



Universidade Estadual Paulista
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

**CONCHOSTRÁCEOS PERMIANOS DA BACIA DO PARANÁ:
TAXONOMIA, EVOLUÇÃO, BIOESTRATIGRAFIA E
PALEOBIOGEOGRAFIA**

Luis Gustavo Ferreira-Oliveira

Orientadora: Prof. Dra. Rosemarie Rohn

Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geologia - Área de concentração em Geologia Regional, para a obtenção do título de Doutor em Geociências

**Rio Claro (SP)
2007**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho àqueles que de alguma forma sacrificaram parte de suas vidas para que eu pudesse realizá-lo: À minha esposa, por toda a renúncia e aposta; ao meu filho por consentir na distância e me motivar com o sorriso e a saudade; aos meus pais pelo eterno suporte; e por último, mas não menos importante, à minha orientadora, pela oportunidade, amizade e voto de confiança.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao CNPq (processo 142265/2004-7), pelo suporte na forma de bolsa de doutoramento, ao suporte da FAPESP (processo 05/55027-4) e à UNESP pela oportunidade de crescimento profissional. Agradeço também a toda minha família, irmão, pais, avós, cunhados, sogros, enfim, família...

Especialmente agradeço à minha esposa Elaine, por aturar um doutorando por quatro longos anos... Ao meu filho, com a esperança de que este sacrifício possa resultar em um futuro melhor também para ele. Aos meus amigos, presentes e ausentes, que sempre me trouxeram carinho, alento e alegria. Aos meus colegas de trabalho, Tatiane, Márcia, Robson, Rodrigo, Tiago, que dividiram amizade, idéias e problemas. Sem querer ser *piegas* (leia-se *puxa-saco*), não posso deixar de agradecer imensamente à minha orientadora Dra. Rosemarie Rohn, que em todos os momentos foi exemplo de profissionalismo e de ser humano também, dando a mim e à minha esposa o prazer de tê-la como amiga. Aos professores e servidores da Unesp – Rio Claro, pelo apoio no dia-a-dia. Agradeço também ao Prof. Luiz Carlos B. Ribeiro, por me iniciar nesta instigante ciência que é a Paleontologia. E à Dra. Sonia Buck, por me mostrar que pâncreas de peixe não é tão interessante assim...

“ Hoje me sinto mais forte.
Mais feliz? Quem sabe...
Eu só levo a certeza
de que muito pouco eu sei,
Que nada sei...”

(Almir Sater e Renato Teixeira)

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO	1
1.1. INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS.....	2
1.1.1 - Geologia Regional e localização da área de estudo.....	2
1.1.2 - Principais trabalhos anteriores sobre conchostráceos permianos da Bacia do Paraná.....	9
1.1.3 - Trabalhos bioestratigráficos anteriores de acordo com os conchostráceos da Formação Rio do Rasto.....	11
1.2- OBJETIVOS	13
1.3- MATERIAIS E MÉTODOS	14
1.3.1 – Estudo de materiais depositados em coleções no Brasil.....	14
1.3.2 - Análises de conchostráceos viventes.....	14
1.3.3 - Análises dos conchostráceos fósseis coletados em trabalhos de campo..	15
2- ASPECTOS GERAIS DA SUBORDEM SPINICAUDATA.....	15
2.1- INTRODUÇÃO.....	15
2.2 – BIOLOGIA DOS CONCHOSTRÁCEOS.....	16
2.2.1. - Classificação Taxonômica.....	16
2.2.2 – Morfologia: Aspectos Gerais.....	17
2.2.3 - Composição da Carapaça.....	19
2.2.4 – Forma das Valvas e Fatores de Variação.....	19
2.2.5 - Linhas e Bandas de Crescimento.....	23
2.2.6 – Ornamentação.....	24
2.2.7 – Alimentação.....	26

