da Formação Rio do Rasto podem ser intemperizados com certa facilidade, o que geralmente oblitera totalmente as suas estruturas, a análise da distribuição vertical (e lateral) dos megafósseis vegetais num pacote espesso pode constituir num critério adicional para delimitar aproximadamente os turbiditos lamíticos entre si. Através das espessuras assim determinadas e da concentração dos fósseis, podem ser feitas inferências sobre o caráter proximal ou distal dos turbiditos. O pacote de lamitos do afloramento AF/GP 79, descrito no capítulo "Bioestratonomia", ilustra a aplicação destas análises. Conforme mencionado, o pacote (com 1,5 m de espessura) caracteriza-se por

vários níveis sucessivos com megafósseis vegetais (principalmente glossopterídeas e *Sphenophyllum*), com certa variação vertical na composição e com diminuição da sua concentração para o topo. Também há estratos com grande abundância de conchostráceos (principalmente na base) e raras valvas isoladas de bivalves. Supõe-se que o pacote corresponda a uma sucessão de turbiditos depositados em águas gradativamente mais profundas (distais). A boa preservação dos fósseis vegetais, sem estes estarem muito fragmentados, indica pouco retrabalhamento e sepultamento relativamente rápido, antes de ter havido ataque por microorganismos. Toda a sequência, mesmo tendo sido depositada em vários eventos, não deve representar intervalo de tempo muito longo. Os raros bivalves devem ser alóctones pela sua preservação como valvas isoladas, pela falta de registro de bioturbação e de eventos suficientemente energéticos capazes de terem rompido seu ligamento, e ainda, pela sua ocorrência dispersa (pois seria esperada uma população maior). Nas análises paleontológicas das amostras de ritmitos de diversos afloramentos, procurou-se igualmente avaliar a potencialidade dos conchostráceos na distinção dos sucessivos turbiditos. O resultado obtido foi menos promissor do que no caso dos megafósseis vegetais, provavelmente porque alguns corpos de água apresentaram mais do que uma população simultânea e pouca variação da fauna ao longo do tempo.

Os bivalves encontrados nos turbiditos lamíticos, sepultados na posição de vida, contribuem nas interpretações apresentadas acima. No capítulo "Bioestratonomia" já se advogou que o excesso de acumulação de sedimentos provavelmente foi a causa da morte dos organismos. Segundo KRANZ (1974), os bivalves comedores de materiais em suspensão seriam incapazes de escapar por mais de 5 cm de sedimentos; os comedores de depósitos dotados de sifão, no caso de acumulação de sedimentos iguais aos do substrato, poderiam escapar a soterramentos de até 50 cm. Conforme a discussão no capítulo "Bivalves", quase todos os representantes da Formação Rio do Rasto devem ter sido comedores de material em suspensão e escavadores rasos, incapazes de tolerar cargas grandes de sedimentos. No afloramento AF/GP 192, onde a compactação dos sedimentos pode ter sido superior a 50 % (capítulo "Bivalves"), os planos com maior concentração de bivalves estão separados entre si por espessuras de terrígenos da ordem de 1 cm; contudo, geralmente

não existem níveis de concentração de bivalves bem definidos. Se estes dados não forem demasiadamente imprecisos, é possível especular que os bivalves, em média, talvez não tenham tolerado soterramento superior a 2 cm de sedimentos. O caráter turbido da água durante os eventos de invasão das correntes de turbidez lamosas deve ter sido outro fator desfavorável ao metabolismo dos organismos. De qualquer modo, a cada deposição "instantânea" de sedimentos, alguns bivalves foram soterrados, enquanto que outros conseguiram escapar e recolonizar o substrato. Antes de cada evento provavelmente já estavam disponíveis algumas conchas previamente vazias, jazendo livremente sobre o substrato, que formaram alguns pavimentos na base dos depósitos turbidíticos.

Segundo HAMBLIN & WALKER (1979), as clássicas correntes de turbidez também poderiam ser geradas indiretamente por intensas tempestades, através do fluxo de retorno da água ("rip current") impelida para as regiões costeiras durante estes eventos. A incidência de fortes tempestades, principalmente durante a primeira parte da deposição da Formação Rio do Rasto, parece estar confirmada através do reconhecimento da estratificação cruzada "hummocky" e de depósitos coquínóides característicos. No capítulo "Bioestratonomia" são apresentadas mais evidências a favor desta interpretação. Durante os eventos de tempestade, o efeito das ondas é ampliado para profundidades bem maiores no corpo de água, causando um importante retrabalhamento do leito ou mesmo de áreas costeiras normalmente emersas nos intervalos de bom tempo (HAMBLIN & WALKER, 1979; DOTT & BOURGEOIS, 1982). Alguns autores atribuem a estratificação cruzada "hummocky" unicamente à ação destas ondas, porém, o mecanismo exato da sua gênese, assim como a sua gama de variação, ainda são questões polêmicas (cf. SWIFT et al., 1983; DUKE, 1987). Os tempestitos da Formação Rio do Rasto, de modo geral, não são tão espetaculares como os registrados por HAMBLIN & WALKER (1979), DOTT & BOURGEOIS (1982) e AIGNER (1985), em supostos mares epicontinentais ou em plataformas continentais. Isso deve ser explicável pelo fato do ambiente deposicional provavelmente ter sido lacustre. COLLINSON (1978b), DOTT & BOURGEOIS (1982) e DUKE (1987) mencionaram que também há estratificação cruzada "hummocky" em lagos. Segundo COLLINSON (1978b), nos ambientes lacustres poderiam ocorrer oscilações de grande magnitude, chamadas "seiches", originadas por correntes

dirigidas pelo vento e pressão atmosférica baixa, implicando no empilhamento de água numa das extremidades do lago, seguido pela sua propagação como uma grande onda até a outra extremidade. O rebatimento das ondas nas margens provocaria oscilações do nível da água com uma periodicidade controlada pelas dimensões do lago. Em lagos grandes, os efeitos seriam mais importantes. Ainda assim, no caso do afloramento a 45,7 km de Reserva, para que tivesse ocorrido a concentração de intraclastos até submétricos na suposta base de um tempestito arenítico (fig. 82), deve ter havido uma importante participação de correntes. O tempestito do afloramento citado ocorre aproximadamente no mesmo nível estratigráfico que um possível "hardground", num afloramento bastante próximo (a 45,9 km de Reserva, fig. 83). Os enormes intraclastos do tempestito, sugerindo pré-litificação antes de seu retrabalhamento, poderiam ser derivados do próprio "hardground" ou de rochas subjacentes. Curiosamente, um pouco abaixo do nível do "hardground", ocorre a estrutura interpretada como caternária, a qual também seria originada por ondas de tempestade (fig. 83).

Na realidade, o regime hidráulico nos corpos de água afetados por tempestades é bem mais complexo do que resumido acima, pois há influência da direção do vento, das correntes costeiras de fundo ("along shore"), do movimento de água superficial e dos fluxos de retorno (AIGNER, 1985). A combinação destes fatores produziria uma série de tipos de tempestitos, depósitos em canais dos fluxos de retorno e depósitos de transbordamento destes canais ("spillover lobes"), etc (AIGNER, 1985). Por exemplo, a hipótese citada acima a respeito do transporte de sedimentos para as águas profundas através de correntes de turbidez induzidas por tempestades é uma entre 8 distintas hipóteses já elaboradas para explicar o suprimento de arenitos nas plataformas afetadas por tempestades (AIGNER, 1985). De qualquer modo, a identificação dos tempestitos na Formação Rio do Rasto implica que, provavelmente, a massa aquosa da bacia, mesmo se lacustre, era relativamente grande durante certos intervalos.

AIGNER (1985) e FÜRSICH & OSCHMANN (1986) apresentaram esquemas que relacionam a proximidade relativa ao "locus" da tempestade e o tipo de tempestito originado. Tempestitos proximais são mais espessos e apresentam a sequência vertical mais completa

em comparação aos tempestitos distais (variando ainda conforme diversos outros fatores). Os tempestitos lamíticos (possivelmente o corpo da fig. 130), são considerados membros extremamente distais (AIGNER, 1985). Segundo AIGNER (1985), no caso de tempestitos conchíferos, aqueles proximais normalmente incluem bioclastos para-autóctones juntamente com alóctones, trazidos das regiões mais rasas; nos tempestitos mais distais, os restos de organismos são predominantemente para-autóctones e tendem a se organizar obedecendo granodecrescência ascendente. De acordo com estes critérios, grande parte dos tempestitos conchíferos da Formação Rio do Rasto coaduna melhor com os de caráter distal. Outra prova a favor desta interpretação é a aparente ausência de tempestitos conchíferos amalgamados, cujo significado seria o retrabalhamento sucessivo dos depósitos por tempestades. (cf. SEILACHER, 1982a; AIGNER, 1985 e outros autores). Supõe-se, portanto, que a maior parte dos tempestitos preservados da formação não deva representar águas extremamente rasas ou que as tempestades não tenham sido suficientemente frequentes para o sucessivo retrabalhamento. As únicas possíveis exceções poderiam ser os depósitos do afloramento situado a 45,7 km de Reserva, da região de Santo Antônio da Platina e de Jacarezinho. Os dois intervalos mais importantes de tempestitos da Formação Rio do Rasto (aproximadamente coincidentes com os intervalos das Zonas *Cyzicus* sp./*M. uncostata micropolygonata* e com a parte inferior da Zona *A. regularis*) parecem corresponder ao início de duas fases transgressivas, após pronunciado abaixamento do nível de base.

Os corpos preservados de tempestitos areníticos indicam deposição abaixo do nível de ação das ondas normais; os lobos de suspensão e as sigmóides sugerem acumulação abaixo do nível das ondas de tempestade; no entanto, conforme já mencionado, a parte superior de alguns destes corpos encontra-se retrabalhada por ondas. A alternância frequente das litologias lamíticas e psamíticas em toda a sequência da formação, além destas ondulações no topo dos depósitos, sugerem importantes variações do nível de água do(s) lago(s). Na porção inferior da unidade, como nos afloramentos a 4 km de Mallet (fig. 126) e a 7,4 km de Dorizon (figs. 133, 134), assim como no "topo" da Formação Teresina (fig. 128), há pacotes bastante espessos (espessura superior a 2 m), nitidamente influenciados por ondas. Estes pacotes possivelmente

são interpretáveis como baixios ("shoals"), uma vez que a potencialidade de preservação dos depósitos verticalmente homogêneos nas margens do(s) lago(s) deve ter sido pequena. RAAF et al. (1977) descreveram e ilustraram diversas estruturas influenciadas por ondas, praticamente idênticas às da Formação Rio do Rasto, alternadas com litótipos de baixa energia. Os autores explicaram estas seqüências como resultado da alternância de condições de tempestade e de tempo bom, aparentemente sem efeitos de marés. A ação de ondas de tempestade teria iniciado a construção de baixios numa plataforma lamosa marinha rasa, ao longo da costa, em ambiente abaixo da base de ondas normais. Conforme a incidência de novas fases de agitação por ondas (também de mau tempo e não obrigatoriamente de tempestade) e a disponibilidade de areias, os baixios teriam atingido distintos estágios de maturação. Em resumo, a configuração dos baixios seria lenticular, com acamamento flaser, ondulado e lenticular na base e nas margens (interdigitadas com lammas), ondulações assimétricas, simétricas e laminações cruzadas na porção média e, no caso de emersão do baixio (já com influência de ondas normais), estratificação cruzada e plano-paralela no topo. De acordo com RAAF et al. (1977), os depósitos com estruturas relativamente delicadas teriam sido preservados devido a energia essencialmente baixa do meio (com exceção das tempestades) e pela abundância grande de lammas de plataforma (tendo participado no capeamento dos baixios). AIGNER (1985) igualmente mencionou a construção de bancos costeiros (particularmente carbonáticos) por acreção gradativa de material como lobos de "spillover" através de correntes induzidas por tempestades. A incidência de um ou mais níveis com icnofósseis intercalados aos arenitos e aos depósitos heterolíticos influenciados por ondas da Formação Rio do Rasto pode ser considerada como um critério adicional para atestar a acumulação gradativa do material, interrompida por fases praticamente sem deposição (figs. 133, 134). Outras rochas heterolíticas da formação, se não relacionadas diretamente aos tempestitos (DOTT & BOURGEOIS, 1982) (provavelmente figs. 85 e 88), poderiam representar porções distais de lobos de suspensão e/ou sigmóides, aproximadamente como descrito por ELLIOT (1978) e STANLEY & SURDAM (1978) para as frentes deltaicas (figs. 90, 91 e 131). Conforme já mencionado, descarta-se a hipótese de que os

depósitos heterolíticos tenham sido originados em ambiente de planícies de marés. Tais feições geomorfológicas são desenvolvidas apenas em regime de macromarés (> 4 m), o qual teria inibido o desenvolvimento de baixios. Algumas concentrações de pequenos fósseis em depósitos com evidências de atividade de ondas, porém bem mais lamíticos (incipiente acamamento lenticular e ondulado), assemelham-se aos designados "swell lags" por BRENNER & DAVIES (1973). Nesse caso, os restos orgânicos teriam sido acumulados em águas calmas, na lama, após a morte natural dos organismos; com a passagem esporádica de vagas de alta amplitude sobre a interface água-sedimento, os restos seriam selecionados por tamanho, organizados em camadas e sepultados pela lama redecantada. Tal hipótese parece ser especialmente aplicável a alguns depósitos com restos de peixes da Formação Rio do Rasto (7 fig. 50), os quais implicam em certo tempo de decomposição dos tecidos moles antes do sepultamento.

Na Formação Rio do Rasto não foram encontrados típicos depósitos de praia, ou seja, arenitos espessos com estratificação plano-paralela. As praias normalmente são desenvolvidas onde há disponibilidade de sedimentos arenosos (fornecidos pelos rios) e ação de ondas (ELLIOT, 1978). Conforme as interpretações já apresentadas, no ambiente deposicional da Formação Rio do Rasto não teria ocorrido suprimento contínuo de sedimentos pelos cursos de água; os sedimentos que alcançavam a bacia frequentemente devem ter sido levados para as regiões mais distais na forma de correntes de turbidez. Portanto, parece improvável que tenham existido ambientes praias bem desenvolvidos no intervalo de deposição da unidade. COLLINSON (1978b) também mencionou que os sedimentos de praias lacustres nunca seriam tão bem selecionados como os de praias marinhas. É possível que as dunas eólicas supriam as margens dos lagos da Formação Rio do Rasto com grande quantidade de areia. Os casos de passagem lateral de arenitos com laminação cruzada por ondulações de oscilação para arenitos eólicos sugerem que a energia das ondas normais não era muito elevada (ex.: AF/GP 79, próximo a Dorizon). Os depósitos eólicos que sobrepoem diretamente os lamitos indicam a invasão de dunas eólicas em corpos de água muito calmos e rasos, com presença de lamas mesmo próximo às margens (fig. 65; parte superior da fig. 78). No "contato" da Formação Rio do Rasto com a Pirambóia, no km

229,7 da BR 476, constatou-se esta mesma situação, incluindo estruturas de carga ou em chama entre as duas litologias (figs. 110-111).

Em relação aos carbonatos, vale ressaltar que WILLIAMSON & PICARD (1974) identificaram diversas estruturas e texturas calcárias/carbonáticas dos depósitos marinhos nas seqüências lacustres da Formação Green River (Estados Unidos). Segundo COLLINSON (1978b), a sedimentação química em lagos ocorre preferencialmente nas áreas áridas/semiáridas ou se há quantidades suficientes de rochas calcárias nas áreas-fonte. Os restos de organismos e estromatólitos também poderiam suprir carbonatos. Todas estas condições foram verificadas na Formação Rio do Rasto. É provável que se estabeleceram alguns subambientes restritos e rasos, como entre dunas eólicas ou em áreas costeiras isoladas por abaixamento do nível da água, onde ocorria a precipitação carbonática. No entanto, grande parte do carbonato de cálcio deve ser resultante de cimentação (também favorecida nas condições áridas) e de retrabalhamento de rochas calcárias pré-existentes. (como da Formação Irati ou Teresina). Não foram observados depósitos de caliche, típicos de climas semi-áridos, porém vale lembrar que o sistema deposicional, como um todo, não favoreceu a preservação dos depósitos subaéreos, com exceção das dunas eólicas. A suposta inexistência de evaporitos talvez também seja explicável pelo quimismo da água (índices baixos de salinidade indicados pelos conchostráceos). Ainda assim, a relativa abundância de megafósseis vegetais em mais de 3/4 da seqüência vertical, principalmente na região central e sul do Estado do Paraná, sugere a prevalência de condições não tão áridas ao menos próximo às margens dos corpos de água.

Concluindo, a maioria das evidências litológicas e paleontológicas constatadas para a Formação Rio do Rasto apontam para ambiente deposicional predominantemente lacustre, com variações significativas do nível de água, da área de cobertura e possivelmente também da salinidade, sujeito a fortes tempestades e a invasões esporádicas por fluxos turbulentos da drenagem nos eventos de cheia, apresentando fases com tendência à colmatação por dunas eólicas. Os dados parecem confirmar a suposição de BEURLIN (1957), LOCZY (1966), E.L.LAVINA e R.A.MEDEIROS (comun. verbal) de que a bacia, no intervalo considerado, evoluiu para

corpos de água pequenos, limitados por áreas emersas, com abundantes dunas eólicas. Portanto, as hipóteses aqui apresentadas contrapõe-se à grande parte das interpretações ambientais anteriormente sugeridas para a Formação Rio do Rasto: não foram reconhecidos típicos depósitos marinhos ou transicionais na porção inferior da unidade, nem domínio de depósitos fluviais na porção superior.

Em síntese, os ambientes e os processos deposicionais identificados para a Formação Rio do Rasto são os seguintes:

1. Ambientes subaéreos

- 1.1. Aluvial (muito restrito): leque por fluxo de detritos (diamictitos com tendência à granocrescência ascendente); canais fluviais efêmeros (arenitos com estratificação cruzada acanalada, com base erosiva e intraclastos); áreas intercanais sujeitas a "sheet floods" (arenitos com estratificação plano-paralela e possivelmente lençóis de arenitos superpostos); áreas com desenvolvimento de solos (? regolitos fósseis).
- 1.2. Eólico: dunas eólicas (arenitos com estratificação cruzada tangencial e linhas de grãos); áreas interdunas (possivelmente níveis de calcários delgados, precipitados em poças de água restritas; também depósitos de canal fluvial efêmero).

2. Ambientes lacustres costeiros (subaquosos)

- 2.1. Lagunar ou em golfo semi-fechado, com muita evaporação (calcários em estratos tabulares plano-paralelos e calcários coquinóides com estromatólitos).
- 2.2. Marginais (depósitos com grande variação vertical, comportando arenitos com laminação cruzada por ondulações de oscilação e rochas heterolíticas acamamento lenticular/ondulado/flaser).
- 2.3. Desembocadura dos cursos de água: áreas proximais (arenitos de geometria sigmóide e lobada, com laminação cruzada por ondulações cavalgantes; lentes de arenitos com estruturas indicativas de fluxos unidirecionais); áreas distais à desembocadura (lençóis de arenito; rochas heterolíticas apresentando principalmente com acamamento ondulado).

3. Ambientes lacustres costa afora

- 3.1. De "plataforma", acima do nível afetado pelas ondas de tempestades: áreas sujeitas a fortes ondas e/ou fluxos relacionados (tempestitos areníticos e conchíferos,

eventualmente com intraclastos); áreas sujeitas a regimes menos energéticos (tempestitos lamíticos limitados por níveis bioturbados; rochas heterolíticas pouco espessas com acamamento ondulado/lenticular/flaser); baixios (depósitos espessos de arenitos com laminação cruzada por ondulações de oscilação e/ou de rochas heterolíticas com acamamento ondulado/lenticular; lamitos com incipiente acamamento lenticular/ondulado, com fósseis dispersos de pequenas dimensões, principalmente escamas de peixes e conchostráceos).

- 3.2. De "plataforma", abaixo do nível afetado pelas ondas de tempestade: áreas sujeitas à invasão por correntes de turbidez (lençóis de arenitos, lamitos, ritmitos, com freqüentes megafósseis vegetais, conchostráceos, bivalves na posição de vida e outros); áreas sujeitas à sedimentação "hemipelágica" (lamitos, principalmente sobrepondo os turbiditos lamíticos).