2.2.8- Reprodução.....	27
2.2.9- Locomoção.....	29
2.2.10- Predação e Parasitismo.....	30
2.2.11 – Senilidade.....	31
2.3 - ASPECTOS ECOLÓGICOS E ZOOGEOGRÁFICOS.....	31
2.3.1 – Habitat e Etologia.....	31
2.3.2 - Distribuição Geográfica.....	34
2.3.3 - Clima e Temperatura da Água.....	35
2.3.4 - Fatores Limitantes do Crescimento.....	36
2.3.5 – Substrato.....	36

ARTIGOS

3- ARTIGO 1 –Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata (Capitanian) of the Paraná Basin, Brazil: Chronostratigraphic and paleobiogeographic implications.....	37
4- ARTIGO 2 - Moluscos bivalves anteriormente identificados como conchostráceos das formações Irati, Serra Alta, Teresina e Corumbataí (Bacia do Paraná, Permiano).....	70
5- ARTIGO 3 – Conchostráceos com linhas de crescimento recurvadas junto à margem dorsal (Famílias Palaeolimnadiopseidae e Perilimnadiidae) da Formação Rio do Rasto, Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil.....	86
6- ARTIGO 4 - Conchostráceos monocarenados da Formação Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná, Brasil).....	111
7- ARTIGO 5 - Discussão sobre a distribuição circumtropical de <i>Cyclestheria hislopi</i> (Branchiopoda, Crustacea) e implicações na Paleontologia.....	135

8 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	148
8.1 - TÁXONS REVISTOS.....	148
8.2 - ANÁLISE CRÍTICA DOS CARACTERES MORFOLÓGICOS USADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE CONCHOSTRÁCEOS FÓSSEIS.....	159
8.2.1 - Ângulo entre as carenas.....	160
8.2.2 - Número e densidade relativa das linhas de crescimento.....	161
8.2.3 - Formato externo das valvas.....	161
8.2.4 - Ornamentação nas bandas de crescimento.....	162
8.3 – CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS E PALEOAMBIENTAIS.....	163
8.3.1 - Ocupação de corpos de água temporários e permanentes.....	163
8.3.2 - Coabitação entre conchostráceos e peixes predadores.....	164
8.3.3 - Coabitação de populações de duas espécies do mesmo gênero em um mesmo corpo d'água.....	165
8.3.4 – Salinidade e condições químicas da água.....	165
8.4 – BIOESTRATIGRAFIA, CRONOESTRATIGRAFIA E PALEOBIOGEOGRAFIA.....	167
8.4.1 – Bioestratigrafia	167
8.4.2 - Cronoestratigrafia.....	169
8.4.3. - Paleobiogeografia.....	170
9 – CONCLUSÕES.....	175
10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	177
11- ANEXO 1 - Lista de localidades de onde procede o material em estudo e suas principais características litológicas e paleontológicas (modificado de Rohn, 1994)	

12 – ANEXO 2 - Artigo ainda não submetido para publicação: Morfologia, ontogenia, ecologia e etologia de *Cyclestheria hislopi* (Branchiopoda, Diplostraca, Cyclestherida) do Sudeste do Brasil e implicações no estudo de conchostráceos fósseis

1- INTRODUÇÃO

Os conchostráceos - pequenos crustáceos com carapaças bivalves - são bastante abundantes na Bacia do Paraná, principalmente na Formação Rio do Rasto, e já permitiram propor um zoneamento bioestratigráfico (Rohn, 1994). Esta formação corresponde à porção superior do Grupo Passa Dois, sendo constituída por depósitos predominantemente vermelhos de origem lacustre, eólica e fluvial. Sua idade é motivo de controvérsia, embora diversos fósseis como macrofitofósseis, vertebrados e conchostráceos permitam interpretá-la como meso- a neopermiana.