BIOESTRATIGRAFIA E CORRELAÇÕES ESTRATIGRÁFICAS

Nos capítulos referentes aos assuntos paleontológicos discutiu-se a posição estratigráfica aproximada de certos fósseis e sugeriu-se o estabelecimento de 3 zoneamentos bioestratigráficos, com base respectivamente em conchostráceos, bivalves e megafósseis vegetais. A tabela 7 resume a equivalência vertical entre as subdivisões de cada zoneamento. A distribuição e a ocorrência da maioria dos fósseis certamente estiveram condicionados por fatores ecológicos e tafonômicos. Portanto, os zoneamentos bioestratigráficos aqui apresentados também refletem estas condições, inexistindo evidências de que a substituição vertical das espécies se processou exclusivamente por evolução das linhagens. Por exemplo, uma das zonas de megafósseis vegetais está fundamentada no aparecimento de *Schizoneura gondwanensis*, que é uma espécie também identificada em depósitos do Permiano Superior de quase todas as outras bacias gondvânicas e que, portanto, pôde migrar ao longo do continente; em razão da distância entre as bacias, admite-se que possa haver considerável diacronismo quanto à real amplitude cronoestratigráfica da espécie de uma região para a outra, sobretudo em relação ao limite inferior.

A maioria das correlações entre as seções da Formação Rio do Rasto, apresentadas no quadro da fig. 137, fundamenta-se nos dados paleontológicos e na equivalência entre os esquemas bioestratigráficos. Embora haja número global relativamente grande de ocorrências fossilíferas, sua distribuição nem sempre é favorável para correlacionar as seções entre si. Portanto, deve-se enfatizar que algumas das correlações têm caráter um tanto subjetivo. Em diversos casos, há uma única ocorrência de determinado *taxon* em cada seção; ponderando todos os dados e utilizando o método de SHAW (1964), concluiu-se que, às vezes, a solução mais prática é a correlação aproximada entre estes próprios horizontes, ainda que a amplitude das formas consideradas devesse ser bastante maior. Para a área abrangida neste estudo, assume-se que os mais significativos condicionantes paleoecológicos (aridez, tempestades, etc) foram praticamente sincrônicos e que o lapso na migração das formas é desprezível. Por outro lado, as diferenças paleontológicas e litológicas entre as distintas regiões devem refletir as características dos

paleoambientes locais. Por exemplo, nas partes das seções em que predominam rochas calcíferas e estruturas influenciadas por ondas (como na região de Reserva-Cândido de Abreu e de Santo Antônio da Platina), existe grande abundância de escamas de peixe em detrimento a outros fósseis; nas partes das seções com quantidades maiores de lamitos finos avermelhados e homogêneos há maiores quantidades de megafósseis vegetais e de conchostráceos.

A amplitude da Zona *Cyzicus* sp. coincide com a parte inferior da Zona *Pecopteris dolianitii*. Em ambos os casos, o número de espécies é pequeno e mesmo estas estão mal representadas. O intervalo considerado corresponde à maior parte da amplitude *Leinzia similis*. Na parte média desta biozona de bivalves concentram-se seus elementos mais importantes. Tal fato possibilitou uma das correlações mais úteis do quadro da fig. 137 - entre a seção da estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul e a da BR 373, além da correlação com a localidade-tipo do Membro Serrinha. Os bivalves da Zona *Leinzia similis* nunca foram encontrados exatamente nos mesmos níveis daqueles dos conchostráceos, provavelmente refletindo condicionamento ecológico. Na BR 277, poucos metros abaixo dos depósitos com bivalves da Zona *Leinzia similis*, ocorrem calcários com bioclastos estromatolíticos. A amostra com estromatólitos, procedente da região de Juá, pode equivaler aproximadamente a este mesmo nível estratigráfico. Outras ocorrências de estromatólitos do nordeste do Estado do Paraná devem corresponder a níveis mais elevados, mas há dificuldades em precisar a sua posição. A pequena espessura da formação nesta área, além da quantidade insignificante de fósseis diagnósticos e da freqüente repetição das características litológicas na sequência vertical, prejudicam o reconhecimento de horizontes que permitam correlação segura com as seções das áreas mais meridionais. Ainda nos níveis abrangidos pela Zona *Cyzicus* sp. foram encontrados os principais icnofósseis.

A amplitude da Zona *Monoleaia unicastata micropolygonata* equivale à da parte média da Zona *Pecopteris dolianitii*. Corresponde também à porção mais alta da Zona *Leinzia similis* e à mais baixa da Zona ? *Palaeomutela platinensis* (abrangendo quase toda a Subzona *Nothoterraia acarinata*). Este intervalo é quantitativamente o melhor representado pelos conchostráceos, pelos megafósseis vegetais, pelos bivalves, além dos ostracodes e

restos de peixes. Em termos de número de taxa de bivalves e de megafósseis vegetais, o intervalo também é muito significativo. Infelizmente, este não inclui um único tipo de fóssil que tenha sido descoberto ao longo de toda a área estudada. Portanto, não foi possível definir um *datum* perfeitamente seguro para o posicionamento relativo das seções colunares. No quadro da fig. 137, optou-se pelo estabelecimento de *datum* num nível aproximadamente médio entre o de maior representatividade de megafósseis vegetais, principalmente de glossopterídeas (da região de Dorizon, BR 373 e BR 376), e de bivalves da espécie *Nothoterraia acarinata* (da região de Dorizon, BR 277, BR 373 e BR 376). O intervalo aparentemente mais rico em glossopterídeas corresponde ao de aparecimento de *Ilexoidephyllum permicum* (BR 373 e BR 376) e de diversas pecopterídeas, destacando-se ainda o gênero *Sphenophyllum*. Em quase todas as seções, entre os depósitos abrangidos pela Zona *Monoleaia unicastata micropolygonata*, encontram-se aqueles com os mais baixos horizontes avermelhados. Conforme os dados fornecidos por BARBERENA et al. (1980) e os procedimentos gráficos aqui utilizados, pode-se inferir que o nível mais baixo de ocorrência de *Rastosuchus* na região da Serra do Cadeado coincide aproximadamente com a base da Subzona *Nothoterraia acarinata*.

A amplitude da Zona *Paranaleaia supina-Asmussia* sp. corresponde, de modo aproximado, à primeira metade da parte superior da Zona *Pecopteris dolianitii*. Há maior representatividade em conchostráceos apenas na base e no topo da biozona. Outros fósseis, tais como bivalves e megafósseis vegetais, são bastante raros neste intervalo estratigráfico. O aparecimento de *P. supina* permite correlação entre as seções da BR 373, estrada Reserva-Cândido de Abreu e BR 376. *P. supina* e *Asmussia* sp. não foram encontrados juntamente com *M. unicastata micropolygonata*, porém, às vezes, em níveis alternados. Esta última espécie passa a ocorrer muito raramente e em pequena abundância. A constatação de *P. supina* e *Asmussia* sp. (além de *Asmussia regularis*) nas regiões de Santo Antônio da Platina e de Jacarezinho constituiu praticamente um dos únicos recursos para correlacionar as respectivas seções com as áreas situadas mais ao sul.

A parte inferior da Zona *Asmussia regularis* equivale estratigraficamente à segunda metade da parte superior da Zona *Pecopteris dolianitii*. O registro mais baixo de *Asmussia regularis* é da região de Reserva-Cândido de Abreu; outros níveis baixos de ocorrência foram verificados na região da BR 376 e de Santo Antônio da Platina. No intervalo considerado, reaparecem diversas pecopterídeas, aumenta a proporção de *Paracalamites* sp.2, ocorre também *Paracalamites* sp. 1, mas as glossopterídeas estão mal representadas. Admitindo que as correlações aqui inferidas são razoavelmente confiáveis, a instalação de vegetais com caules do tipo *Paracalamites* sp. 2 pode ter sido gradual do norte para o sul da área estudada. Os depósitos mais baixos do intervalo respectivo à parte inferior da Zona *Asmussia regularis*, tanto da região de Reserva-Cândido de Abreu, como de Santo Antônio da Platina, mostram um possível nível de "hardground" e diversos tempestitos superpostos (vide capítulos "Paleoambientes" e "História Evolutiva").

A parte média da Zona *Asmussia regularis* corresponde à Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata* e à parte inferior da Zona *Schizoneura gondwanensis*. A base destas duas partes constitui importante marcador estratigráfico em praticamente toda a região estudada, com exceção das áreas ao norte da estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul. Embora a Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata* tenha amplitude pequena, esta reúne 10 espécies distintas de conchostráceos, das quais 6 não foram encontradas em depósitos equivalentes a outras biozonas. Contudo, cada espécie exclusiva desta subzona ocorre em apenas uma ou duas localidades, não servindo para correlação entre uma área geográfica e outra. Por exemplo, *Palaeolimnadiopsis subalata* foi reconhecida apenas no norte de Santa Catarina e sul do Paraná; *Gabonestheria* sp. foi coletada somente na área de Santo Antônio da Platina, apesar que TASCH (1979a) aparentemente também observou tal gênero em Santa Catarina. *Schizoneura gondwanensis*, próximo à base da zona de megafósseis vegetais com o mesmo nome, foi constatada na região da BR 476, Paulo Frontin-Rondinha, Reserva-Cândido de Abreu, BR 376 e PR 90. Outros megafósseis vegetais, como as pecopterídeas e *Paracalamites* sp. 2, também são significativos neste intervalo; igualmente, há registro de raros exemplares de *Ilexoidephyllum permicum*. O intervalo da Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*

equivale à porção superior da Zona ? *Palaeomutela platinensis*, que compreende as mais jovens ocorrências de bivalves da Formação Rio do Rasto (estrada Reserva-Cândido de Abreu, BR 376, PR 90 e estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul).

A parte superior da Zona *Asmussia regularis* coincide aproximadamente com a primeira metade da parte superior da Zona *Schizoneura gondwanensis*. Nesta, observa-se uma redução praticamente abrupta no número de taxa e de ocorrências fossilíferas, a qual pode refletir mudanças ambientais quanto à capacidade de inclusão dos restos orgânicos nos depósitos ou, com maior probabilidade, redução da diversidade da biota. Entre os conchostráceos restaram apenas duas espécies (*M. unicastata micropolygonata* e *A. regularis*); dos megafósseis vegetais, desapareceram praticamente todas as pecopterídeas. Conforme o esquema bioestratigráfico de BARBERENA et al. (1980), este intervalo pode coincidir aproximadamente com o de aparecimento de *Endothiodon* e *Australerpeton*. Em termos litológicos, ainda há muitos lamitos intercalados por lençóis de arenitos, porém a sua constituição geral é um pouco mais grosseira e passam a predominar colorações arroxeadas. Não parece haver registro deste intervalo para a região de Santo Antônio da Platina e de Jacarezinho.

O "Intervalo de Conchostráceos Superior" e a segunda metade da parte superior da Zona *Schizoneura gondwanensis* caracterizam-se pela mesma tendência - redução do número de espécies e do número de ocorrências fossilíferas. Os conchostráceos são bastante raros, mal preservados, porém foram observados praticamente até o topo da formação. Com relação aos megafósseis vegetais, persistem ainda certos níveis com quantidades grandes de *Paracalamites* sp. 2 e, às vezes, com *S. gondwanensis* e raras glossopterídeas. Considerando estes restritos níveis como possíveis marcadores de ligeiras melhoras climáticas (vide capítulo "História Evolutiva"), procurou-se utilizá-los para correlação entre as partes mais altas das seções colunares ainda disponíveis, principalmente aquelas da BR 476, BR 376 e PR 90.

Da análise apresentada acima, conclui-se que o esquema bioestratigráfico e de correlações está fundamentado em número considerável de dados, a maioria gerada durante a execução do presente trabalho. Tal esquema é praticamente inédito para a

Formação Rio do Rasto, constituindo-se numa proposta a ser testada em trabalhos futuros.

IDADE

No século passado, quando foram definidos os sistemas do Fanerozóico, principalmente fundamentados na sequência do noroeste da Europa, reconheceu-se que os depósitos do topo do Paleozóico estão melhor representados na região de Perm, no flanco ocidental dos Montes Urais, tendo facultado a introdução do Sistema Permiano (ROSS & ROSS, 1979). As subdivisões das porções mais inferiores do Permiano, que levam em conta fósseis marinhos da Plataforma Russa, são estendíveis a quase todas as outras regiões do Hemisfério Norte (ROSS & ROSS, 1979). Por outro lado, as tradicionais subdivisões superiores do Permiano, também estabelecidas na Rússia, estão sendo contestadas devido ao fato do Kazaniano estar fundamentado na amplitude dos representantes de fauna marinha endêmica e do Tatariano compreender sequência de origem continental (STEPANOV, 1973).

O estudo da distribuição e evolução dos amonóides teve muita influência nas novas propostas de subdivisão do Permiano, principalmente no que tange às sequências referíveis ao "Mar de Tethys" do sul da Ásia, dos Himalaias, do sul da Europa Oriental e do Nordeste do Oriente Médio. Apesar do conhecimento detalhado da filogenia dos amonóides, estes fósseis, em geral, são abundantes apenas localmente. Por esta razão, sua idade comumente é determinada através da interpretação do estágio evolutivo, que pode ser subjetiva. Não bastando este problema, algumas subdivisões definidas de acordo com as amplitudes de ocorrência dos amonóides foram remanejadas para posições e intervalos cronoestratigráficos distintos pelos especialistas em outros grupos de fósseis ou de outras regiões, tendo contribuído para a existência de muita confusão no que tange aos limites das subdivisões do Permiano. Segundo ANDERSON & ANDERSON (1970), as biozonas do Permiano Superior fundamentadas em amonóides têm poder de resolução de apenas ± 5 m.a., que é um intervalo muito grande em comparação ao das biozonas do Triássico e Jurássico (± 1 m.a.). COCKBAIN (1980) esboçou um quadro de correlação entre os andares do Permiano apresentados por diversos autores. Este autor, assim como PALMER (1983) e HAQ et al. (1987), mantiveram os Andares Kazaniano e Tatariano, apesar das argumentações ao contrário citadas acima. É notório que, mesmo nestes casos, não há coincidência entre as idades absolutas estimadas para os limites

destas subdivisões. A escala de HAQ et al. (1987) é interessante pelo fato de levar em conta as variações do "onlap" costeiro, desde o final do Kazaniano ao Holoceno.

Em relação à região gondvânica, as dificuldades nas correlações cronoestratigráficas ainda são bem maiores. Há problemas desde o estabelecimento do limite permo-carbonífero (pelo caráter preponderantemente endêmico das faunas marinhas), até o limite permo-triássico, pelos depósitos quase que essencialmente continentais, com pobre registro fóssilífero. Não obstante estes problemas, muitos autores, em particular da África e da América do Sul, têm utilizado a tradicional escala do Hemisfério Norte, refletindo, em parte, as comparações dos tetrápodes gondvânicos com os dos Urais; certos tetrápodes permitem correlacionar praticamente todas as bacias gondvânicas e algumas extra-gondvânicas, porém, o número de ocorrências conhecidas destes fósseis ainda é muito baixo em comparação, por exemplo, com o do Triássico.

Alguns autores, como ANDERSON (1977, 1981) e WATERHOUSE (1978), adotaram e modificaram a escala estabelecida com base na fauna do "Mar de Tethys", apesar que em poucas localidades na região gondvânica, como na Bacia de Perth da Austrália (Folhelho Kockatea), ocorram amonóides e bivalves típicos desta fauna (ROSS & ROSS, 1979).

Importante avanço nas correlações entre as regiões gondvânicas foi conseguido através de estudos palinológicos. ANDERSON (1977) apresentou notável contribuição nesse sentido, complementada posteriormente pelos quadros de correlação entre praticamente todas as unidades gondvânicas e circum-gondvânicas (ANDERSON, 1981). Parte destes quadros foi aqui aproveitada para a compilação da Tabela 6, porém com as seguintes modificações:

- a) a escala cronoestratigráfica foi convertida para a de PALMER (1983), com o auxílio das informações contidas em COCKBAIN (1980) e em outros trabalhos;
- b) acrescentaram-se os dados referentes a Angola e Gabão;
- c) atribui-se amplitude maior à unidade "Weller Coal Measures" da Antártica;
- d) sugeriu-se tentativamente que as unidades da porção inferior do Grupo Passa Dois devam ocupar posição cronoestratigráfica um pouco mais alta que a indicada por ANDERSON (1981); diversos

argumentos para esta sugestão foram mencionados em ROHN (no prelo b).

Infelizmente, grande parte dos depósitos gondvânicos de idade próxima ao limite permo-triássico compreende "red beds", os quais normalmente são desfavoráveis à preservação da matéria orgânica. Conforme já mencionado no capítulo "Palinomorfos", esta situação também se verifica na Formação Rio do Rasto, tendo sido obtida uma única amostra palinologicamente fértil, da localidade-tipo do Membro Serrinha, praticamente da base da formação. A assembléia palinológica evidencia equivalência ao final do Kazaniano Superior (Tabela 6), mostrando maior afinidade às assembléias da Zona Palinológica 5 da Bacia do Karroo (ANDERSON, 1977), que coincide com a Zona *Tapinocephalus*, da porção basal do Grupo Beaufort Inferior (ANDERSON, 1981). No entanto, tal determinação cronológica não é inteiramente confiável em virtude da má preservação das formas observadas e das discrepâncias entre os dados da literatura, principalmente relativos à nomenclatura palinológica, à amplitude estratigráfica das formas e às subdivisões cronoestratigráficas do Sistema Permiano. De qualquer modo, o resultado não fere as inferências cronológicas fundamentadas em tetrápodes apresentadas por BARBERENA et al. (1985). Os tetrápodes da região da Serra do Cadeado, da porção predominantemente superior da Formação Rio do Rasto, permitiriam correlação com a Zona *Cistecephalus* da Bacia do Karroo (logo acima da Zona *Tapinocephalus*) e os do Rio Grande do Sul sugeririam correlação com a Zona *Daptocephalus*, em ambos os casos indicando idade Tatariana (Tabela 6).

Além dos palinomorfos e dos tetrápodes, os megafósseis vegetais da Formação Rio do Rasto também possibilitaram algumas correlações interbaciais, porém aparentemente um pouco menos precisas. Certas tendências já haviam sido sugeridas por CAZZULO-KLEPZIG (1978). Algumas glossopterídeas (ROHN & RÖSLER, no prelo a) e *Schizoneura gondwanensis* evidenciam maior equivalência às formas do Grupo Ecca Superior e Beaufort Inferior da Bacia do Karroo, da Formação Madumabisa da Bacia do Zambezi, do Andar Raniganj da Índia e da Formação Baralaba da Austrália. O gênero *Sphenophyllum*, em geral, tende a indicar idade mais antiga enquanto que os caules do tipo *Paracalamites* sp. 4 já apresentam ligeira semelhança a formas triássicas. É importante voltar a

assinalar que determinadas glossopterídeas e *Schizoneura* ainda subsistiram em algumas regiões durante o Triássico, como na Índia (MAHESHWARI, 1976).

A maioria dos bivalves da Formação Rio do Rasto deve ser realmente endêmica. Apenas as 3 formas mais seguramente dulcícolas da unidade podem estar relacionadas a espécies de outras bacias. Formas similares a ? *Palaeomutela platinensis* e mais raramente a *Religiicola delicata* foram registradas em depósitos do Grupo Beaufort Inferior e da Formação Madumabisa; uma forma semelhante a *Nothoterraia acarinata* quanto às feições externas da concha foi figurada para o Grupo Raniganj.

Nenhuma espécie de conchostráceo da Formação Rio do Rasto parece ser inteiramente semelhante a formas de outras bacias. A espécie *Monoleaia uncostata* tende a indicar idade mais antiga que a permiana superior; por outro lado, todas as demais espécies têm ligeira afinidade a formas triássicas.

Em resumo, os dados paleontológicos sugerem relação temporal principalmente entre a porção inferior/média da Formação Rio do Rasto e o Grupo Beaufort Inferior, a Formação Madumabisa e o Grupo Raniganj. Os raros dados paleontológicos disponíveis para a parte superior da Formação Rio do Rasto não são conclusivos; exceto os tetrápodes, que parecem indicar idade tatariana, nenhum *taxon* restringe o topo da formação obrigatoriamente ao Permiano.

Embora a Formação Rio do Rasto não apresente sedimentos marinhos, os indicadores climáticos ao longo da sequência talvez reflitam indiretamente as variações globais do nível do mar. HAQ et al. (1987) indicaram duas fases de drástico abaixamento do nível do mar no final do Permiano: uma equivalendo ao Tatariano Inferior e outra, ligeiramente menos acentuada, correspondendo quase ao topo deste andar. Tais fases possivelmente são respectivas ao início e ao final da deposição da Formação Rio do Rasto (vide capítulo "História Evolutiva"), abrangendo um lapso da ordem de 3 ou 4 m.a.. WATERHOUSE (1978) apresentou um esquema das variações climáticas ao longo do tempo, porém nenhuma parte específica da curva pôde ser correlacionada aos aparentes marcadores climáticos da Formação Rio do Rasto.

HISTÓRIA EVOLUTIVA

Para situar a história evolutiva da Formação Rio do Rasto no contexto global da Bacia do Paraná e do Gondvana, torna-se necessário fazer referência a alguns fatos precedentes à sua deposição.

a) As evidências de organismos marinhos no Grupo Passa Dois são raras e não inteiramente seguras. Entre os dados disponíveis, aqueles que aparentemente mais favorecem a hipótese de sedimentação marinha são os lingulídeos, registrados por CAMPANHA (1985) nos depósitos da Formação Irati. Espículas de esponjas, foraminíferos arenáceos, entre outros fósseis, são amplamente citados na literatura, principalmente para a Formação Corumbataí, porém ainda não foram adequadamente descritos.

b) *Mesosaurus* da Formação Irati e diversos bivalves das Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí sugerem conexão aquática à Bacia do Karroo e adjacências do sul da África (COOPER & KENSLEY, 1984). Tais bivalves desapareceram quase que completamente até o final da deposição destas unidades.

c) VISSER & LOOCK (1978) inferiram que a profundidade de água no ambiente deposicional da Bacia do Karroo era pequena nos "tempos *Mesosaurus*", tendo crescido acentuadamente logo após o desaparecimento deste réptil, e novamente decrescido na fase final da deposição do Grupo Eccä (com pequena diferença entre o norte e o sul da bacia). As curvas de "variação do nível do mar" de VAIL et al. (1977) (na realidade, de variação do "onlap" costeiro) mostram abaixamento acentuado do nível do mar no final do Permiano Inferior, elevação gradativa do nível no Permiano Superior, até novo abaixamento no final do período. HAQ et al. (1987), através de esquema mais detalhado, indicam curta fase de pequeno avanço do "onlap" costeiro intercalada a este último evento de retração (no Tatariano).

d) Na Bacia do Paraná, as características litológicas evidenciam que, durante a deposição da Formação Irati, houve incidência de intervalos de ambientes rasos, com ressecamento, intercalados aos de águas mais profundas (PETRI & COIMBRA, 1982); durante a deposição da Formação Serra Alta (parcialmente interdigitada com a Formação Irati), as águas do ambiente eram mais profundas, porém aparentemente com melhor circulação; e finalmente, na deposição da Formação Teresina, o ambiente tornou-

se outra vez variavelmente raso, tendo havido prováveis intervalos de parcial ressecamento. Há boa correlação entre estas inferências e as citadas para o sul da África, sugerindo que a suposta conexão aquática entre as regiões se rompeu aproximadamente ao final da deposição da Formação Teresina e do Grupo Ecça.

e) A Flora *Glossopteris*, após o clímax de desenvolvimento no intervalo equivalente ao Permiano Inferior, voltou a ser expressiva apenas um pouco antes do final do intervalo respectivo ao Permiano Superior, porém já despojada de diversos importantes elementos (ROHN & RÖSLER, 1987). As Formações Teresina e Corumbataí apresentam depósitos pouco expressivos em megafósseis vegetais, exceto aqueles com caules petrificados, impressões de caules de licófitas, carófitas, além de raras glossopterídeas e pecopterídeas. O registro paleobotânico nos depósitos mais superiores do Grupo Ecça e nos mais inferiores do Grupo Beaufort Inferior também é muito pobre (ANDERSON & ANDERSON, 1985).

f) Os índices mais elevados de salinidade foram verificados para o leste e o nordeste da Bacia do Paraná, nas Formações Teresina e Corumbataí (RODRIGUES & QUADROS, 1976; RAMOS & FORMOSO, 1976). Assumindo que não existia conexão ao mar aberto durante a deposição destas unidades, a salinidade deve refletir principalmente a concentração dos sais herdados do antigo "Mar Palermo", por taxas elevadas de evaporação. Esperar-se-ia encontrar evaporitos acumulados nesta fase. Os fósseis típicos de água doce descobertos nestas unidades, como os peixes da Ordem *Xenacanthodii* (RAGONHA, 1984), os conchostráceos *Acantholeaia* Almeida (*apud* MENDES, 1967) e as carófitas (RÖSLER, 1978b) devem representar as partes costeiras do corpo aquoso, com maior afluxo de águas continentais.

Este conjunto de fatos e respectivas hipóteses sugere que houve um ou mais intervalos de acentuada aridez durante e/ou no final da deposição das Formações Teresina/Corumbataí, a qual deve ter implicado na exposição subaérea de grandes áreas da Bacia do Paraná e aparente extinção de grande parte da fauna e da flora.

Os depósitos de transição entre a Formação Teresina e a Formação Rio do Rasto (Membro Serrinha) parecem registrar o início do retorno das condições climáticas mais úmidas, que deve ter sido gradual, com alternâncias de aridez e umidade bem marcadas. Em pelo menos um intervalo durante o começo da deposição da Formação

Rio do Rasto provavelmente houve longa fase sem acreção vertical, indicada pela ocorrência de "hardground". Supõe-se que as áreas emersas tenham sido gradualmente invadidas por dunas eólicas enquanto que as áreas mais deprimidas foram sendo afogadas por água doce. Os corpos aquosos formados, de caráter lacustre, provavelmente eram pequenos demais para a indução de correntes de marés, porém grandes o suficiente para terem propagado grandes ondas de tempestades, as quais aparentemente ocorriam com certa frequência. Mesmo sob condições "normais", devem ter incidido fortes ventos, não só responsáveis pela geração de ondas, como também pela circulação da água (condições oxidantes) e a migração de dunas eólicas. O desenvolvimento de pequenos estromatólitos e a acumulação de rochas calcíferas provavelmente ocorreu em áreas mais protegidas, apenas esporadicamente afetadas pelas ondas de tempestades. Julga-se que o empobrecimento da malacofauna (*Zona Leinzia similis*) reflita esta instabilidade do meio, por oscilação constante do nível da água e da salinidade, ainda que certos elementos tenham permanecido amplamente distribuídos - do sul ao nordeste do Estado do Paraná (Ribeirão do Pinhal) e ainda no Uruguai (COX, 1934) e talvez no Paraguai (HERBST & LEGUIZAMON, 1984). Contemporaneamente a estes bivalves, apareceram alguns conchostráceos, ainda raros e esparsos, nunca encontrados exatamente nos mesmos níveis dos bivalves (evocando variações na salinidade).

Os dados bioestratigráficos indicam que o desaparecimento de quase todos os bivalves da Zona *L. similis*, talvez provocado pelas condições instáveis e diminuição mais acentuada da salinidade, coincide aproximadamente com a instalação da importante espécie de conchostráceo - *Monoleala unicostata*, a qual se dispersou, no mínimo, por toda a área aqui investigada e persistiu com certa abundância durante a maior parte do intervalo de deposição da unidade em pauta. Logo em seguida apareceram os bivalves da Zona *Nothoterraia acarinata*, incluindo, pelo menos, uma espécie descendente de elementos da própria Bacia do Paraná (*N. acarinata* com dentição semelhante às espécies de *Terraia* da Formação Teresina) e uma espécie imigrante (? *Palaeomutela platinensis*). O aparecimento destes novos organismos coincidiu aproximadamente com o início de suprimento de lamitos avermelhados e de restos vegetais relativamente abundantes. Na área-fonte,

através da alternância de estações secas e úmidas e da vegetação mais abundante, pode ter havido desenvolvimento de solos lateríticos, possivelmente responsáveis pelo fornecimento de pigmentos avermelhados. A vegetação mesófila (particularmente representada por glossopterídeas) provavelmente alcançou novamente a borda da bacia e houve possibilidade de aproximação de espécie(s) de *Sphenophyllum*, bastante semelhante(s) a formas encontradas em unidades estratigráficas mais antigas de outras bacias, inclusive da Cathaysia; também reapareceram algumas outras esfenófitas, pecopterídeas e *Sphenopteris*. Os lobos de suspensão, muito abundantes na fase dominada por *M. unicastata*, denotam descargas rápidas dos canais fluviais durante eventos de cheias. A alternância de elevação e de queda do nível de base deve ter favorecido, respectivamente, ora a preservação dos depósitos de desembocadura, ora seu retrabalhamento por ondas, particularmente de tempestades (barras de tempestade e baixios). No intervalo em pauta, o sul da área estudada (Dorizon) aparentemente denota melhor os efeitos destas variações do que o centro (região de Prudentópolis-Guarapuava), onde predominou a deposição de lamitos, provavelmente sob condições mais distantes da costa. Na região de Reserva, embora o ambiente deva ter sido raso (abundantes estruturas indicativas da influência de ondas), a raridade de lobos de suspensão e de megafósseis vegetais no intervalo considerado, permite suspeitar maior distância às desembocaduras das drenagens.

As condições gradativamente mais estáveis, ainda que marcadas pelas alternâncias já referidas, foram acompanhadas pelo aparecimento de outro conchostráceo característico da Formação Rio do Rasto - *Paranaleala supina*. Há registro de *C. (Euestheria) langei*, porém apenas local. Em média, as águas dos lagos provavelmente se tornaram mais profundas, uma vez que passou a predominar a acumulação de lamitos; o acesso de megafósseis vegetais aos sítios de sedimentação costa afora deve ter sido dificultado. Outra importante espécie de conchostráceo que se estabeleceu na bacia aproximadamente neste intervalo foi *Asmuusia regularis* (descendente de elementos do tipo *Asmuusia* sp., ou imigrante).

Supõe-se que se seguiu uma fase de rebaixamento acentuado do nível de água indicado por outro provável "hardground" (região

de Reserva) e regolito fóssil (BR 373), além de intraclastos de pequenas e grandes dimensões em diversos depósitos na região central do Estado do Paraná. A regressão propriamente dita está muito mal representada, o que é explicável pela erosão/retrabalhamento dos respectivos depósitos. Os dados referentes aos níveis subsequentes aos da regressão (aproximadamente na base Zona A. *regularis*) indicam uma "rápida" fase transgressiva, marcada por intensas tempestades (registradas principalmente na região de Reserva e de Santo Antônio da Platina), sucedida novamente por condições bem mais tranquilas. Os eventos anteriores devem ter mudado substancialmente as condições do substrato e de drenagem próximo à costa, pois houve desaparecimento de alguns bivalves, tais como *N. acarinata*, a diminuição das pteridófilas e acentuou-se o desenvolvimento das esfenófitas (indicado principalmente pelos caules do tipo *Paracalamites* sp. 2).

Com a fase transgressiva provavelmente retornaram condições climáticas um pouco mais úmidas e estáveis, apesar de "pequenas" interrupções por rebaixamento do nível de base (depósitos de dunas eólicas e de canais fluviais; ex.: afloramentos a 30 e 35 km de Reserva). Neste ínterim, houve finalmente a ocupação das áreas marginais dos lagos pela espécie *S. gondwanensis*, a qual provavelmente se dispersou no Permiano Superior a partir da região da Índia (ROHN & RÖSLER, 1987). Também ocorreu a ingressão de várias espécies de conchostráceos (*Palaeolimnadiopsis subalata*, *P. (Palaeolimnadia)* sp., *Gabonestheria* sp., etc), incluindo taxa levemente semelhantes aos de outras áreas gondvânicas e de regiões nórdicas (a ingressão na Bacia do Paraná deve ter sido facultada "via Gondvana" e não diretamente das regiões setentrionais adjacentes, onde o clima provavelmente era mais árido). A maior diversidade de conchostráceos, nesse caso, reflete a oportunidade de ocupação de nichos recém criados e não especiação por estabilidade do meio. (cf. GORTHNER & MEIER-BROOK, 1985). A falta de evidências de prolongado transporte dos conchostráceos e a ocorrência de 3 ou mais espécies num mesmo nível sedimentar sugerem condições aquosas bastante amplas (ainda que rasas) para ter evitado o problema da competição (não poças de água, como aventado por alguns autores, por analogia com o hábito das formas atuais). Parece provável que este intervalo também corresponda ao

de aparecimento de *Endothiodon* e *Australerpeton*. Os dados que apoiam as idéias sobre a suposta migração de faunas via continental entre as bacias favorecem também a hipótese de que as condições climáticas mais úmidas deste intervalo se estenderam regionalmente. Tal fase pode ter coincidido com o de ligeira elevação do nível do mar nas margens oceânicas no Tatariano Inferior-Médio, registradas nas curvas de HAQ et al. (1987). Neste intervalo ainda é patente que a ação de ondas se tornou mais fraca (ventos menos fortes) e cessaram os efeitos catastróficos provocados por tempestades. Ainda há evidências de bivalves (*P. platinensis*), adaptados a fundos lamosos. Aparentemente, acentuou-se a tendência de soerguimento da região de Reserva (possivelmente também a região de Prudentópolis, para a qual falta registro). Tal processo é sugerido pelo depósito de fluxo de detritos e pela nítida discordância erosiva (e aparentemente também angular) no afloramento AF/GP 301 a 37,4 km de Reserva. O soerguimento não parece ter sido contínuo, pois os depósitos subsequentes sugerem novas condições mais subsidentes, com sedimentação em "onlap" sobre a área exposta. Nas regiões da Serra do Cadeado e de São Jerônimo da Serra, aproximadamente no mesmo nível estratigráfico, foram encontrados pequenos intraclastos, bastante raros no restante da formação, corroborando a hipótese de levantamento de parte da bacia (ou, pelo menos, de diminuição da subsidência). Nas bordas, como no nordeste do Estado do Paraná (Santo Antônio da Platina e adjacências), a menor subsidência aparentemente promovia acreção vertical mais lenta; ocorria sedimentação principalmente carbonática (incluindo prováveis estromatólitos), em ambientes restritos e com intensa evaporação, tendo havido muitas fases de retrabalhamento de depósitos.

A história deposicional da porção mais alta da Formação Rio do Rasto na área estudada, equivalente à Zona *Schizoneura gondwanensis* Superior ou à Zona *Asmuussia regularis* Superior + "Intervalo de Conchostráceos Superior", não é muito bem discernível pela falta de exposições adequadas. No nordeste do Estado do Paraná, a deposição dos termos subaquosos parece ter cessado mais rapidamente, podendo ter começado a sedimentação predominantemente eólica do tipo Pirambóia. No centro e no sul do estado, parecem ter persistido as alternâncias de maior e menor profundidade dos lagos, refletindo, respectivamente, intervalos

mais úmidos e mais secos. Depositaram-se principalmente lençóis arenosos e lamosos, alguns lobos de suspensão, raros depósitos de canais fluviais, alguns depósitos influenciados por ondas e, pelo menos, dois pacotes espessos de arenitos eólicos semelhantes aos da Formação Pirambóia. Em alguns níveis, os lamitos ainda apresentam aspecto homogêneo e cor avermelhada, porém passam a predominar texturas menos selecionadas, cores cinza-arroxeadas (fig. 77b) ou amareladas (fig. 97). Há níveis com litologias calcíferas. Os fósseis tornam-se muito raros e somente aparecem concentrados nos lamitos mais finos e avermelhados, geralmente entre supostos lobos de suspensão (como em alguns afloramentos da BR 476). As glossopterídeas (aliás, *Ilexoides phyllum permicum*), as esfenófitas (*S. gondwanensis*) e as pecopterídeas persistiram até o final da deposição da Formação Rio do Rasto, porém com redução muito grande da diversidade. O registro de conchostráceos é muito esparsos. Em vista deste quadro, supõe-se que a fauna aquática e provavelmente grande parte da vegetação tenham sido comprometidos pelo recrudescimento do clima, com períodos de aridez cada vez mais longos e acentuados. Os elementos constatados da flora devem equivaler, em sua maior parte, à vegetação hidro-higrófila, resguardada nas áreas mais úmidas nas bordas dos lagos. Os elementos mesófilos devem ter experimentado franco declínio. Esta tendência da vegetação possivelmente foi mais marcante na Bacia do Paraná do que em outras bacias gondvânicas correlacionáveis. Conforme a reconstrução paleogeográfica de SMITH et al. (1981), a bacia estaria em posição latitudinal mais baixa do que as outras regiões com Flora *Glossopteris* típica e, portanto, esteve mais fortemente exposta ao crescente cinturão subtropical quente e árido, o qual caracterizou o clima triássico (TUCKER & BENTON, 1982). O mapa de distribuição de chuvas do Triássico Inferior, elaborado por PARRISH et al. (1982), também mostra índices muito baixos de pluviosidade na área que compreende as Bacias do Paraná, do Parnaíba e do Amazonas. Segundo HAQ et al. (1987), o "nível relativo do mar" teria começado a decrescer novamente no intervalo equivalente ao Tatariano Médio. As ocorrências bastante tardias de *M. uncostata*, uma das poucas espécies de conchostráceos ainda registradas na porção superior da formação, atestam mais uma vez sua relativa tolerância aos ambientes desfavoráveis: esta espécie apareceu nas primeiras fases

de deposição da Formação Rio do Rasto, quando o ambiente lacustre ainda não estava bem caracterizado, e resistiu discretamente a todas as alterações na história evolutiva da bacia, tendo desenvolvido populações abundantes apenas quando as outras espécies estavam ausentes. KOZUR & SEIDEL (1983b) interpretaram situações semelhantes como resultado da melhor adaptação de certas espécies às salinidades mais elevadas. A substituição crescente das típicas litologias avermelhadas pelas cinza-arroxeadas ou amareladas na parte superior da formação poderia indicar que não havia mais produção abundante de lateritas na área-fonte, talvez em virtude da maior aridez (hipótese válida apenas se o pigmento vermelho se deve realmente à hematita detrítica). Os lobos de suspensão (e também os raros depósitos fluviais), quando preservados, sugerem curtas fases elevação do nível de água do respectivo lago, o que deve ser indício de pequenos períodos de melhora climática e explicaria a maior abundância de vegetais fósseis nos níveis intercalados a estes depósitos. Ainda um pouco antes da colmatação definitiva dos meios aquosos da Formação Rio do Rasto pelas dunas eólicas, deve ter havido uma última etapa importante de expansão dos lagos, responsável pelos pacotes significativos de arenitos finos com marcas onduladas de oscilação e de lamitos avermelhados (ex.: BR 476; BR 376; PR 90). No entanto, a frequente sobreposição de lamitos diretamente por arenitos eólicos e os casos de inversão textural evidenciam que as dunas avançaram sobre lagos com volume de água insuficiente para a propagação de grandes ondas (provocadas pelo vento) ou para o retrabalhamento efetivo dos sedimentos.

Na área estudada, onde há exposições da passagem da Formação Rio do Rasto para a Pirambóia, os últimos lamitos avermelhados da unidade inferior parecem estar sobrepostos, sem discordância, pelos arenitos eólicos da unidade superior (ex.: BR 476, km 229,7, figs. 110-111). Mesmo que parte da área da bacia tenha experimentado soerguimento crustal durante o Triássico (ex.: FÚLFARO et al., 1982; PETRI & FÚLFARO, 1983), o processo sedimentar predominantemente eólico provavelmente persistiu por um longo intervalo. Apenas as verdadeiras discordâncias verificadas entre o Grupo Passa Dois e o Grupo São Bento, principalmente no Estado de São Paulo (SOARES & LANDIM, 1973) e as discordâncias no âmbito da própria Formação Pirambóia registram, de fato, fases de

menor subsidência, porém provavelmente restritas temporal e espacialmente. Por outro lado, houve persistência na acumulação de lamitos avermelhados ainda durante o Triássico no Rio Grande do Sul (Grupo Rosário do Sul), portanto, sob condições menos acentuadamente áridas do que nas partes mais setentrionais da Bacia do Paraná. PETRI & FULFARO (1983) mencionaram que, durante o Triássico, a região do Arco de Ponta Grossa teria constituído uma estrutura divisória entre a "sedimentação" Pirambóia e a Rosário do Sul. Entretanto, julga-se que outra área mais elevada possa ter existido a partir do final do Permiano próximo ao norte do Rio Grande do Sul, numa fase em que a região do Arco de Ponta Grossa, assim como a área de Reserva, ainda não devam ter manifestado soerguimento crustal significativo. Outra alternativa é considerar que havia controle climático latitudinal.