Nos trabalhos mais recentes sobre conchostráceos fósseis da Formação Rio do Rasto (Rohn, 1987) e de outros depósitos do Brasil, geralmente foi adotada a classificação taxonômica de autores norte-americanos (*e.g.*, Tasch, 1969), a qual é bastante simples, representada por apenas alguns poucos gêneros e famílias de conchostráceos. A ornamentação das carapaças é pouco valorizada nesta classificação. Contudo, verificou-se que autores europeus e asiáticos (principalmente alemães e chineses como Kozur & Seidel, 1983 e Chen & Shen, 1985) utilizam classificações taxonômicas muito mais refinadas e apresentaram propostas bioestratigráficas de altíssima resolução para depósitos continentais do Permiano.

No presente trabalho, são analisados os caracteres morfológicos utilizados na taxonomia dos conchostráceos fósseis e sua aplicabilidade nas correlações cronoestratigráficas entre bacias sedimentares distantes. Considerando-se que os conchostráceos da Formação Rio do Rasto poderiam apresentar grande potencial cronoestratigráfico, foi realizada uma ampla revisão taxonômica, incluindo estudos morfológicos detalhados através de imagens de microscopia eletrônica de varredura. Também foram estudados conchostráceos viventes para substanciar alguns dos critérios de classificação e aprimorar os conhecimentos sobre sua ecologia, ontogenia, etologia e biogeografia.

As análises dos táxons de conchostráceos presentes na Bacia do Paraná são apresentadas nesta tese sob a forma de artigos, que foram submetidos para publicação em periódicos. Por este motivo, algumas considerações básicas relativas à geologia regional ou ao modo de vida dos conchostráceos são repetidas nos artigos aqui anexados.

1.1. INFORMAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

1.1.1 - Geologia Regional e localização da área de estudo

A Bacia do Paraná é uma bacia cratônica, de sedimentação paleozóica-mesozóica, estabelecida a partir do Neo-Ordoviciano, que inclui áreas no centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de 1.600.000 km², dos quais aproximadamente 1.000.000 km² estão situados em território brasileiro. A área restante está dividida entre a Argentina (400.000 km²), o Paraguai (100.000 km²) e o Uruguai (100.000 km²) (figura 1). Rochas cristalinas pré-cambrianas e rochas sedimentares de pequenas bacias eopaleozóicas constituem o embasamento da Bacia do Paraná. O perímetro da bacia totaliza cerca de 5.500 km (Northfleet *et al.*, 1969). Sua extensão original foi bastante reduzida devido à erosão de grandes volumes de depósitos da borda da bacia. No entanto, parecem existir evidências de uma paleoborda preservada ao longo da margem nordeste da Bacia do Paraná (Milani, 1997).



Figura 1- Localização da Bacia do Paraná

Constituem o pacote sedimentar-magmático da Bacia do Paraná seis grandes seqüências delimitadas por expressivas discordâncias regionais (figura 2): ordovício-siluriana, devoniana, carbonífera-eotriássica, neotriássica, jurássica-eocretácea e neocretácea (Milani *et al.* 1994). O intervalo carbonífero-eotriássico é representado pelos grupos Itararé, Guatá e Passa Dois. Conforme é discutido adiante, este intervalo, na realidade, deve corresponder ao Neocarbonífero-Permiano.