CONCLUSÕES

- 1.-A pesquisa dos afloramentos e dos fósseis ao longo das principais estradas que interceptam a Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná geraram dados significativos para sustentar a definição de zoneamentos bioestratigráficos, os primeiros passos para a correlação estratigráfica entre as seções do sul ao nordeste da área estudada e a alteração substancial de algumas interpretações anteriores sobre os paleoambientes e a história evolutiva da unidade.
- 2.-Conforme as 12 seções colunares compostas construídas, estimando mergulhos regionais entre 0,5° e 0,9°, as áreas em que a Formação Rio do Rasto apresenta as maiores espessuras são as de União da Vitória e da Serra do Cadeado (cerca de 420 m); as outras seções indicam espessuras um pouco menores, havendo acentuada diminuição de espessura da região de São Jerônimo da Serra (PR 90) para a de Santo Antônio da Platina (cerca de 110 m). Não se dispõe de informações para a porção superior da unidade na região de Reserva-Cândido de Abreu, nem para a porção inferior na região da PR 90.
- 3.-Há passagem transicional e interdigitamentos entre a Formação Teresina e a parte inferior da Formação Rio do Rasto; os principais critérios adotados para o reconhecimento da porção basal da formação são o aparecimento de estratos geralmente submétricos com abundantes estruturas indicativas da ação de ondas, o aparecimento de corpos arenosos lenticulares ou lobados e a presença de um pacote característico de aproximadamente 10 m de espessura, formado por rochas calcíferas, compactas cinza-escuras com estruturas indicativas da ação de ondas e atividade de organismos.
-Em quase toda a formação, principalmente na parte superior, ocorrem freqüentes corpos areníticos semelhantes aos da Formação Pirambóia; nas seções observadas, o contato superior da Formação Rio do Rasto foi posicionado no topo do mais alto lamito avermelhado ainda expressivo e geralmente fossilífero.
- 4.-Conforme os dados atualmente disponíveis, não se considerou conveniente subdividir a Formação Rio do Rasto nos Membros Serrinha e Morro Pelado, já anteriormente estabelecidos; embora a passagem da coloração esverdeada para a avermelhada sustente subjetivamente o limite entre estas subdivisões, nem sempre há

diferenças litológicas palpáveis entre a porção basal (cerca de 1/4 da espessura da formação) e o restante da sequência, principalmente no nordeste do Estado do Paraná.

- 5.-A Formação Rio do Rasto é expressiva em ocorrências fossilíferas (no mínimo, 140 localidades), quase todas não registradas anteriormente na literatura e concentradas principalmente entre os níveis de 15 % e 65 % da sua coluna a partir da "base".
 - Praticamente todos os fósseis estão preservados como moldes ou como impressões, exceto os estromatólitos e raras conchas na parte inferior da formação, estes ainda apresentando a composição carbonática.
 - Os fósseis fundamentam grande parte das correlações e, através das características paleoecológicas e bioestratônicas, substanciam diversas interpretações ambientais.
6. A distribuição das 12 espécies de bivalves reconhecidas nos depósitos da Formação Rio do Rasto permitiu o estabelecimento das seguintes zonas:
 - a) Zona *Leinzia similis*: os principais elementos foram encontrados do sul ao nordeste do Estado do Paraná e podem estar representados também no Uruguai e no Paraguai; aparentemente são endêmicos. A morfologia das valvas de algumas espécies indica hábito de escavação relativamente rápida, a pequenas profundidades do substrato, em áreas de águas provavelmente um pouco agitadas ou com eventos repetitivos de maior turbulência. Os bivalves não permitem inferências diretas sobre a salinidade do meio, porém se considera a possibilidade de que possam ter ocupado meios eurihalinos.
 - b) Zona ?*Palaeomutela platinensis*, compreendendo a Subzona *Nothoterraia acarinata* aproximadamente no terço basal: Três espécies, principalmente ? *Palaeomutela platinensis*, podem ter relação filogenética a formas dulcícolas de outros depósitos gondvânicos do Permiano Superior, particularmente do Grupo Beaufort Inferior. Algumas formas da subzona constituem importantes elementos de correlação entre as seções da área estudada. Os bivalves sugerem hábito de escavação mais lenta, em águas mais calmas, que aqueles da zona inferior. Nos depósitos sobrepostos aos equivalentes a esta subzona, os bivalves são gradativamente mais raros, não havendo mais

registro destes fósseis um pouco acima da metade da sequência. Contudo, quase no topo da formação, próximo a União da Vitória, foram encontrados icnofósseis provavelmente indicativos da atividade de bivalves.

7.-Os conchostráceos correspondem aos fósseis mais abundantes da Formação Rio do Rasto e que permitem zoneamento bioestratigráfico mais detalhado.

-As 14 formas distinguidas para a unidade distribuem-se nas zonas *Cyzicus* sp., *Monoleaia unicastata micropolygonata*, *Paranaleaia supina*-*Asmussia* sp., *Asmussia regularis* (subdividida em "parte inferior", Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata* e "parte superior") e "Intervalo de Conchostráceos Superior".

-Em linhas gerais, a sucessão destas zonas representa respectivamente uma fase inicial de oportunas e raras ocupações de áreas da bacia; ampla proliferação da bem sucedida espécie *M. unicastata*; gradual estabilização ambiental com introdução de novas espécies, porém com redução da representatividade de *M. unicastata* e desaparecimento de outras espécies mais antigas; máxima diversificação das formas (talvez com introdução de elementos imigrantes) durante o intervalo da Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*; desaparecimento da maioria das formas, ainda com subsistência temporária de *M. unicastata*, *A. regularis* e de formas não identificadas.

-Os conchostráceos são organismos tipicamente dulcícolas, de águas rasas, calmas e normalmente não frias, bastante comuns nas regiões semi-áridas. *M. unicastata* talvez tenha suportado consideráveis variações ambientais, incluindo condições ligeiramente salinas, dada a sua maior expressividade nos intervalos de ausência das outras espécies. A Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata* compreende as formas com as maiores dimensões, possivelmente evidenciando o período com as mais altas temperaturas.

-Constatou-se pouca afinidade entre as formas observadas e as do Permiano Superior de outras bacias gondvânicas; entretanto, nestas respectivas áreas, o assunto não parece ter sido suficientemente explorado.

8.-Os megafósseis vegetais também são bastante abundantes e diversificados na Formação Rio do Rasto (pelo menos 40 taxa);

contudo, a aparente amplitude relativamente maior das espécies vegetais que as animais e o número restrito de ocorrências de certas espécies não permitiu o estabelecimento de zoneamento bioestratigráfico muito detalhado. Definiu-se a Zona *Pecopteris dollanittii* (subdividida nas "partes inferior, média e superior") e a Zona *Schizoneura gondwanensis* (subdividida nas "partes inferior e superior").

- Os fósseis vegetais são mais comuns no sul do Estado do Paraná (e aparentemente também em Santa Catarina), porém já parecem ocorrer um pouco mais restritamente na região da Serra do Cadeado e são relativamente raros na porção nordeste.
- Em sentido ascendente na sequência vertical da área centro-sul do estado, nota-se: a) Passagem quase abrupta entre o intervalo basal, quase sem registro da flora, e a parte média da Zona *Pecopteris dollanittii* (coincidente com a Zona *Monoleaia unicostata micropolygonata*), contendo elementos típicos da Flora *Glossopteris*, tais como as próprias glossopterídeas, pecopterídeas, além de *Sphenophyllum*, *Sphenopteris*, *Paracalamites* e outras. Embora este intervalo seja o mais rico em megafósseis vegetais da Formação Rio do Rasto, não parece ser muito representativo da flora original (por exemplo, por quase inexistência de frutificações); a diversidade constatada é menor que a das assembléias correlacionáveis (do Grupo Ecca, do Grupo Beaufort Inferior e da Formação Madumabisa da África, do Grupo Raniganj da Índia e da Formação Baralaba da Austrália). b) Drástica redução do número de ocorrências de megafósseis vegetais, principalmente de glossopterídeas, destacando-se apenas a parte inferior da Zona *Schizoneura gondwanensis* (coincidente com a Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*), principalmente pelo aparecimento da respectiva esfenófita, aparentemente bastante útil como marcadora estratigráfica. c) megafósseis vegetais muito raros na parte superior da formação, mas ainda ocorrendo as glossopterídeas, assim como *Paracalamites*, praticamente até o topo da unidade.
- Os megafósseis vegetais da formação enquadram-se entre os hidro-higrófilos (principalmente pecopterídeas na zona inferior e esfenófitas na zona superior) e os higró-mesófilos ou mesófilos (principalmente glossopterídeas), havendo diversos elementos com possíveis adaptações xeromórficas (aparentes

cutículas espessadas nas glossopterídeas, nas folhas e caules de esfenófitas; bordos enrolados sobre si das pínulas de algumas pecopterídeas; nervação e contorno peculiares de algumas glossopterídeas).

- 9.-Entre os outros fósseis abrangidos na presente dissertação, merecem destaque os palinomorfos da localidade-tipo do Membro Serrinha, que substanciam provável idade kazaniana superior para a porção basal da formação nesta área; tal conclusão aparentemente coaduna com a idade tatariana inferida através de tetrápodes da porção superior da unidade da região da Serra do Cadeado (BARBERENA et al., 1985).
- 10.-Os estromatólitos nodulares, também expressivos na formação, indicam condições aquosas locais provavelmente calmas, quentes e restritas, não obrigatoriamente marinhas; são encontrados na porção superior da Formação Teresina e na base da Formação Rio do Rasto, no centro-sul do Estado do Paraná, e também em níveis estratigráficos um pouco mais elevados do nordeste do estado.
- 11.-Escamas de peixes são fósseis muito abundantes, aparecendo caracteristicamente nos depósitos ligeiramente calcíferos, sem outros grupos de fósseis representados, o que é comum no nordeste do Estado do Paraná.
- 12.-Os icnofósseis, que compreendem sobretudo escavações, concentram-se principalmente nos depósitos da porção inferior da formação e geralmente sugerem atividade de organismos em águas rasas ligeiramente influenciadas por ondas, durante períodos de diminuição de energia do meio ou pós-tempestade; não há evidências que comprovem condições ambientais marinhas; um dos tipos, provavelmente *Pelecypodichnus*, também encontrado no topo da formação, com grande probabilidade representa condições de água doce. Uma perfuração encontrada praticamente na base da formação, parece indicar que houve uma fase de estabelecimento de "hardground", podendo indicar restrições na sedimentação possivelmente provocadas por aridez prolongada.
- 13.-As características da Formação Rio do Rasto sugerem que o panorama paleoambiental era dominado por extensos lagos, relativamente rasos, com variações significativas do nível de água, da área de cobertura e possivelmente também da salinidade.

- Os lagos eram submetidos a invasões esporádicas por fluxos turbulentos nos períodos de cheia, tendo resultado no acúmulo de sigmóides e/ou de lobos de suspensão próximo às desembocaduras dos cursos de água e de turbiditos nas porções mais distais. Estes fluxos e as correntes de turbidez provavelmente eram os principais mecanismos responsáveis pelo transporte e sepultamento dos restos vegetais (e também dos conchostráceos, restos de peixes e outros), principalmente por terem facultado seu rápido isolamento das condições oxidantes, sugeridas pelas cores avermelhadas da maioria dos depósitos e a falta de sedimentos carbonosos. As correntes de turbidez igualmente podem ter proporcionado o sepultamento de diversos bivalves na posição de vida e a preservação de muitos representantes com as valvas articuladas fechadas.
- Em certas fases, os lagos parecem ter sido afetados por fortes tempestades, evidenciadas pelos depósitos com estratificação "hummocky" e pelos diversos depósitos coquínóides, onde os bioclastos estão representados principalmente por bivalves e também por estromatólitos nodulares, conchostráceos, ostracodes, gastrópodes, raros caules e raros ossos de tetrápodes.
- Houveram intervalos em que os lagos estiveram submetidos à ação de ondas mais fracas que as de tempestade (pela ação eólica), tendo possivelmente contribuído na construção de baixios e no retrabalhamento dos depósitos mais rasos e marginais; nestes depósitos encontram-se quase todas as raras gretas de dessecação, a maior parte dos icnofósseis e, nas porções mais lamíticas, pequenos fósseis (tais como conchostráceos e escamas de peixes), homoganeamente distribuídos. Em outros intervalos, a ação de ondas deve ter sido tão fraca que mesmo próximo às margens parece ter predominado a sedimentação pelítica.
- Houve a possibilidade de invasão dos lagos por dunas eólicas, sem que estas tenham sido totalmente retrabalhadas pela dinâmica do lago.
- Aparentemente raros outros depósitos, além dos arenitos representativos de dunas eólicas, dizem respeito à paisagem emersa. As dunas eólicas e as aparentes adaptações xeromórficas dos vegetais sugerem predominância de estações secas. A vegetação provavelmente não se estendia muito além das margens

dos lagos. Tais deduções e o fato de terem sido reconhecidos muito poucos depósitos de canais fluviais permitem julgar que o sistema de drenagem tenha sido efêmero, ativo praticamente apenas nos eventos de chuvas, as quais devem ter sido torrenciais e infrequentes; transbordamentos dos canais podem ter promovido a produção de "inunditos", porém provavelmente não essencialmente a acumulação de lamas. As evidências aqui apresentadas e a falta de marcas de raízes ou de profundas gretas de dessecação parecem descartar hipóteses anteriores favoráveis à interpretação dos lamitos como depósitos de planície de inundação.

-O relevo provavelmente era bastante plano, com índices baixos de erosão e de sedimentação. No entanto, os intraclastos de grandes dimensões na região da estrada Reserva-Cândido de Abreu, constituindo a porção basal de um tempestito e um leque de fluxo de detritos, sugerem ligeiro levantamento/basculamento tectônico (ou diminuição da subsidência) durante certo intervalo na deposição da Formação Rio do Rasto.

-As considerações aqui apresentadas concordam, em parte, com interpretações anteriores de BEURLIN (1957), SANFORD & LANGE (1960), LOCZY (1966), MENDES (1967), BIGARELLA (1973), CASTRO & MEDEIROS (1980), R.A. MEDEIROS (comun. verbal) e E.L. LAVINA (comun.verbal), exceto as inferências relativas à origem marinha dos depósitos da base da formação e à origem predominantemente fluvial dos depósitos da parte superior. Neste trabalho é feita, pela primeira vez, a integração detalhada entre os dados litológicos e os paleontológicos.

14.-Em termos de história evolutiva, sugere-se que a deposição da Formação Rio do Rasto se iniciou sob condições climáticas relativamente áridas, numa fase de fauna e flora bastante empobrecidas. É provável que o ambiente deposicional já era predominantemente lacustre, porém talvez com salinidade das águas suficientemente elevada para ter restringido a sua imediata ocupação por conchostráceos.

-Aos poucos, este panorama foi sendo alterado em função de provável melhora climática, inicialmente com muitas tempestades, tendo resultado na ampliação dos lagos, na dulcificação gradual das águas, e no aparecimento de organismos continentais típicos e de vegetação mais abundante. Nesta fase,

- a região de Dorizon pode ter correspondido a ambiente lacustre mais costeiro que a de Prudentópolis; julga-se que na região de Reserva também predominavam condições costeiras, porém mais afastadas das desembocaduras dos rios. As condições climáticas sugeridas devem ter perdurado aproximadamente até a fase de aparecimento da espécie de conchostráceos *Asmussia regularis*.
- Há evidências de que se sucedeu um importante rebaixamento do nível de base, seguido por "rápida" transgressão, inicialmente caracterizada por intensas tempestades. Tal acontecimento deve ter contribuído para o desaparecimento de diversas espécies de bivalves e a diminuição de pteridófitas.
 - Após o novo restabelecimento das condições mais tranquilas e úmidas, houve a ingressão de *Schizoneura gondwanensis* e de diversas espécies de conchostráceos, talvez tendo coincidido com o aparecimento dos tetrápodes *Endothiodon* e *Australerpeton*. Além das transformações mencionadas, ainda parece ter ocorrido a máxima atividade tectônica da área Reserva-Cândido de Abreu. A duração deste segundo intervalo mais úmido aparentemente foi curta.
 - Praticamente todo o terço superior da Formação Rio do Rasto no centro e no sul do Estado do Paraná registra empobrecimento da flora e da fauna, com crescimento significativo da influência eólica, refletindo o aumento à tendência à aridez. Tal situação deve ter perdurado até a colmatação definitiva dos laços pelas dunas eólicas, o que representa o início da deposição da Formação Pirambóia.
 - É provável que, no nordeste do Paraná, onde falta registro da parte superior da Formação Rio do Rasto, a deposição da Formação Pirambóia tenha começado um pouco mais cedo.
 - Acredita-se que a deposição de lamas vermelhas pôde persistir na região do Rio Grande do Sul (Grupo Rosário do Sul) pela instalação de alguma barreira climático-geográfica ou por controle latitudinal.
 - A história evolutiva aqui sugerida concorda com as hipóteses anteriores da literatura quanto à aridização no final do Permiano Superior na Bacia do Paraná e em outras regiões gondvânicas e apoia as idéias recentemente lançadas sobre a passagem transicional da Formação Rio do Rasto para a Formação Pirambóia. Por outro lado, o presente trabalho é inédito

principalmente quanto ao reconhecimento e à tentativa de delimitação de alguns intervalos alternados de melhora e de recrudescimento climático, refutando a hipótese de que a aridização foi contínua desde o início da deposição do Grupo Passa Dois.

Sugestões para próximos estudos:

- a)-Voltar a investigar a relação entre a Formação Rio do Rasto, a Formação Teresina e a Formação Corumbataí.
- b)-Verificar a consistência dos zoneamentos bioestratigráficos e da história evolutiva aqui delineados através de estudos em novas áreas e detalhamento das áreas já estudadas.
- c)-Efetuar medidas de paleocorrentes para abordar as questões sobre a paleogeografia.
- d)-Estudar os ostracodes, os restos de peixes e os gastrópodes, além dos estromatólitos, dos icnofósseis e dos megafósseis vegetais ainda não detalhadamente analisados; investigar novas ocorrências de palinomorfos.
- e)-Correlacionar os dados da área aflorante da formação com os dados de subsuperfície.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIGNER, T. (1985) Storm depositional systems. Dinamic stratigraphy in modern and ancient shallow marine sequences. In: FRIEDMAN, G.M.; NEUGEBAUER, H.J.; SEILACHER, A. (eds.) Lecture Notes in Earth Sciences, 3. Berlin, Heidelberg, Springer Verlag, 174 p..
- ALLEN, J.R.L. (1985) Principles of physical sedimentology. London, George Allen & Unwin (Publs.), 272 p..
- ALMEIDA, F.F.M. de (1980) Tectônica da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo, Inst. Pesquisas Tecnológicas (IPT), Rel., 14091.
- AMALITSKY, W. (1895) A comparison of the Permian freshwater Lamellibranchiata from Russia with those from the Karroo System of South Africa. Quart.Journ.Geol.Soc., 51:337-351.
- ANDERSON, H.M. & ANDERSON, J.M. (1970) A preliminary review of the biostratigraphy of the Uppermost Permian, Triassic and Lowermost Jurassic of Gondwanaland. Palaeont.afr., 13 (Suppl.): 1-22, 22 cartas.
- ANDERSON, J.M. (1977) The biostratigraphy of the Permian and Triassic. Part 3 - A review of Gondwana Permian palynology with particular reference to the Northern Karoo Basin, South Africa. Mem.Bot.Surv. South Africa, 41, 67 p., 4 cart., 1 map., 133 "Specie page", 188 est..
- ANDERSON, J.M. (1981) World Permo-Triassic correlations, their biostratigraphic basis. V Gondwana Symposium, Wellington, Pap. and Abstr., p.3-10.
- ANDERSON, J.M. & ANDERSON, H.M. (1985) Palaeoflora of Southern Africa. Prodomus of South African megaflores. Devonian to Lower Cretaceous. A.A.Balkema - Rotterdam, 423 p..
- ANDRADE, S.M. & SOARES, P.C. (1971) Geologia de semi-detalhe do centro-leste de Paraná. Petrobrás, Rel. Int.DESUL, 400, 52 p..
- ANDREIS, R.R.; LEGUIZAMON, R.; ARCHANGELSKY, S. (1986) El paleovalle de Malanzan: nuevos criterios para la estratigrafia del Neopaleozoico de la Sierra de los Llanos, La Rioja, Republica Argentina. Bol.Acad.Ciênc., Cordoba, 57 (1/2):3-122.
- ARAÚJO, D.C. (1984) Dispersão paleobiogeográfica dos pareiasáurios no transcorrer do Permiano. XXXIII Congr.brasil.Geol., Rio de Janeiro, Anais, 2: 1038-1046.
- ARCHANGELSKY, S. (1978) Paleoecologia del Paleozoico Superior Argentino sobre la base de sus plantas fosiles. Ameghiniana, 15 (1-2): 73-84.
- ARCHANGELSKY, S. & CUNEO, R. (1984) Zonación del Pérmico continental de Argentina sobre la base de sus plantas fosiles. III Congr. Latino-Amer. Paleont., México, Mem., p. 143-153.
- AZEVEDO, S.A.K.; LAVINA, E.L.; BARBERENA, M.C.; FERRANDO, L.; ANDREIS, R.R. (1985) Evidências de correlação entre a Formação

Yaguari (Uruguai) e as Formações Rio do Rasto e Sanga do Cabral (Rio Grande do Sul - Brasil). Pesquisas, 17:121-121.

BARBERENA, M.C. & ARAUJO, D.C. (1975) Tetrápodes fósiles de Sudamérica y Deriva Continental. Cong. Arg.Pal.Bioest., Tucumán, Actas, 1:497-504.

BARBERENA, M.C.; ARAUJO, D.C.; LAVINA, E.L.; AZEVEDO, S.K. (1985) O estado atual do conhecimento sobre os tetrápodes permianos e triássicos do Brasil meridional. VIII Cong. brasil.Paleont., Rio de Janeiro, MME-DNPM, Sér.Geol., 27 (Paleont./Estratig., 2):21-28.

BARBERENA, M.C.; CORREIA, N. dos R.; AUMOND, J.J. (1980) Contribuição à estratigrafia e bioestratigrafia do Grupo Passa Dois na Serra do Cadeado (Nordeste do Paraná), Brasil. Rev.brasil.Geoc., 10(4):268-275.

BARBERENA, M.C. & DAEMON, R.F. (1974) A primeira ocorrência de Amphibia (Labyrinthodontia) na Formação Rio do Rasto. Implicações geocronológicas e estratigráficas. XXVIII Cong.brasil.Geol., Porto Alegre, Anais, 2:251-262.

BARBOSA, O. (1958) On the age of the Lower Gondwana Floras in Brazil and abroad. XX Congr.Geol.Intern., Mexico, p.205-236.

BASTOS, A.A. (1935) Exploração do rio Ivahy. Estado do Paraná. DNPM, Serv.Geol.Miner., Rel.An.Dir., 1935:110-148.

BEURLIN, K. (1953) Estratigrafia e paleogeografia das formações gondvânicas no sul do Brasil. DNPM, DGM, Not.Prel.Est., 59, 10 p..

BEURLIN, K. (1954) As faunas de lamelibrânquios do Sistema Gonduânico no Paraná. In: LANGE, F.W. (ed.) Paleontologia do Paraná. Curitiba, Volume Comemorativo do 1^o. Centenário do Estado do Paraná, Museu Paranaense, p. 106-136.

BEURLIN, K. (1955) As formações gondvânicas do sul do Estado do Paraná. DNPM, DGM, Bol., 153, 52 p..

BEURLIN, K. (1957) Faunas salobras fósseis e o tipo paleogeográfico das faunas gondvânicas do Brasil. Anais Acad.brasil.Ciênc., 29(2):229-241.

BEURLIN, K.; MARTINS, E.A.; SENA SOBRINHO, M. (1955) Formações gonduânicas do Rio Grande do Sul. Bol. Mus.Nac. (N.S.), Geol., 22, 55 p..

BIGARELLA, J.J. (1973) Paleocorrentes e deriva continental (Comparação entre América do Sul e África). Bol.Paranaense Geoc., 31:141-224.

BIGARELLA, J.J. & SALAMUNI, R. (1967) Some palaeogeographic and palaeotectonic features of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (eds.) Problems in Brazilian Gondwana geology, p. 235-301, est. LXXIX-LXXX.

- BISCHOFF, G. (1957) Stratigraphie, Tektonik und Magmatismus des Perms und Mesozoikums im Gebiet von Jacarezinho/Nordparaná. *Beih.Geol.Jb.*, 25:81-103.
- BOND, G. (1954) The Lamellibranchia and plants from the Lower Karroo beds of Northern Rhodesia. *Geol.Mag.*, 91:189-192.
- BOND, G. (1955) The Madumabisa (Karoo) shales in the Middle Zambesi Region. *Trans.Geol.Soc.S.Afr.*, 58:71-99.
- BORTOLUZZI, C.A. (1975) Étude de quelques empreintes de la flore gondwaniénne du Brésil. In: XCV Cong.Nat.Soc.Savantes, Reims, Act., *Bibl.Nat.*, p.171-187.
- BOUMA, A.H.; BERRYHILL, H.L.; BRENNER, R.L.; KNEBEL, H.J. (1982) Continental shelf and epicontinental seaways. In: SCHOLLE, P.A. & SPEARING, D. (eds.) Sandstone depositional environments. AAPG Memoir, 31:281-327.
- BRADSHAW, M. (1984) Permian nonmarine bivalves from the Ohio Range, Antarctica. *Alcheringa*, 8(3-4): 305-309.
- BRASIL, DNPM (1974) Carta geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Asunción (SG-21), Folha Curitiba (SG-22). Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 81 p., 2 map..
- BRASIL, DNPM (1978) Carta geológica do Brasil ao Milionésimo, Folha Paranapanema (SF.22). Brasília, Departamento Nacional de Produção Mineral, 84 p., 1 map..
- BRENNER, R.L. & DAVIES, D.K. (1973) Storm generated coquinoid sandstone: genesis of high-energy marine sediments from the Upper Jurassic of Wyoming and Montana. *Bull.Geol.Soc.Amer.*, 84(5):1685-1698.
- BROMLEY, R.G. (1975) Trace fossils at omission surfaces. In: FREY, R.W. (ed) The study of trace fossils. New York, Springer-Verlag, p. 399-428.
- BROMLEY, R. & ASGAARD, U. (1979) Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland. *Palaeogeogr.*, *Palaeoclimatol.*, *Palaeoecol.*, 28 (1/2): 39-80.
- CAMPANHA, V.A. (1985) Ocorrência de braquiópodes inarticulados na Formação Irati, no Estado de São Paulo. *Anais Acad.brasil.Ciênc.*, 57(1):115-116.
- CARDOSO, R.N. (1965) Sobre a ocorrência no Brasil de Monoleiophinae e Afrograptidae, conchostráceos carenados. DNPM, DGM, Bol., 221, 35 p., 3 est..
- CARVALHO, P.F. de (1937) Estado do Paraná. DNPM, SGM, Rel. An. Dir., 1937:49-62.
- CASTRO, J.C. de & MEDEIROS, R.A. (1980) Excursão 9: Fácies e modelos de sedimentação das Formações Rio do Sul e Rio Bonito, leste de Santa Catarina; fácies e evolução sedimentar do Grupo Passa Dois na BR-470-SC. XXXI Congr.brasil.Geol., Camboriú, SC, Bol., 3 (Roteiro de Excursões): 69-97.

- CAZZULO-KLEPZIG, M. (1978) Estudo da tafoflórula do Membro Morro Pelado na sua localidade-tipo. Pesquisas, 11:225-303.
- CAZZULO-KLEPZIG, M. & CORREIA, N. dos R. (1981) Contribuição ao estudo da tafoflora permiana no Membro Serrinha na Serra do Cadeado, Estado do Paraná, Brasil. II Congr.Latinoamer.Paleont., Porto Alegre, Anais, 1:233-247.
- CLIFTON, H.E. (1976) Wave-formed sedimentary structures - a conceptual model. In: DAVIS, R.A., JR. & ETHINGTON, R.L. (eds.) Beach and nearshore sedimentation. Soc.Econ.Paleont.Minor., Spec.Publ., 24: 126-148.
- COCKBAIN, A.E. (1980) Permian ammonoids from the Carnarvon Basin - A review. Ann.Rep.Geol.Surv.W.Austr., 1979, p. 100-105.
- COLLINSON, J.D. (1978a) Alluvial Sediments. In: READING, H.G. (ed.) Sedimentary Environments and facies. Oxford, Blackwell Scientific Publications (4th. reimpress., 1982), p. 15-60.
- COLLINSON, J.D. (1978b) Lakes. In: READING, H.G. (ed.) Sedimentary Environments and facies. Oxford, Blackwell Scientific Publications (4th. reimpress., 1982), p. 61-79.
- COOPER, M.R. & KENSLEY, B. (1984) Endemic South American Permian bivalve molluscs from the Ecca of South Africa. Journ.Paleontol., 58(6):1360-1363.
- COX, L.R. (1932) Lamellibranchia from the Karroo Beds of the Ruhuhu Coalfields, Tanganyika Territory. Quart.Journ.Geol.Soc., 88:623-633.
- COX, L.R. (1934) Lamellibranchios de los estratos gondwanicos del Uruguay. Bul. Inst.Geol.Perforaciones, Montevideo, 21:3-12, 1 est..
- COX, L.R. (1936) Karroo Lamellibranchia from Tanganyika and Madagascar. Quart.J.Geol.Soc.Lond., 92:32-57, est.4-5.
- CUNEO, R. (1983) Paleoecología de microsecuencias plantíferas del Grupo Río Genoa, Pérmico de Chubut, Argentina. Ameghiniana, 20(1-2):111-131.
- DAEMON, R.F. & QUADROS, L.P. (1970) Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. XXIV Congr.brasil.Geol., Brasília, Anais, p.359-412.
- DELLA FAVERA, J.C. (1984) Eventos de sedimentação episódica nas bacias brasileiras. Uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. XXXIII Congr.brasil.Geol., Rio de Janeiro, Anais, 1:489-501.
- DERBY, O.A. (1878) Geologia da região diamantífera da Província do Paraná. Arq. Mus.Nac., 2:89-96.
- DODD, J.R. & STANTON, R.J., JR. (1981) Paleoecology, concepts and applications. Wiley-Interscience Publication, p.93-96.

- DOLIANITI, E. (1945) Um novo elemento na flora fóssil do Brasil, "Sphenozamites" Brongniart. DNPM, DGM, Not.Prel.Est., 26, 4 p., 1 est..
- DOLPH, G.E. & DILCHER, D.L. (1979) Foliar physiognomy as an aid in determining paleoclimate. *Palaeontograph.*, B, 170(4-6): 151-172.
- DOTT, R.H., JR & BOURGEOIS, J. (1982) Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. *Bull.Geol.Soc.Amer.*, 93:663-680.
- DOTT, R.H., JR; BYERS, C.W.; FIELDER, G.W.; STENZEL, S.R.; WINFREE, K.E. (1986) Aeolian to marine transition in Cambro-Ordovician cratonic sheet sandstones of the northern Mississippi valley, U.S.A.. *Sedimentol.*, 33(3):345-367.
- DRISCOLL, E.G. (1970) Selective bivalve shell destruction in marine environments, a field study. *J.Sed.Petrol.*, 40(3):898-905.
- DUARTE, A.G. (1936) Paleontologia da parte superior do Grupo Estrada Nova. *Min.Metal.*, 1(1):6-8.
- DUKE, W.L. (1987) Reply. Hummocky cross-stratification, tropical hurricanes, and intense winter storms. *Sedimentol.*, 34:344-359.
- DU TOIT, A.L. (1927) Comparação geológica entre a América do Sul e Africa do Sul. Trad. de K.E.CASTER & J.C.MENDES, Rio de Janeiro, DNPM, DGM, 1952, 179 p..
- EAGER, R.M.C. (1974) Shape of shell of *Carbonicola* in relation to burrowing. *Lethaia*, 7:219-238.
- ELLIOTT, T. (1978) Deltas. In: READING, H.G. (ed.) *Sedimentary Environments and facies*. Oxford, Blackwell Scientific Publications (4th. reimpr., 1982), p.97-142.
- FAIRCHILD, T.R.; COIMBRA, A.M., BOGGIANI, P.C. (1985) Ocorrência de estromatólitos silicificados na Formação Irati (Permiano) na borda setentrional da Bacia do Paraná (MT, GO). *Anais Acad.brasil.Ciênc.*, 57:117.
- FERGUSON, D.K. (1985) The origin of leaf-assemblages -new light on an old problem. *Rev.Palaeobot.Palyn.*, 46:117-188.
- FIGUEIREDO F^{co}, P.M. (1972) A faciologia do Grupo Passa Dois no Rio Grande do Sul. *Rev.brasil.Geoc.*, 2(4):216-236.
- FLORES, R.M. (1975) Short-headed stream delta: model for Pennsylvanian Haymond Formation, West Texas. *Bull. AAPG*, 59(12):2288-2301.
- FOSTER, C.B. (1979) Permian plant microfossils of the Blair Athol Coal Measures, Baralaba Coal Measures, and Basal Rewan Formation of Queensland. Brisbane, *Geol.Surv.Queensland*, Publ. 372, *Palaeont.Pap.*, 45, 244 p., 42 est..

- FRAKES, L.A. (1979) *Climates throughout geologic time*. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 310 p..
- FRANCIS, J.E. (1984) The seasonal environment of the Purbeck (Upper Jurassic) fossil forests. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 48:285-307.
- FRANK, P.W. (1988) Conchostraca. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 62:399-403.
- FRENGUELLI, J. (1945) Moluscos continentales en el Paleozóico Superior y en el Triásico de la Argentina. *Not.Mus.La Plata*, 10 (Paleont., 83):181-204, 4 est..
- FÚLFARO, V.J. (1971) Evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia sedimentar do Paraná pelo "Trend surface analysis". Tese de Livre Docência, Inst. Geociênc., Univ. S.Paulo, Bol.Esc.Engenh.São Carlos, 14, 112 p..
- FÚLFARO, V.J. (1972) The Paraná Upper Permian and Lower Mesozoic stratigraphic succession. *Anais. Acad.brasil.Ciênc.*, 44(Supl.):147-148.
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; CAMPANHA, V.A.; CANUTO, J.R. (1978) Considerações sobre a gênese da Formação Estrada Nova (P) da Bacia do Paraná. XXX Congr.brasil.Geol., Recife, PE, Resumos, p.158.
- FÚLFARO, V.J.; SAAD, A.R.; SANTOS, M.V.; VIANNA, R.B. (1982) Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. *Rev.brasil.Geoc.*, 12(4):590-611.
- FÜRSICH, F.T. & KIRKLAND, J.I. (1986) Biostratinomy and paleoecology of a Cretaceous brackish lagoon. *Palaios*, 1:543-569.
- FÜRSICH, F.T. & OSCHMANN, W. (1986) Storm shell beds of *Nanogyra virgula* in the Upper Jurassic of France. *N.Jb.Geol.Palaont.Abh.*, 172(2):141-161.
- FUTTERER, E. (1978) Studien über die Einregelung, Anlagerung und Einbettung biogener Hartteile im Strömungskanal. *N.Jb.Geol.Palaont.Abh.*, 156 (1):87-131.
- GAMA JR, E. (1979) A sedimentação do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Irati):um modelo geomórfico. *Rev.brasil.Geoc.*, 9(1):1-16.
- GAMA JR, E.; BANDEIRA JR, A.N.; FRANÇA, A.B. (1982) Distribuição espacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. *Rev. brasil.Geoc.*, 12(4):578-589.
- GAMERMANN, N. (1979) Contribution a l'étude de la diagenese des grés:couleur rouge, argiles authigenes et induration. Formations d'Estrada Nova, de Rosário do Sul et de Botucatu (Brésil) et Buntsandstein des Vosges (France). *Strasbourg, Mém. Inst.Univers. Louis Pasteur*, 59, 121 p., 21 est.

- GASTALDO, R.A. (1982) A preliminary assessment of Early Pennsylvanian megafloral paleoecology in northeastern Alabama. In: MAMET, B. & COPELAND, M.J. (eds.). Third North American Convention, Proceed., 1:187-192.
- GASTALDO, R.A. (1986) Implications on the paleoecology of autochthonous lycopods in clastic sedimentary environments of the Early Pennsylvanian of Alabama. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 53(2-4):191-212.
- GHIGNONE, J.I. (1979) Geologia dos sedimentos fanerozóicos do Estado da Bahia. In: INDA, H.A. (ed) Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia. Salvador, Sec.Minas/Energia Est.Bahia, CPM, Textos básicos, 1:24-117.
- GOLUBIČ, S. (1973) The relationship between blue-green algae and carbonate deposits. In: CARR, N.G. & WHITTON, B.A. (eds.) The biology of blue-green algae. Oxford, Blackwell Scientific Publication, p.434-472.
- GORDON JR., M. (1947) Classificação das formações gonduânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. DNPM, DGM, Not.Prel.Est., 38, 20 p..
- GORDON-GRAY, K.D.; VAN DIJK, D.E.; LACEY, W.S. (1976) Preliminary report on equisetalean plants from Lidgetton, Natal. *Palaeont.afric.*, 19:43-53, 5 est..
- GORTHNER, A. & MEIER-BROOK, C. (1985) The Steinheim Basin as a paleo-ancient lake. In: BAYER, U. & SEILACHER, A. (eds.) Sedimentary and evolutionary cycles. Heidelberg, Lecture notes in Earth Sciences, Springer-Verlag, 1:322-334.
- GREENWOOD, B. & SHERMAN, D.J. (1986) Hummocky cross-stratification in the surf zone: flow parameters and bedding genesis. *Sedimentol.*, 33:33-45.
- HALLOY, S. (1979) Notas biológicas sobre um nuevo Conchostraca (Crustacea, Branchiopoda) de gran altura. *Acta Zool.Lilloana*, 35(1)119-135.
- HAMBLIN, A.P. & WALKER, R.J. (1979) Storm dominated shallow marine deposits: The Fernie-Kootenay (Jurassic) transition, Southern Rocky Mountains. *Can.J.Earth Sci.*, 16:1673-1690.
- HÄNTZSCHEL, W. (1975) Trace fossils and problematica. In: TEICHERT, C. (ed.) Treatise on invertebrate paleontology. Kansas, Geol.Soc.Amer., Univ. Kansas, Part W, Miscellanea, Suppl., 1, W1-W269.
- HAQ, B.U.; HARDENBOL, J.; VAIL, P.R. (1987) Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235(6):1156-1166.
- HARMS, J.C.; SOUTHARD, J.B.; WALKER, R.J. (1982) Structures and sequences in clastic rocks. Calgary, Soc.Econ.Paleont.Mineral. (SEPM), Lecture Notes for Short Course, 9, 249 p..

- HERBST, R. & LEGUIZAMON, R.R. (1984) La Formacion Independencia (Permico Superior) del Paraguay: Caracteres litologicos y Paleontologicos. Facena, 5:71-87.
- HESSE, R. (1975) Turbiditic and non-turbiditic mudstone of Cretaceous flysh sections of the East Alps and other basins. Sedimentol., 22(3):387-416.
- HILL, R.S. & GIBSON, N. (1986) Distribution of potential macrofossils in Lake Dobson, Tasmania. Journ.Ecol., 74:373-384.
- HOLDHAUS, K. (1918) Sobre alguns lamelibrânquios fósseis do sul do Brasil. Serv.Geol.Miner., Monogr., 2, 24 p., 2 est..
- HUSSAKOF, L. (1930) Alguns restos de peixes do Permiano e do Triássico do Brasil. Serv.Geol.Miner., Bol., 49, 11 p..
- JAPIASSU, A.M.S. (1970) Contribuição à paleontologia da Formação Morro Pelado, Estado de Santa Catarina, Brasil: *Dadoxylon duartei* n.sp.. Anais Acad.brasil.Ciênc., 42(3):493-500.
- KATOO, Y. (1971) Conchostráceos mesozóicos do sul do Brasil: Contribuição à estratigrafia das Formações Santa Maria e Botucatu. Porto Alegre, Diss.Mestrado, Univ.Fed.Rio Grande do Sul, 87 p., 13 est..
- KAUFFMAN, E.G. (1969) Form, function, and evolution. In: MOORE, R.C. & TEICHERT, C. (eds.) Treatise on invertebrate paleontology. Part N, Volume 1 (of 3), Bivalvia. Geol.Soc.Amer., Univers.Kansas, N 129-N 205.
- KENNEDY, W.J. (1975) Trace fossils in carbonate rocks. In: FREY, R.W. (ed.) The study of trace fossils. New York, Springer-Verlag, p.377-398.
- KIDWELL, S.M. (1986) Models for fossil concentrations: paleobiologic implications. Paleobiology, 12(1):6-24.
- KOBAYASHI, T. (1954) Fossil Estherians and allied fossils. Journ.Fac.Sci., Univ.Tokyo, sec.2, 9(1), 192 p..
- KOCUREK, G. & DOTT, R.H., JR (1981) Distinctions and uses of stratification types in the interpretation of eolian sand. J.Sedim.Petrol., 51(2):579-595.
- KOZUR, H. & SEIDEL, G. (1983a) Revision der Conchostracen-Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins. Z.geol.Wiss., 11(3):289-417.
- KOZUR, H. & SEIDEL, G. (1983b) Die Biostratigraphie des unteren und mittleren Buntsandsteins des Germanischen Beckens unter besonderer Berücksichtigung der Conchostraken. Teil II zur Revision der Conchostracen-Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins. Z.geol.Wiss., 11(4):429-464.
- KRANZ, P.M. (1974) Computer simulation of fossil assemblage formation under conditions of anastrophic burial. Journ.Paleontol., 48(4):800-808.