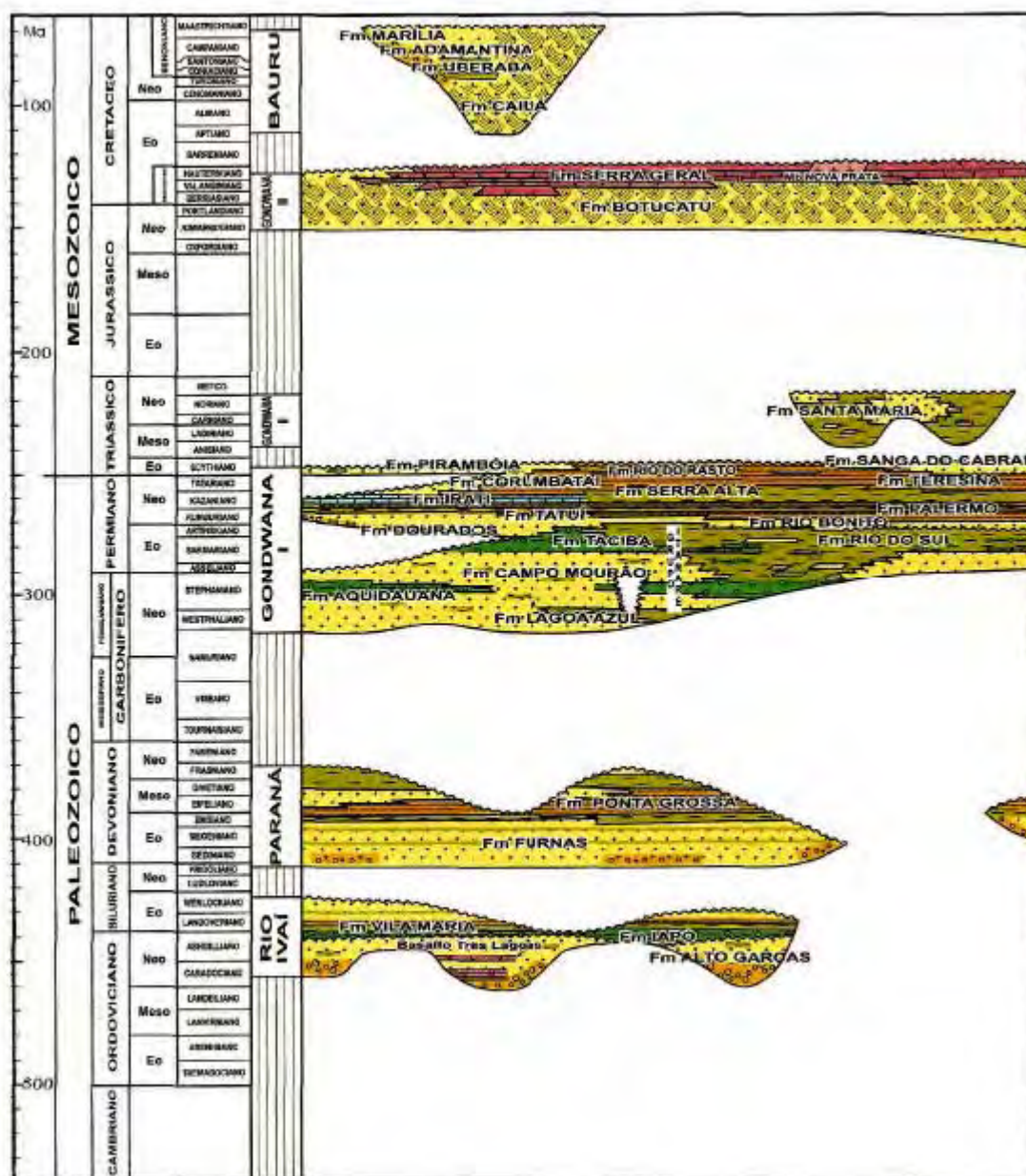


Figura 2 – Carta estratigráfica da bacia do Paraná (modificado de Milani, 1994).

O Grupo Passa Dois é dividido nas formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Schneider et al. 1974). No Estado de São Paulo e em outras partes do nordeste e norte da bacia, as formações Serra Alta e Teresina correspondem à Formação Corumbataí (figura 3), distinguindo-se principalmente pelas cores avermelhadas das litologias e proporção ligeiramente maior de arenitos (Schneider et al. 1974). Os depósitos do Grupo Passa Dois sugerem a gradual continentalização da Bacia do Paraná. Até o momento, somente a Formação Irati apresenta alguns microfósseis de provável caráter marinho (Lages, 2004). As formações Serra Alta e Teresina, embora apresentem litofácies evocativas de ambientes plataformais e costeiros, não preservaram fósseis comprovadamente marinhos (Lavina, 1991; Rohn, 1994; Maranhão, 1995). A Formação Rio do Rasto, que corresponde à parte superior do Grupo Passa Dois, apresenta grande abundância de conchostráceos fósseis, sendo, portanto, discutida em detalhe.

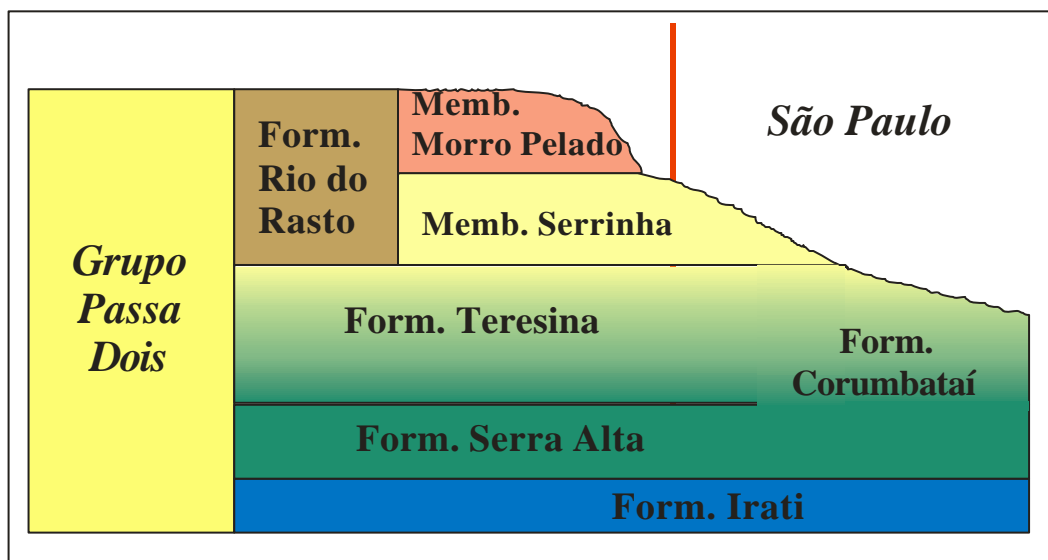


Figura 3 - Litoestratigrafia do Grupo Passa Dois para os estados do Paraná e de São Paulo (*sensu* Rohn, 1994).

A Formação Rio do Rasto

A Formação Rio do Rasto é subdividida nos membros Serrinha e Morro Pelado. O Membro Serrinha, com espessura de 150–250 m, possui grande variedade de fácies (figura 4). Siltitos esverdeados e argilitos são predominantes, com intercalações de até 1m de arenitos finos, aumentando na parte superior da unidade (Rohn, 1994). Os arenitos geralmente são tabulares e maciços, ocorrendo também corpos lenticulares com estratificações cruzadas *hummocky*, corpos sigmóides com ondulações cavalgantes, corpos irregulares com

estratificação cruzada acanalada e grânulos na base. Os arenitos também formam finas interlaminções nos pelitos, constituindo ritmitos ou rochas heterolíticas com acamamento *wavy*, às vezes, com gretas de contração. Em geral, as litofácies são evocativas de ambientes lacustres calmos ou influenciados por ondas de tempestade e desembocaduras de rios, sujeitos a ressecamento e invasão por dunas eólicas. Fácies fluviais típicas de canais estão quase ausentes (Rohn, 1994).

O bivalve *Leinzia similis*, encontrado no Membro Serrinha, é endêmico e encontra-se associado a conchostráceos, os quais indicam condições de água doce. Os abundantes fósseis vegetais incluem *Glossopteris*. Licófitas desapareceram com o início da deposição do Membro Serrinha e a esfenófito *Sphenophyllum* se tornou um dos vegetais fósseis típicos. Pela abundância de fósseis vegetais encontrados no Membro Serrinha, pode-se inferir que o paleoclima parece ser bem mais úmido do que durante a deposição da Formação Teresina, com intervalos de aridez evidenciados pelos arenitos eólicos que se tornam mais frequentes rumo ao topo da unidade (Rohn, 1994).