- KREISA, R.D. (1981) Storm-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of Southwestern Virginia. *J.Sedim.Petrol.*, 51(3):823-848.
- LACEY, W.S. (1974) Some new African Gondwana plants. Symposium on Morphological and Stratigraphical Palaeobotany, Birbal Sahni Institut of Palaeobotany, Spec.Publ., 2:34-41.
- LAVINA, E.L. (1984) Considerações sobre o paleoambiente da Formação Sanga do Cabral (Eotriássico-Grupo Rosário do Sul) na região norte da Folha de Catuçaba -RS. XXXIII Congr.brasil.Geol., Rio de Janeiro,RJ, Anais, 2:792-804.
- LAVINA, E.L.; NOWATZKI, C.H.; SANTOS, M.A.A.; LEÃO, H.Z. (1985) Ambientes de sedimentação do Super-Grupo Tubarão na região de Cachoeira do Sul, RS. *Acta Geol.Leopoldensia*, 21:5-76.
- LEANZA, A.F. (1948) El llamado triasico marino de Brasil, Paraguay, Uruguay y la Argentina. *Rev.Asoc.Geol.Arg.*, 3(3):219-244.
- LECKIE, D.A. & WALKER, R.G. (1982) Storm- and tide-dominated shorelines in Cretaceous Moosebar-Loer Gates Interval - outcrop equivalents of Deep Basin Gas Trap in Western Canada. *Bull AAPG*, 66(2):138-157.
- LEONARDI, G. (1987) A primeira pegada de tetrápodo do Permiano do Brasil. X Congr.brasil.Paleont., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 1:333-335.
- LOCZY, L. de (1966) Evolução paleogeográfica e geotectônica da Bacia Gondwânica do Paraná e do seu embasamento. DNPM, DGM, Bol., 234, 71 p..
- LOCZY, L. de & LADEIRA, E.A. (1976) Geologia estrutural e introdução à geotectônica. São Paulo, Ed. Edgard Blücher; Rio de Janeiro, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 528 p..
- MAACK, R. (1952) Symposium ueber das Gonwana-System: Die Entwicklung der Gondwana-Schichten Suedbrasiliens und ihre Beziehungen zur Karru-Formation Suedafrikas. XIX Congr.Geol.Intern., Alger, Symp.Sér.Gondwana, p.341-372.
- MC ALESTER, A.L. (1962) Mode of preservation in Early Paleozoic pelecypods and its morphologic and ecologic significance. *Journ.Paleontol.*, 36(1):69-73, est. 16.
- MC ALESTER, A.L. & RHOADS, D.C. (1967) Bivalves as bathymetric indicators. *Mar.Geol.*, 5(5/6):383-388.
- MC CUBBIN, D.G. (1982) Barrier-island and strand-plain facies. In: SCHOLLE, P.A. & SPEARING, D. (eds.) Sandstone depositional environments. *Mem.AAPG*, 31:247-279.
- MAHESHWARI, H.K. (1976) Floristics of the Permian and Triassic Gondwanas of India. *Palaeobot.*, 23(2):145-160.

- MANIERO, J. (1954) Contribuição ao estudo das pteridíneas do sul do Brasil. In: LANGE, F.W. (ed.) Paleontologia do Paraná. Curitiba, Volume Comemorativo do 1^o. Centenário do Estado do Paraná, Museu Paranaense, p.151-152, est. 10-11.
- MARANHÃO, M. da S.A.S. (1986) Contribuição ao conhecimento da malacofauna das camadas basais da Formação Corumbataí (Permiano), Estado de São Paulo. São Paulo, Dissert.Mestrado, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 89 p., 3 est..
- MARLIERE, R. (1950) Ostracoda et phyllopoques du Systeme du Karroo au Congo Belge et les régions avoisantes. Ann.Mus.Congo Belge, Sc.Géol., sér.8, 6:11-38, 3 est..
- MASON, T.R.; STANISTREET, I.G.; TAVENER-SMITH, R. (1983) Spiral trace fossils from the Permian Eccu Group of Zululand. Lethaia, 16(4):241-247.
- MEDEIROS, R.A. & PONTE, F.C. (1981) Roteiro geológico da Bacia do Recôncavo (Bahia). PETROBRAS, SEPES, DIVEN, Setor de Ensino da Bahia (Sen-Ba), 63 p..
- MENDES, J.C. (1945) Considerações sobre a estratigrafia e a idade da Formação Estrada Nova. Bol.Fac.Fil.Ciênc.Letr., Univ. S.Paulo, 50 (Geol.,2):27-34.
- MENDES, J.C. (1949) Novos lamelibrânquios fósseis da Série Passa Dois, sul do Brasil. DNPM, DGM, Bol., 133, 40 p., 2 est..
- MENDES, J.C. (1952) A Formação Corumbataí na região do rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios). Bol.Fac.Fil.Ciênc.Letr., Univ.S.Paulo, 145 (Geol., 8), 119 p., 4 est..
- MENDES, J.C. (1954a) Contribuição à estratigrafia da Série Passa Dois no Estado do Paraná. Bol.Fac.Fil.Ciênc.Letr., 175 (Geol., 10), 119 p..
- MENDES, J.C. (1954b) Conchostráceos permianos do Brasil. In: LANGE, F.W. (ed.) Paleontologia do Paraná. Curitiba, Volume Comemorativo do 1^o Centenário do Estado do Paraná, Museu Paranaense, p.153-164, est. 12-14.
- MENDES, J.C. (1962) Recorrência de fácies no Grupo Passa Dois (Permiano) observada no perfil Irati-Relógio, Paraná. Bol.Soc.brasil.Geol., 11(2):75-81.
- MENDES, J.C. (1967) The Passa Dois Group (The Brazilian Portion of the Paraná Basin). In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. (eds.) Problems in Brazilian Gondwana Geology. Curitiba, Cons.Nac.Pesq., Centro Invest.Gondwana, Inst.Geol. (UFP), Comis.Carta Geol.Paraná, p.199-166.
- MENDES, J.C. (1969) Notas sobre o Grupo Passa Dois em Santa Catarina. Bol.Paranaense Geoc., 27:81-104, est.1-14.
- MENDES, J.C. (1971) As camadas gonwânicas do Brasil e seus problemas. Anais Acad.brasil.Ciênc., 43(Supl.):187-196.

- MENDES, J.C. (1984a) Sobre os paleoambientes deposicionais do Grupo Passa Dois. Rev.I.G., Inst.Geol. - São Paulo, 5(1/2):15-24.
- MENDES, J.C. (1984b) Elementos de estratigrafia. São Paulo, T.A.Queiroz, Ed.Univ.S.Paulo, 566 p..
- MENDES, J.C. & FÚLFARO, V.J. (1966) As camadas gondvânicas no nordeste do Paraná. Bol.Soc.brasil.Geol., 15(4):29-42.
- MEYEN, S.V. (1987) Fundamentals of Palaeobotany. London, Chapman and Hall Ltd, 432 p..
- MEZZALIRA, S. (1964) Grupo Estrada Nova. Bol.Inst.Geogr.Geol., 41:63-84.
- MEZZALIRA, S. (1980) Bioestratigrafia do Grupo Passa Dois no Estado de São Paulo. Rev.I.G., Inst.Geol. - São Paulo, 1(1):15-34.
- MILLER, F.X. (1977) The graphic correlation method in biostratigraphy. In: KAUFMAN, E.G. & HAZEL, J.E. (eds.) Concepts and methods of biostratigraphy. Stroudsburg, Dowden, Hutchinsons & Ross, p.165-186.
- MILLER, M.F. (1984) Distribution of biogenic structures in Paleozoic nonmarine and marine-margin sequences: an actualistic model. Journ.Paleont., 58(2):550-570.
- MONTY, C.L.V. (1979) Scientific reports of the Belgian expedition on the Australian Great Barrier Reefs, 1967. Ann.Soc.Géol.Belgique, 101:163-171.
- MONTY, C. & MAS, J.R. (1981) Lower Cretaceous (Wealdian) blue-green algal deposits of the Province of Valencia, Eastern Spain. In: MONTY, C. (ed.) Phanerozoic stromatolites; case histories. Berlin, Springer-Verlag, p.85-120.
- MORAES REGO, L.F. de (1930) A geologia do petróleo no Estado de São Paulo. Bol.Serv.Geol.Min.Brasil, 46:1-105.
- NETTO, R.G. & GONZAGA, T.D. (1985) Paleoicnologia do Grupo Guatá (Supergrupo Tubarão) nos sedimentitos da Mina do Iruí, Cachoeira do Sul, RS. Acta Geol. Leopoldensia, 21:77-102.
- NORTHFLEET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MUHLMANN, H. (1969) Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. Bol.Téc.Petrobrás, 12(3):291-346.
- NOVOJILOV, N.I. (1956) Crustacea phyllopodes bivalves. I. Leaiidae. Trudy Paleont.Inst.Akad.Nauk SSSR, Trav.Inst.Paleont. (Trad., 1581, Du Serv.D'Information Geologique, Paris), 61:1-128, 14 est..
- NOWATZKI, C.H.; SANTOS, M.A.A.dos; LEÃO, H.Z.; SCHUSTER, V.L.de L.; WACKER, M.L. (1984) Glossário de estruturas sedimentares. Acta Geol. Leopoldensia, 18/19:7-432.

- OLIVEIRA, E.P. (1918) Anexo. In: HOLDHAUS, K. Sobre alguns lamelibrânquios fósseis do sul do Brasil. Serv.Geol.Miner., Monogr., 2:27-32, 1 map..
- OLIVEIRA, E.P. (1927) Geologia e recursos minerais do Estado do Paraná. DNPM, DGM, Monogr., 6, 172 p..
- OLIVEIRA, E. de (1932) Distribuição geológica e geográfica dos phyllopodos brasileiros. Ann.Acad.brasil.Sciênc., 4(3):131-145.
- PALMER, A.R. (1983) The decade of North American Geology - 1983 Geologic Time Scale. Geology, 11(9):503-504.
- PANT, D.D. (1977) The plant of *Glossopteris*. J.Indian Bot.Soc., 56(1):1-23.
- PANT, D.D., MISRA, L. & NAUTIYAL, D.D. (1982) On the structure of stems and leaves of *Schizoneura gondwanensis* Feitmantel. Palaeontograph., Abt. B, 183(1-3):1-7, 3 est..
- PARRISH, J.T.; ZIEGLER, A.M.; SCOTSESE, C.R. (1982) Rainfall patterns and the distribution of coals and evaporites in the Mesozoic and Cenozoic. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 40:67-101.
- PAUL, C.R.C. (1987) Stratigraphic mensuration. Lethaia, 20(3):256.
- PETRI, S. & COIMBRA, A.M. (1982) Estruturas sedimentares das Formações Irati e Estrada Nova (Permiano) e sua contribuição para a elucidação dos seus paleoambientes geradores, Brasil. V Congr.Latino-Amer.Geol., Actas, 2:353-371.
- PETRI, S.; COIMBRA, A.M.; AMARAL, G.; PONÇANO, W.L. (1986) Guia de nomenclatura estratigráfica. Rev.brasil.Geoc., 16(4):376-415.
- PETRI, S. & FULFARO, V.J. (1983) Geologia do Brasil (Fanerozoico). São Paulo, T.A. Queiroz, Ed.Univ.S.Paulo, 631 p..
- PLUMSTEAD, E.P. (1962) Geology. 2. Fossil Floras of Antarctica. Trans-Antarctic Expedition, 1955-1958, Sc.Rep., 9:1-154, est.I-XXVIII.
- PUTZER, H. (1955) Geologia da Folha de Tubarão. Estado de Santa Catarina. DNPM, Div. Fom.Prod.Min., Bol., 96, 94 p., 1 map..
- PYE, K. (1983) Red beds. In: GOUDIE, A.S. & PYE, K. (eds.) Chemical sediments and geomorphology: precipitates and residues in the near surface environment. Academic Press, p.227-264.
- RAAF, J.F.M. de; BOERSMA, J.R. & VAN GELDER, A. (1977) Wave-generated structures and sequences from a shallow marine succession, Lower Carboniferous, County Cork, Ireland. Sedimentol., 24:451-483.
- RAGONHA, E.W. (1978) Chondrichthyes do Membro Taquaral (Formação Irati) no Estado de São Paulo. São Paulo, Dissert.Mestrado, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 65 p., 12 est..

- RAGONHA, E.W. (1984) Taxionomia de dentes e espinhos isolados de *Xenacanthodii* (Chondrichtyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações cronológicas e paleoambientais. São Paulo, Tese de Doutorado, Inst.Geoc., Univ.São Paulo, 166 p..
- RAMOS, A.N. & FORMOSO, M.L.L. (1976) Clay mineralogy of the sedimentary rocks of the Paraná Basin, Brazil. *Rev.brasil.Geoc.*, 6(1):15-42.
- RAYMOND, P.E. (1946) The genera of fossil Conchostraca - An order of bivalved Crustacea. *Bull.Mus.Comp.Zool.*, 96(3):218-307, est. 1-6.
- REED, F.R.C. (1929a) Faunas triássicas do Brasil. *Serv.Geol.Miner.Brasil, Monogr.*, 9, 97 p..
- REED, F.R.C. (1929b) Novos phyllopodos fósseis do Brasil. *Serv.Geol.Miner.Brasil, Bol.*, 34, 19 p., 1 est., 1 map..
- REED, F.R.C. (1935) Some triassic lamellibranchs from Brazil and Paraguay. *Geol.Mag.*, 72(847):33-42, 1 est..
- REED, F.R.C. (1939) Non-marine lamellibranchs, etc from the "Speckled Sandstone" Formation (Punjabian) of the Salt Range. *Rec.Geol.Surv.India*, 74(4):474-491, est. 23.
- REHFELD, V. (1986) Die Tempestitfazies in den Oberen Nohmer Schichten (Unteres Mitteldevon) der Eifel (Linksrheinisches Schiefergebirge). *N.Jb.Geol.Palaont.Mh.*, 1986(11):681-703.
- REIBLE, P. (1962) Die Conchostraken (Branchiopoda, Crustacea) der Germanischen Trias. *N.Jb.Geol.Palaont.Abh.*, 114(2):169-244, est.6-10.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B. (1972) Genesis of laminated sand and graded rhythmites in storm-sand layers of shell mud. *Sedimentol.*, 18(1/2):123-128.
- REINECK, H.-E. & SINGH, I.B. (1980) Depositional sedimentary environments. Berlin, Springer-Verlag, 2^{ma}. ed., 549 p..
- RETALLACK, G.J. (1977) Reconstructing Triassic vegetation of eastern Australia: a new approach for the biostratigraphy of Gondwanaland. *Alcheringa*, 1:247-277.
- RICCOMINI, C.; GIMENEZ F^{co}., A.; ALMEIDA, F.F.M. de (1984) Considerações sobre a estratigrafia do Permo-Triássico na região da Serra do Cadeado, Paraná. XXXIII Congr.brasil.Geol., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 2:754-764.
- RICHTER, M. (1985a) Situação da pesquisa paleoictiológica no Paleozóico brasileiro. VIII Congr.brasil.Paleont., Rio de Janeiro, RJ, MME-DNPM, Sér.Geol., 27 (Paleont./Estrat., 2):105-110.
- RICHTER, M. (1985b) Paleoictiologia no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: características da tafofauna e afloramentos fossilíferos. *Iheringia, Sér.Geol.*, 10:29-45.

- RICHTER, M.; PICCOLI, A.E.M.; LIMA, M.C.F.S. (1985) Variação morfológica de restos de paleoniscídeos (Pisces) no Permiano da Bacia do Paraná. VIII Congr.brasil.Paleont., Rio de Janeiro, RJ, MME-DNPM, Sér.Geol., 27 (Paleont./Estrat.):111-122.
- RIGBY, J.F. (1970) The distribution of Lower Gondwana plants in the Paraná Basin of Brazil. II Gondwana Symp., Pretoria, Proc. Pap., p.575-584.
- RODRIGUES, R. & QUADROS, L.P. (1976) Mineralogia das argilas e teor de boro das formações paleozóicas da Bacia do Paraná. XXIX Congr.brasil.Geol., Ouro Preto, MG, Anais, 2:351-379.
- ROHN, R. (1984) Paleontologia da Formação Rio do Rasto. In: RÖSLER, O. Revisão de tópicos da geologia e paleontologia da Bacia do Paraná e seu embasamento. XXXIII Congr.brasil.Geol., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 2:1026-1027.
- ROHN, R. (1986) Caracteres diagnósticos dos conchostráceos fósseis - exemplos da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná). Anais 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. (no prelo a) Bivalves da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) no Estado do Paraná. IX Congr.brasil.Paleont., Fortaleza, CE.
- ROHN, R. (no prelo b) Nota sobre a assembléia palinológica da localidade-tipo do Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) e suas possíveis implicações cronológicas. VI Reunião Paleobot.Palinol., São Paulo, SP.
- ROHN, R. & FAIRCHILD, T.R. (1986) Estromatólitos permianos em calcário coquinóide do Grupo Passa Dois, Nordeste do Paraná. Anais Acad.brasil.Ciênc., 58(3):433-444.
- ROHN, R.; OLIVEIRA-BABINSKI, M.E.B. de; RÖSLER, O. (1984) *Glossopteris* da Formação Rio do Rasto no sul do Estado do Paraná. XXXIII Congr.brasil.Geol., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 2:1047-1061.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (1985) Conchostráceos da Formação Rio do Rasto no sul do Estado do Paraná. VIII Congr.brasil.Paleont., Rio de Janeiro, RJ, MME-DNPM, Sér.Geol., 27 (Paleont./Estrat., 2):481-490.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (1986a) *Schizoneura gondwanensis* Feistmantel 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, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 17:27-37.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (1986b) Caules de Sphenophyta da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior). Bol. IG-USP, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 17:39-56.

- ROHN, R. & RÖSLER, O. (1986c) Pteridófilas pectopteróides da Formação Rio do Rasto no Estado do Paraná e da Formação Estrada Nova no Estado de São Paulo (Bacia do Paraná, Permiano Superior). Bol. IG-USP, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 17:57-76.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (1987) Relações entre a flora permiana do Gondwana e as floras das províncias setentrionais. X Congr.brasil.Paleont., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 2:885-899.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (no prelo a) Novas ocorrências de *Glossopteris* na Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior). VI Reunião Paleobot.Palinol., São Paulo, SP.
- ROHN, R. & RÖSLER, O. (no prelo b) Folhas denteadas da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) e seu possível significado paleoclimático. VI Reunião Paleobot.Palinol., São Paulo, SP.
- RÖSLER, O. (1973) Tafofloras neopaleozoicas da Bacia do Paraná. II Congr.Latino-Amer.Geol., Caracas, Res.Comun., p.32.
- RÖSLER, O. (1976a) Novas idéias sobre a evolução paleoflorística e paleoclimática no Eogondwana brasileiro. I Congr.Geol.Chileno, Santiago, Actas, 3:L83-L94.
- RÖSLER, O. (1976b) Paleofloristic considerations based on the Upper Paleozoic tafofloras of the Paraná Basin (Brazil), in relation to the palaeogeographic studies. Frankfurt, Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 17:89
- RÖSLER, O. (1978a) Novas ocorrências na Formação Rio do Rasto, Permiano Superior, Estado do Paraná. Bol.IG-USP, Inst.Geoc., Univ.S. Paulo, 9:127-132.
- RÖSLER, O. (1978b) The Brazilian Eogondwanic floral succession. Bol.IG-USP, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 9:85-91.
- RÖSLER, O. (1982) Novo afloramento fossilífero (Rio Preto) da Formação Teresina (Permiano Superior) no Estado do Paraná. Anais Acad.brasil.Ciênc., 54(1):252.
- RÖSLER, O. (1986) Fósseis. In: COMISSÃO EDITORIAL-NSP/SBG Manual de coleta de amostras em geociências. Bol.NSP/SBG, 2:15-21.
- RÖSLER, O. & OLIVEIRA, M.E.C.B. de (1978) Tafoflóruas eogondvânicas do Brasil: III. Ocorrência de Dorizon, Estado do Paraná, Formação Rio do Rasto, Grupo Passa Dois. XXX Congr.brasil.Geol., Recife, PE, Res.Com., p.183-184.
- RÖSLER, R. & ROHN, R. (1984) *Sphenophyllum paranaense* n.sp. (sphenophyta) da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior) de Dorizon, Estado do Paraná. Bol.IG-USP, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 15:97-104.
- ROSS, C.A. & ROSS, J.R.P. (1979) Permian. In: ROBINSON, R.A. & TEICHERT, C. (eds.) Treatise on invertebrate paleontology. Part A. Introduction: Fossilization (Taphonomy); Biogeography and Biostratigraphy. Geol.Soc.Amer., Univers.Kansas, A 291-A 350.

- ROSSOUW, P.J. (1970) Freshwater Mollusca in the Beaufort Series of Southern Africa. II Gondwana Symp., Pretoria, Proc.Pap., p. 615-616.
- ROXO, M.G.de O. (1935) Paleontologia. DNPM, SGM, Rel.An.Dir., 1935:168.
- RUNNEGAR, B. (1974) Evolutionary history of the bivalve Subclass Anomalodesmata. J.Paleontol., 48(5): 904-939.
- RUNNEGAR, B. & NEWELL, N.D. (1971) Caspian-like relict molluscan fauna in the South American Permian. Bull.Am.Mus.Nat.Hist., 146(1):1-66.
- RUPKE, N.A. (1978) Deep clastic seas. In: READING, H.G. (ed.) Sedimentary environments and facies. Oxford, Blackwell Scientific Publications (4th. reimpress.), p. 372-415.
- RUPKE, N. & STANLEY, D.J. (1974) Distinctive properties of turbiditic and hemipelagic mud layers in the Algéro-Balearic Basin, Western Mediterranean Sea. Smithsonian Contr.Earth Scienc., 13, 40 p..
- SALAMUNI, R. (1963) Estruturas sedimentares singenéticas e sua significação na Série Passa Dois. Bol.Univ.Fed.Paraná, Geol., 12, 90 p..
- SANCHEZ, T.M. (1984) Étude paleoecologique du Paleozoïque Superior dans le nord des Andes du Venezuela. Esquisse Systematique des Mollusques Bivalves. Brest, Biostratigraphie du Paléozoïque, 2, 165 p., 12 est..
- SANDER, P.M. (1987) Taphonomy of the Lower Permian Geraldine Bonebed in Archer County, Texas. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 61(3/4):221-236.
- SANFORD, R. & LANGE, F.W. (1960) Basin study approach to oil evaluation of Paraná Miogeosyncline, South Brazil.. Bull.AAPG, 44(8):1316-1370.
- SCHEIHING, M.H. & PFEFFERKORN, H.W. (1984) The taphonomy of land plants in the Orinoco Delta: A model for the incorporation of plant parts in clastic sediments of Late Carboniferous age of Euramerica. Rev.Palaeobot. Palynol., 41:205-240.
- SCHNEIDER, R.L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. (1974) Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. XXVIII Congr.brasil.Geol., Porto Alegre, RS, Anais, 1:41-65.
- SCHOPF, J.M. (1975) Modes of fossil preservation. Rev.Palaeobot.Palynol., 20:27-53.
- SCOTT, A. & COLLINSON, M. (1983) Investigating fossil plant beds. Part 1. The origin of fossil plants and their sediments. Geol.Teach., 7(4):114-122.

- SEILACHER, A. (1982a) General remarks about event deposits. In: EINSELE/SEILACHER (eds.) Cyclic and event stratification, New York, Springer-Verlag, p.161-174.
- SEILACHER, A. (1982b) Distinctive features of sandy tempestites. In: EINSELE/SEILACHER (eds.) Cyclic and event stratification, New York, Springer-Verlag, p.333-349.
- SHAW, A.B. (1964) Time in stratigraphy. New York, Mc Graw Hill, 365 p..
- SIMÕES, M.G. & FITTIPALDI, F.C. (no prelo) Bivalves do Grupo Passa Dois, Permiano da Bacia do Paraná: sinopse das pesquisas. VI Simp.Reg.Geol., Rio Claro, SP.
- SIMPSON, S. (1975) Classification of trace fossils. In: FREY, R.W. (ed.) The study of trace fossils. New York, Springer-Verlag, p.39-54.
- SMITH, A.G.; HURLEY, A.M.; BRIDEN, J.C. (1981) Phanerozoic paleocontinental world maps. Cambridge, Earth Science Series, 102 p..
- SOARES, P.C. (1972) Estruturas estromatolíticas do Permiano no Estado de São Paulo. XXVI Congr.brasil.Geol., Belém, PA, Res.Com., p.249.
- SOARES, P.C. & LANDIM, P.M.B. (1973) Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. XXVII Congr.brasil.Geol., Aracaju, SE, Anais, 1:243-296.
- SOUSA, S.H. de M. (1985) Fácies sedimentares das Formações Estrada Nova e Corumbataí no Estado de São Paulo. São Paulo, Dissert.Mestrado, Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 142 p..
- SPECHT, R.W. & BRENNER, R.L. (1979) Storm-wave genesis of bioclastic carbonates in Upper Jurassic epicontinental mudstones, East-Central Wyoming. J.Sed.Petrol., 49(4):1307-1322.
- SPICER, R.A. (1977) The pre-depositional formation of some leaf impressions. Palaeontol., 20(4):907-912.
- SPICER, R.A. & WOLFE, J.A. (1987) Plant taphonomy of Late Holocene deposits in Trinity (Clair Engle) Lake, northern California. Paleobiol., 13(2):227-245.
- STANLEY, K.O. & SURDAM, R.C. (1978) Sedimentation on the front of Eocene Gilbert-type deltas, Washkie Basin, Wyoming. J.Sed.Petrol., 48(2):557-573.
- STANLEY, S.M. (1970) Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca). Mem.Geol.Soc.Amer., 125, 296 p., 40 est..
- STANLEY, S.M. (1972) Functional morphology and evolution of byssally attached bivalve molluscs. Journ.Paleont., 46(2):165-212.

- STEPANOV, D.L. (1973) The Permian System in the USSR. In: LOGAN, A. & HILLS, L.V. (eds.) The Permian and Triassic Systems and their mutual boundary. *Canad.Soc.Petrol.Geol., Mem.* 2:120-136.
- STEVANUX, J.C.; CAMPANHA, V.A.; SOUZA, T.R.P. de (1987) Icnofósseis da Formação Rio Bonito (P) da Bacia do Paraná: um complemento à análise de fácies. X Congr.brasil.Paleont., Rio de Janeiro, RJ, Anais, 1:271-287.
- SUGUIO, K. (1973) Introdução à sedimentologia. São Paulo, Ed.Edgard Blücher, Ed.Univ.S.Paulo, 317 p..
- SWIFT, D.J.P.; FIGUEIREDO, A.G., JR; FREELAND, G.L.; OERTEL, G.F. (1983) Hummocky cross-stratification and megaripples: a geological double standard? *J.Sed.Petrol.*, 53(4):1295-1317.
- TASCH, P. (1956) Three general principles for a system of classification of fossil conchostracans. *Journ.Paleont.*, 30(5):1248-1257.
- 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:R128-R192.
- TASCH, P. (1975) Non-marine Arthropoda of the Tasmanian Triassic. *Pap.Proc.Royal Soc.Tasmania*, 109:97-106.
- TASCH, P. (1979a) Conchostracan genus *Gabonestheria* and the South American-African ligature. *Antact.J.United States*, 14(5):13.
- TASCH, P. (1979b) Crustacean branchiopod distribution and speciation in Mesozoic lakes of the southern continents. *Antarct.Res.Ser.*, 30 (Terrestrial Biology, 3, Pap. 4):65-74.
- TASCH, P. (1981) Non-marine evidence for Paleozoic/Mesozoic Gondwana correlations: Update. V Gondwana Symposium, Wellington, *Pap.Abstr.*, p.11-14.
- TASCH, P. (1982) Conchostracan dispersal (Paleozoic/Mesozoic) between South America, Africa and Antarctica. *Antarct.J.United States*, 17(5): 45-46.
- TASCH, P. (1984) Biostratigraphy and paleontology of some conchostracan-bearing beds in Southern Africa. *Palaeont.Afr.*, 25:61-85.
- TASCH, P. & JONES, P.J. (1979) Carboniferous and Triassic conchostraca from the Canning Basin, Western Australia. *Bull.Bur.Min.Res.*, *Geol.Geoph.*, 185:3-20, est.1-4.
- TASCH, P. & ZIMMERMAN, J.R. (1961) Comparative ecology of living and fossil conchostracans in a seven county area of Kansas and Oklahoma. *Bull.Univ.Wichita (Univ.Stud.)*, 47, 36(1):3-14.
- TEIXEIRA, C. (1947) Acerca dos filópodes fósseis do Karroo da escarpa do Quela (Angola). Anais Junta Miss.Geogr.Invest.Colon., 2(2):29-40, est.I-V.

- TEVESZ, M.J.S. & MC CALL, P.L. (1979) Evolution of substratum preference in bivalves (Mollusca). *Journ.Paleont.*, 53(1):112-120.
- THOMAS, B.A. (1986) The formation of large diameter plant fossil moulds and the Walton theory of compaction. *Geol.Journ.*, 21(4):381-385.
- TOMMASI, E. (1973) Geologia do Flanco Sudeste da Bacia do Paraná - Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná. XXVII Congr.brasil.Geol., Aracaju, SE, Anais, 3:179-188.
- TOMMASI, E. & RONCARATI, H. (1970) Geologia de semi-detálhe do nordeste de Santa Catarina e sudeste do Paraná. Petrobrás, DESUL, Rel.Int., 388.
- TUCKER, M.E. & BENTON, M.J. (1982) Triassic environments, climates and reptile evolution. *Palaeogeogr.*, *Palaeoclimtol.*, *Palaeoecol.*, 40(4):361-379.
- TURNER, B.R. (1986) Tectonic and climatic controls on continental depositional facies in the Karoo Basin of Northern Natal, South Africa. *Sed.Geol.*, 46:231-257.
- TURNER, P. (1980) Continental red beds. Birmingham, Developments in sedimentology, 29. Elsevier Scientific Publishing Comp., 562 p..
- VAIL, P.R.; MITCHUM, R.M., JR; THOMPSON, S., III (1977) Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Part 4: Global cycles of relative changes of sea level. In: PAYTON, C.E. (ed.) Seismic stratigraphy applications to hydrocarbon exploration. *Mem.AAPG*, 26:83-97.
- VIEIRA, A.J. (1973) Geologia do centro e nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo. XXVII Congr.brasil.Geol., Aracaju, SE, 3:259-277.
- VISSER, J.N.J. & LOOCK, J.C. (1978) Water depth in the main Karoo Basin, South Africa, during Ecca (Permian) sedimentation. *Trans Geol.Soc.S.Afr.*, 81(2):185-191.
- WALKER, R.G. (1979) Facies models. 8. Turbidites and associated coarse clastic deposits. In: WALKER, R.G. (ed.) Facies Models. Geoscience Canada, Reprint Series, 1:91-107.
- WATERHOUSE, J.W. (1978) Chronostratigraphy for the World Permian. Contribution to the Geologic Time Scale. *Stud.Geol.*, AAPG, 6:299-322.
- WAUGH, B. (1973) The distribution and formation of Permian-Triassic red beds. In: LOGAN, A. & HILLS, L.V. (eds.) The Permian and Triassic systems and their mutual boundary. *Mem.Canad.Soc.Petr.Geol.*, 2:678-693.
- WEBB, J.A. (1979) A reappraisal of the palaeoecology of conchostracans (Crustacea: Branchiopoda). *N.Jb.Geol.Palaont.Abh.*, 158(2):259-275.

- WEIMER, R.J.; HOWARD, J.D.; LINDSAY, D.R. (1982) Tidal flats and associated tidal channels. In: SCHOLLE, P.A. & SPEARING, D. (eds.) Sandstone depositional environments. Mem.AAPG, 31:191-245.
- WESCOTT, W.A. & UTGAARD, J.E. (1987) An Upper Mississippian trace-fossil assemblage from the Far-Springs Sandstone, Southern Illinois. Journ.Paleont., 61(2):231-241.
- WHITE, I.C. (1908) Relatório sobre as Coal Measures e rochas associadas do sul do Brasil. Rio de Janeiro, Com.Est.Minas Carvão de Pedra do Brasil, 1, 300 p..
- WILLIAMSON, C.R. & PICARD, M.D. (1974) Petrology of carbonate rocks of the Green River Formation (Eocene). J.Sed.Petrol., 44(3):738-759.
- WNUK, C. & PFEFFERKORN, H.W. (1987) A Pennsylvanian-age terrestrial storm deposit: using plant fossils to characterize the history and process of sediment accumulation. J.Sed.Petrol., 57(2):212-221.
- WOLFE, J.A. & UPCHURCH, G.R., JR (1987) North American nonmarine climates and vegetation during the late Cretaceous. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 61:33-77.
- WRIGHT, L.D. (1977) Sediment transport and deposition at river mouths: A synthesis. Bull.Geol.Soc.Amer., 88(6): 857-868.
- XIAN-TAO WU (1982) Storm-generated depositional types and associated trace fossils in Lower Carboniferous shallow-marine carbonates of Three Cliffs Bay and Ogmores-by-Sea, South Wales. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 39(3/4):187-202.
- ZAINE, M. (1980) Uma barreira geográfica no Paleozóico Superior na região de Fartura, SP. São Paulo, Dissert.Mestr., Inst.Geoc., Univ.S.Paulo, 89 p..

APÊNDICE 1 - AFLORAMENTOS FOSSILÍFEROS

- AF/GP 13 - entrada na cidade de Mallet pelo Bairro Colônia Quatro, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; *Cowperesia emerita*; cf. *Palaeomutela* sp.; *Glossopteris* cf. *G. riorastensis*, *Sphenophyllum paranaense*.
- AF/GP 79 - estrada Dorizon-Paulo Frontin, a 1,6 km de Dorizon, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; cf. *Terraia altissima*; *Sphenophyllum paranaense*; *Sphenophyllum* cf. *S. thonii*; *Glossopteris riorastensis*; *Glossopteris dorizonensis*; *Glossopteris grafi*; *Glossopteris margiondulata*; *Glossopteris spathulato-emarginata*; *Glossopteris singenervis*; *Glossopteris decipiens*; *Glossopteris* aff. *G. stricta*; *Glossopteris* aff. *G. angustifolia*; *Glossopteris* aff. *G. longicaulis*; *Glossopteris* cf. *G. indica*; *Glossopteris* cf. *G. formosa*; *Glossopteris leptoneura*; *Glossopteris* sp. 1; *Glossopteris* sp.2; cf. *Dichophyllites* sp.; *Sphenopteris* sp.; sementes; ?frutificações.
- AF/GP 157 - caminho de acesso ao Hotel Aguas de Dorizon, próximo ao entroncamento com a estrada Mallet-Dorizon, a 5,1 km de Mallet, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; cf. *Terraia altissima*; cf. *Cowperesia emerita*; *Pecopteris dolianitii*; *Pecopteris* cf. *P. esperancensis*; *Pecopteris* sp.2; ? *Dizeugotheca bortoluzzii*; ? *Dizeugotheca* sp.; restos de peixes.
- AF/GP 162 - estrada Dorizon-Paulo Frontin, a 5,0 km de Dorizon, PR; *Asmussia* cf. *A. sp.*; cf. *Paranaleaia supina*.
- AF/GP 163 - estrada Dorizon-Paulo Frontin, a 6,1 km de Dorizon, PR; *Sphenopteris*; caules indeterminados.
- AF/GP 168 - estrada Paulo Frontin-Rondinha, a 19 km de Paulo Frontin (400 m da BR 476), PR; *Paracalamites* sp.2; *Schizoneura gondwanensis*; *Pecopteris dolianitii*, *Pecopteris esperancensis*; *Pecopteris* sp.3; *Ilexoidephyllum permicum*; conchostráceos raros e mal preservados (cf. *Asmussia regularis*); caules e folhas indeterminados.
- AF/GP 169 - estrada Paulo Frontin-Rondinha, a 13 km de Paulo Frontin, PR; *Paracalamites* cf. *P. sp.2*; *Glossopteris* cf. *G. singenervis*; caules indeterminados.
- AF/GP 170 - estrada Dorizon-Paulo Frontin, a 10,5 km de Dorizon, PR; *Cowperesia emerita*; *Glossopteris riorastensis*; *Glossopteris* cf. *G. singenervis*; *Asmussia* sp.; escamas de peixes.
- AF/GP 171 - BR 277, km 310,5, PR; *Paracalamites* sp.2; cf. *Schizoneura gondwanensis*; *Glossopteris* indeterminada.
- AF/GP 172 - Trevo BR 373-BR 277, PR; *Asmussia regularis*; *Paracalamites* sp.1; *Paracalamites* sp.2; *Pecopteris dolianitii*; *Pecopteris* cf. *P. esperancensis*; cf. *Sphenopteris* sp..
- AF/GP 173 - BR 373, km 96,8, PR; *Cyzicus* sp..
- AF/GP 174 - BR 376, km 292, PR; *Paracalamites* sp.3; *Schizoneura gondwanensis*; *Glossopteris* indeterminada; cf. *Vertebraria* sp..

- AF/GP 175 - BR 376, km 288,3, PR; *Paracalamites* cf. *P. sp.2*.
- AF/GP 176 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 59,8 km de Reserva, PR; *Paracalamites* sp.; cf. *Schizoneura gondwanensis*.
- AF/GP 177 - BR 476, km 203, PR; *Paracalamites* aff. *P. sp.1*.
- AF/GP 178 - BR 476, km 206,5, PR; *Pecopteris* cf. *P. dolianitii*; *Pecopteris* sp. 1; *Pecopteris* sp.2; caules indeterminados.
- AF/GP 179 - BR 476, km 207,2, PR; *Paracalamites* sp.; *Schizoneura gondwanensis*; *Pecopteris* sp. (provável *P. dolianitii*).
- AF/GP 180 - BR 476, km 218, PR; *Paracalamites* sp.; *Glossopteris* cf. *G. riorastensis*; *Glossopteris* sp.4; *Ilexoidephyllum permicum*; cf. *Sphenophyllum* sp.; caules indeterminados.
- AF/GP 181 - estrada entre Paula Freitas e a BR 476, a 2,3 km da estação ferroviária de Paula Freitas, PR; *Paracalamites* sp.2; *Schizoneura gondwanensis*; *Glossopteris* cf. *G. riorastensis*; *Glossopteris* cf. *G. surangei*; caules indeterminados.
- AF/GP 182 - BR 476, km 220,9, PR; cf. *Asmussia regularis*; *Paracalamites* sp.2; *Schizoneura gondwanensis*; *Glossopteris* cf. *G. riorastensis*; caules indeterminados.
- AF/GP 183 - estrada Poço Preto-Porto União, a 200 m a leste do rio Timbó, SC; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*; *Palaeolimnadiopsis subalata*; *Monoleaia unicostata timboensis*; *Paracalamites* sp.2; *Paracalamites* cf. *P. sp.3*; *Schizoneura gondwanensis*; cf. *Pecopteris* sp.; cf. *Dichophyllites* sp.; caules e folhas indeterminados.
- AF/GP 184 - estrada Poço Preto-Porto União, a 12,5 km a oeste do rio Timbó, SC; *Paracalamites* cf. *P. sp.2*.
- AF/GP 185 - estrada Paulo Frontin-Rondinha, a 16,8 km de Paulo Frontin, PR; *Asmussia regularis*; *Palaeolimnadia (Palaeolimnadia)* sp.; *Palaeolimnadiopsis subalata*; *Paracalamites* sp.2; *Paracalamites* cf. *P. sp.1*; *Schizoneura gondwanensis*; *Pecopteris* cf. *P. dolianitii*; caules indeterminados.
- AF/GP 186 - estrada Paulo Frontin-Rondinha, a 12,4 km de Paulo Frontin, PR; *Pecopteris dolianitii*; *Glossopteris riorastensis*.
- AF/GP 187 - estrada Paulo Frontin-Rondinha, a 7 km de Paulo Frontin, PR; *Paracalamites* sp.; *Pecopteris* cf. *P. bracingaensis*; *Glossopteris* aff. *G. angustifolia*.
- AF/GP 188 - estrada Paulo Frontin-Rondinha, 3,2 km de Paulo Frontin, PR; *Asmussia* sp.; bivalves não identificados (? *Cowperesia emerita*); restos vegetais não identificados.
- AF/GP 189 - estrada Dorizon-Paulo Frontin, a 9,0 km de Dorizon, PR; *Paracalamites* sp.2; *Sphenopteris* sp.
- AF/GP 190 - estrada Dorizon-Paulo Frontin, a 2,7 km de Dorizon, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*.

- AF/GP 191 - BR 277, km 294, PR; cf. *Terraia* sp.5; *Paracalamites* sp.2; *Glossopteris* sp.; *Sphenopteris* sp.
- AF/GP 192 - BR 277, km 297, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; *Nothoterraia acarinata*; *Religiicola delicata*, ? *Palaeomutela platinensis*; cf. *Dendropupa*; escamas de peixes.
- AF/GP 193 - BR 277, km 300,4, PR; *Glossopteris* aff. *G. angustifolia*; *Glossopteris* cf. *G. riorastensis*; conchostráceos.
- AF/GP 194 - BR 277, km 303,1, PR; *Pecopteris dolianitii*; *Pecopteris* cf. *P. bracatingaensis*; *Pecopteris* sp.1; ? *Dizeugotheca* sp.; cf. *Paracalamites* sp.
- AF/GP 195 - BR 373, km 96, PR (Formação Teresina?); *Cyzicus* sp.; escamas de peixes.
- AF/GP 196 - BR 373, km 102,8, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; cf. *Sphenophyllum paranaense*; *Glossopteris grafi*; *Glossopteris* cf. *G. taeniopteroides*; *Glossopteris* aff. *G. angustifolia*; *Glossopteris* aff. *G. stricta*; *Glossopteris* cf. *G. surangei*; *Glossopteris* cf. *G. riorastensis*; *Glossopteris* sp.3; escamas de peixes.
- AF/GP 197 - BR 373, km 103,8, PR; *Paracalamites* sp.4; *Sphenophyllum paranaense*; *Pecopteris bracatingaensis*; *Pecopteris dolianitii*; *Pecopteris esperancensis*; *Pecopteris* sp.1; *Pecopteris* sp.3; ? *Dizeugotheca* sp.; *Glossopteris riorastensis*; *Glossopteris* cf. *G. singenervis*; *Glossopteris* aff. *G. stricta*; *Ilexoidephyllum permicum*; possíveis frutificações.
- AF/GP 198 - BR 373, km 104,4, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 199 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 29,7 km de Reserva, PR; vários níveis; *Asmussia* sp.; *Paranaleaia supina*; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; cf. *Terraia* sp.1; cf. *Nothoterraia acarinata*; bivalves não identificados; ostracodes; *Paracalamites* sp.; *Glossopteris* cf. *G. indica*; restos de peixes.
- AF/GP 200 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 31,5 km de Reserva, PR; *Paranaleaia supina*; *Asmussia* cf. *A. regularis*; *Pecopteris* cf. *P. cadeadensis*; *Pecopteris dolianitii*; caules indeterminados.
- AF/GP 201 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 33,7 km de Reserva, PR; *Paracalamites* sp.; *Pecopteris* sp.; cf. *Sphenophyllum* sp.; caules indeterminados.
- AF/GP 202 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 34,3 km de Reserva, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*.
- AF/GP 203 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 35,1 km de Reserva, PR; conchostráceos indeterminados; restos de peixes.
- AF/GP 204 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 37,6 km de Reserva, PR; *Cyzicus (Euestheria)* sp..

- AF/GP 205 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 41,1 km de Reserva, PR; *Asmussia regularis*; *Paracalamites* sp.; *Schizoneura gondwanensis*; cf. *Dichophyllites* sp.; caules indeterminados.
- AF/GP 206 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 44,6-45 km de Reserva, PR; *Paracalamites* sp.; *Schizoneura gondwanensis*; conchostráceos.
- AF/GP 207 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 45,4-45,7 km de Reserva, PR; *Paracalamites* sp.2; restos vegetais não identificados.
- AF/GP 208 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 46,4 km de Reserva, PR; conchostráceos indeterminados.
- AF/GP 209 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 54,2 km de Reserva, PR; *Paracalamites* sp..
- AF/GP 210 - BR 376, km 264,6, PR; *Paracalamites* sp.2; *Paracalamites* sp.3; ? *Schizoneura gondwanensis*; cf. *Sphenophyllum* sp.; *Sphenopteris* sp.; *Pecopteris dolianitii*; *Pecopteris* cf. *P. bracingaensis*; *Glossopteris* cf. *G. surangei*; *Ilexoidophyllum permicum*; caules e folhas indeterminados; restos de peixes.
- AF/GP 211 - BR 376, km 266,1, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; cf. *Monoleaia* sp.; cf. *Paranaleaia* sp.; cf. *Terraia* sp.2; *Pecopteris dolianitii*; restos de peixes.
- AF/GP 212 - BR 376, km 268,2, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 213 - BR 376, km 268,5, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; caules indeterminados.
- AF/GP 214 - BR 376, km 269,8, PR; *Paranaleaia supina*; *Asmussia* sp.; *Monoleaia unicostata timboensis*; *Nothoterraia acarinata*.
- AF/GP 215 - BR 376, km 270,4, PR; conchostráceos indeterminados.
- AF/GP 216 - BR 376, km 272,7, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; ? *Palaeomutela platinensis*; caules e folhas indeterminados.
- AF/GP 217 - BR 376, km 273,4, PR; ? *Palaeomutela platinensis*; ? cf. *Terraia* sp. 1; *Asmussia regularis*; *Paracalamites* sp.; *Schizoneura gondwanensis*; caules indeterminados.
- AF/GP 218 - BR 376, km 274, PR; *Cyzicus (Lioestheria)* sp.; *Asmussia regularis*, cf. *Monoleaia unicostata timboensis*; ostracodes; *Paracalamites* sp.
- AF/GP 219 - BR 376, km 274, 1, PR; cf. *Asmmussia regularis*; ostracodes; *Paracalamites* sp.; caules indeterminados; restos de peixes.
- AF/GP 220 - BR 376, km 277,2, PR; *Paracalamites* sp.2.
- AF/GP 221 - BR 376, km 289,6, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*.

- AF/GP 222 - BR 376, km 291,5, PR; *Paracalamites* sp..
- AF/GP 223 - BR 376, km 296, PR; *Paracalamites* sp.; restos vegetais indeterminados.
- AF/GP 224 - BR 376, km 296,6, PR; *Asmussia* cf. *A. regularis*; *Paracalamites* cf. *P. sp.2.*; *Pecopteris* sp.; restos de peixes.
- AF/GP 226 - PR 90, km 117,1, PR; cf. *Asmussia* sp.; conchostráceo grande não identificado; ostracodes; restos de peixes; *Paracalamites* sp..
- AF/GP 227 - PR 90, km 118,8, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*; ? *Palaeomutela platinensis*; *Paracalamites* sp.2; *Schizoneura gondwanensis*; *Pecopteris esperancensis*.
- AF/GP 228 - PR 90, km 119,8, PR; restos de peixes.
- AF/GP 229 - PR 90, km 120, PR; *Paracalamites* sp.; caules indeterminados.
- AF/GP 230 - BR 153, km 17,1, PR; vários níveis; cf. *Paranaleaia* sp.; *Paranaleaia supina*; *Asmussia* cf. *A. sp.*; *Asmussia* sp.; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; bivalves não identificados (coquinas); ostracodes; restos de peixes.
- AF/GP 231 - BR 153, km 17,4, PR; cf. *Cyzicus* sp.; escamas de peixes; ossos de tetrápodes; possíveis estromatólitos.
- AF/GP 232 - BR 153, km 18,5, PR; cf. *Gabonestheria* sp.; escamas de peixes.
- AF/GP 233 - BR 153, km 42,1, PR; *Paranaleaia supina*; *Asmussia* cf. *A. sp.*.
- AF/GP 234 - estrada Santo Antônio da Platina-Ribeirão do Pinhal, km 2, PR; escamas de peixes; ? estromatólitos.
- AF/GP 235 - estrada Santo Antônio da Platina-Ribeirão do Pinhal, km 6,3, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 236 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a 2,9 km de Ribeirão do Pinhal, PR; conchostráceos indeterminados e escamas de peixes.
- AF/GP 237 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a 3,7 km de Ribeirão do Pinhal, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*; escamas de peixes; restos vegetais indeterminados.
- AF/GP 238 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a 5,4 km de Ribeirão do Pinhal, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; ostracodes; restos de peixes.
- AF/GP 239 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a 5,8 km de Ribeirão do Pinhal, PR; escamas de peixes, principalmente de celacantídeos.
- AF/GP 240 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a 6,7 km de Ribeirão do Pinhal, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*;

cf. *Religiicola delicata* ; ostracodes; *Paracalamites* cf. *P. sp.* 2.

- AF/GP 241 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiaí do Sul, a 9,7 km de Ribeirão do Pinhal, PR; *Asmussia* sp.; *Cyzicus* sp.; *Leinzia similis*; *Oliveiraia pristina*; *Cowperesia emerita*; cf. *Terraia* sp.3; escamas e outros restos de peixes.
- AF/GP 242 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiaí do Sul, na entrada de Jundiaí do Sul, nas margens do rib. Noite Negra, a 12,4 km de Ribeirão do Pinhal, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 243 - estrada Jundiaí do Sul-Ibaiti, a 15,6 km de Ribeirão do Pinhal (km 73,9), PR; escamas de peixes.
- AF/GP 244 - estrada Jundiaí do Sul-Ibaiti, a 16,5 km de Ribeirão do Pinhal (km 73), PR; escamas de peixes.
- AF/GP 245 - estrada Jundiaí do Sul-Ibaiti, a 19,4 km de Ribeirão do Pinhal (km 70), PR (? Formação Teresina); *Cyzicus* sp.; escamas de peixes.
- AF/GP 246 - estrada Platina-Santo Antônio da Platina, a 5,1 km de Santo Antônio da Platina, PR; escamas e outros restos de peixes; bivalves indeterminados e possíveis conchostráceos.
- AF/GP 247 - estrada Platina-Santo Antônio da Platina, a 4,3 km de Santo Antônio da Platina, PR; *Gabonestheria* sp.; escamas de peixes; prováveis estromatólitos.
- AF/GP 248 - estrada Platina-Santo Antônio da Platina, a 4,0 km de Santo Antônio da Platina, PR; cf. *Gabonestheria* sp.; ostracodes; escamas de peixes.
- AF/GP 249 - BR 153, km 41,7, PR; *Paranaleaia supina*; *Asmussia* cf. *A. sp.*; *Monoleaia uncostata micropolygonata*; ? *Palaeomutela platinensis*; cf. *Cowperesia* sp.; ostracodes; *Paracalamites* sp.2; *Paracalamites* sp.; ? *Dizeugotheca* sp.; *Glossopteris grafi*; restos de peixes; icnofósseis.
- AF/GP 250 - BR 153, km 42,6, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 251 - BR 153, km 44, PR; cf. *Paranaleaia* sp.; *Paracalamites* sp.; cf. *Schizoneura* sp.; restos de peixes.
- AF/GP 252 - BR 153, km 47,5, PR; cf. *Paranaleaia supina*; escamas de peixes.
- AF/GP 253 - BR 153, km 50,6, PR (? Formação Teresina); escamas de peixes.
- AF/GP 254 - BR 153, km 51,4, PR (Formação Teresina), PR; bivalves (coquina).
- AF/GP 255 - estrada entre PR 218 e Juá, a 8,2 km de Juá, PR (provável afloramento de procedência de uma amostra com estromatólitos nodulares coletada por Ó. Francisconi); escamas de peixes; ? estromatólitos nodulares.

- AF/GP 256 - estrada rumo noroeste, partindo de Juá, a 1,6 km desta vila, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 257 - PR 218, km 29,4, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 258 - PR 21, km 28,3, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 261 - BR 373, km 95, PR (Formação Teresina ?); restos de peixes.
- AF/GP 262 - BR 373, km 97,6, PR; cf. *Cowperesia* sp.; ostracodes; escamas de peixes.
- AF/GP 263 - BR 373, km 100,6, PR; *Cowperesia emerita*, cf. *Leinzia* sp.; cf. *Terraia altissima*; cf. *Terraia* sp.4; cf. *Dendropupa*; ostracodes; escamas de peixes; caules indeterminados.
- AF/GP 264 - BR 373, km 100,9, PR; restos de peixes; icnofósseis.
- AF/GP 265 - BR 373, km 102,1, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; *Cowperesia emerita*; ostracodes; *Glossopteris* cf. *G. indica*; caules, sementes e folhas indeterminados.
- AF/GP 266 - BR 373, km 102,2, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; cf. *Pecopteris dolianitii*; caules indeterminados.
- AF/GP 267 - BR 373, km 105, PR; cf. *Monoleaia unicastata micropolygonata*; cf. *Religiicola* sp.; cf. *Palaeomutela* sp.; cf. *Nothoterraia* sp.; raros ostracodes; *Glossopteris* sp.
- AF/GP 268 - BR 373, km 105,7, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; ostracodes.
- AF/GP 269 - BR 277, km 308, PR; cf. *Paracalamites* sp. 2.
- AF/GP 270 - BR 277, km 296, PR; caules e outros restos vegetais indeterminados.
- AF/GP 271 - BR 277, km 294,4, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; *Paracalamites* sp.; cf. *Sphenophyllum* sp..
- AF/GP 272 - BR 277, km 293,5, PR; *Cowperesia emerita*; cf. *Terraia* sp.4; cf. *Religiicola delicata*; ostracodes; cf. *Pecopteris dolianitii*; escamas de peixes; ? fusinitos.
- AF/GP 273 - BR 277, km 291,5, PR; *Leinzia similis*; *Cowperesia emerita*; cf. *Oliveiraia pristina*; cf. *Terraia* sp. 3; ? cf. *Terraia* sp. 4; cf. *Dendropupa* sp.; estromatólitos nodulares; ? conchostráceos; escamas de peixe; sementes.
- AF/GP 274 - estrada Rio Azul-Mallet, a 13,9 km de Rio Azul, PR; localidade-tipo do Membro Serrinha; *Leinzia similis*; cf. *Leinzia* sp.; *Oliveiraia pristina*; *Terraia altissima*; cf. *Cowperesia* sp.; *Pecopteris dolianitii*; *Glossopteris* indeterminado; palinórmfos; restos de peixes.
- AF/GP 275 - estrada Rio Azul-Mallet, a 20,9 km de Rio Azul, PR; *Nothoterraia acarinata*; *Pecopteris* sp. 1; restos de peixes.

- AF/GP 276 - estrada Rio Azul-Mallet, a 21,5 km de Rio Azul, praticamente na entrada de Mallet, PR; *Cowperesia emerita*; cf. *Dendropupa* sp.; *Paracalamites* sp.; restos de peixes.
- AF/GP 277 - estrada Rio Azul-Mallet, a 21,6 km de Rio Azul, praticamente na entrada de Mallet, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; *Pecopteris* sp..
- AF/GP 278 - estrada Mallet-Dorizon, a 3,4 km de Mallet, PR; *Paracalamites* sp..
- AF/GP 279 - BR 476, km 181,6, PR (? Formação Teresina); escamas de peixes.
- AF/GP 280 - BR 476, km 187, PR (? Formação Teresina); restos de peixes.
- AF/GP 281 - BR 476, km 191, PR (? Formação Teresina); escamas de peixes.
- AF/GP 284 - estrada lateral a cerca de 3,5 km a leste da BR 376, na altura do km 284,6, PR; *Asmussia regularis*; *Paracalamites* sp.; *Pecopteris cadeadensis*.
- AF/GP 286 - estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul, a 12,9 km de Ribeirão do Pinhal, PR; prováveis estromatólitos nodulares; escamas de peixes.
- AF/GP 287 - estrada Ribeirão do Pinhal-Santo Antônio da Platina, km 10, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*; cf. *Terraia* sp. 1; ostracodes.
- AF/GP 288 - estrada Ribeirão do Pinhal-Santo Antônio da Platina, km 8,4, PR; escamas de peixes.
- AF/GP 289 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 34,5 km de Reserva, PR; *Asmussia regularis*; cf. *Religiicola delicata*; cf. *Dendropupa*; *Paracalamites* sp.; cf. *Sphenophyllum* sp.; sementes e caules indeterminados; possíveis pistas.
- AF/GP 290 - estrada Mallet-Dorizon, a 6,3-6,6 km de Mallet, PR; *Asmussia* cf. *A.* sp.; cf. *Terraia* sp.1; restos de peixes.
- AF/GP 291 - estrada Mallet-Dorizon, a 3,3-3,6 km de Mallet, PR; *Monoleaia unicastata micropolygonata*; *Pecopteris* sp.; *Glossopteris riorastensis*; *Glossopteris* cf. *G. indica*; *Paracalamites* sp.; icnofósseis.
- AF/GP 292 - estrada Dorizon-Mallet, a 5,2 km de Dorizon, PR; *Asmussia* cf. *A.* sp..
- AF/GP 293 - estrada Dorizon-Mallet, a 7,4 km de Dorizon, PR; icnofósseis.
- AF/GP 294 - BR 277, km 296,4, PR; cf. *Monoleaia unicastata micropolygonata*; cf. *Cowperesia emerita*.
- AF/GP 295 - BR 277, km 297,8, PR; cf. *Monoleaia unicastata micropolygonata*; cf. *Religiicola delicata*; *Nothoterraia*

acarinata; ? *Palaeomutela platinensis*; *Paracalamites* sp.;
caules indeterminados; restos de peixes.

AF/GP 296 - BR 373, km 104,1, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; *Religiicola delicata*; cf. *Dendropupa* sp.; restos de peixes.

AF/GP 297 - BR 373, km 101, PR; cf. *Monoleaia unicostata micropolygonata*; cf. *Cowperesia emerita*; cf. *Terraia* sp.4.

AF/GP 298 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 28,7 km de Reserva, PR; cf. *Terraia altissima*; cf. *Asmussia* sp.; ostracodes; escamas de peixes.

AF/GP 299 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 27,7 km de Reserva, PR; cf. *Cowperesia emerita*; cf. *Religiicola delicata*; outros bivalves não identificados.

AF/GP 300 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 27,1 km de Reserva, PR; cf. *Paracalamites* sp. e outros caules não identificados; restos de peixes.

AF/GP 301 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 37,4 km de Reserva, PR; *Asmussia regularis*; ? *Palaeomutela platinensis*; *Pecopteris* sp.; *Ilexoidephyllum permicum*; *Paracalamites* sp.; caules e outros restos vegetais não identificados.

AF/GP 302 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 37,5 km de Reserva, PR; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; cf. *Palaeolimnadiopsis* sp.; *Paracalamites* sp.2; *Schizoneura gondwanensis*.

AF/GP 303 - BR 376, km 284,8, PR; *Paracalamites* sp..

AF/GP 304 - BR 376, km 286, PR; restos de peixes; um dos afloramentos de coleta de *Australerpeton* (BARBERENA et al., 1980).

AF/GP 305 - PR 90, km 116; *Asmussia regularis*; *Paranaleaia supina*.

AF/GP 306 - PR 90, km 119,6, PR; *Paracalamites* cf. *P.* sp.2.

AF/GP 307 - PR 90, km 122, PR; conchostráceos não identificados; *Paracalamites* sp.2; *Ilexoidephyllum permicum*; restos de peixes.

AF/GP 308 - estrada Reserva-Cândido de Abreu, a 30 km de Reserva, PR; *Asmussia regularis*; *Paracalamites* sp..

AF/GP 309 - estrada lateral a cerca de 3 km a leste da BR 376, na altura do km 284,6, PR; *Monoleaia unicostata micropolygonata*; cf. *Monoleaia unicostata micropolygonata*; *Asmussia regularis*; restos de peixes.