Figura 4 – Afloramento do Membro Serrinha (PR 239, a 44,4 km de Cândido de Abreu, Estado do Paraná).

O Membro Morro Pelado, com espessura de 250-600? m, é caracterizado por lamitos vermelhos, ritmitos e lentes de arenitos finos com espessura entre 1-4 m, que correspondem, em parte, a depósitos de dunas eólicas (figura 5). Muitas lentes foram interpretadas como depósitos de desembocadura de rios e lagos, porém, fácies tipicamente fluviais são raras (Rohn, 1994). Depósitos com intraclastos de argilitos e siltitos, possivelmente fluviais, estão mais desenvolvidos na região do Arco de Ponta Grossa, o qual pode ter apresentado tendências mais positivas durante alguns intervalos (Rohn, 1994).



Figura 5 – Afloramento do Membro Morro Pelado (BR 470, km 205, Estado do Paraná).

Registros de bivalves e macrófitas são raros, enquanto conchostráceos são relativamente abundantes e variados (incluindo leáídeos, tipicamente paleozóicos). A esfenófita *Schizoneura gondwanensis* é um importante elemento, pois teve larga distribuição em vários outros depósitos do Gondwana. Estes vegetais representam uma vegetação higrófila (Rohn, 1994), que ocupava as margens dos lagos, da planície de inundação e das áreas úmidas interdunas. Além disso, a parte basal do Membro Morro Pelado contém ossos dos anfíbios endêmicos *Rastosuchus* e *Australerpeton* e de répteis. O réptil *Endothiodon* da base do Membro Morro Pelado indica uma afinidade com as biozonas *Priesterognathus*, *Tropidostoma* e *Cistecephalus*, do Grupo Beaufort, da Bacia Karoo, na África (Figura 6). Fósseis vegetais e conchostráceos do gênero *Hemicycloleia* confirmam a idade Permiana da Formação Rio do Rasto (Rohn e Stollhofen, 2000).

Mm	GEOCHRONOLOGY			Brazil Paraná Basin			NW Namibia			South Africa W Main Karoo Basin					
	PERIOD	EPOCH	AGE	GR	FM		correlation data	GR	FM		GR	FM		Tetrapod Biozones	correlation data
					RIO DO RASTO	M. PELADO SERRA ALTA			BEAUFORT	DOROS ? GAL-AS		LOWER BEAUFORT	BALFOUR MIDDLE TERN TRENKLEIF ABRAHAMSKRAAL		
250	PERMIAN	LATE	TATAR. KAZAN.	PASSA DOIS	RIO DO RASTO	M. PELADO SERRA ALTA	[Diagram]	BEAUFORT	DOROS ? GAL-AS	[Diagram]	LOWER BEAUFORT	BALFOUR MIDDLE TERN TRENKLEIF ABRAHAMSKRAAL	[Diagram]	[Diagram]	[Diagram]
260		EARLY	KUNGUR ARTINSK		TERESINA SERRA ALTA IRATI	ECCA		HUAB	ECCA		WATERFORD	WHITTHILL			

Figura 6 – Correlações entre o Grupo Passa Dois e as bacias da África (Quadro elaborado para apresentação do trabalho de Rohn e Stollhofen, 2000).

Uma das questões mais polêmicas é a definição do tipo de contato (discordante ou não) entre o Grupo Passa Dois e os grupos São Bento e Rosário do Sul. Outra questão, não menos polêmica, refere-se às idades da Formação Rio do Rasto e das unidades soto e sobrepostas. Milani *et al.* (1994) consideraram que a Formação Rio do Rasto poderia pertencer ao Triássico Inferior em vista das interpretações palinoestratigráficas admitidas para os grupos Itararé, Guatá e para a porção inferior do Grupo Passa Dois. A oxidação dos sedimentos da Formação Rio do Rasto foi desfavorável para a preservação de palinomorfos, mas foi estimado um longo tempo envolvido na sua deposição devido a sua espessura relativamente grande e provável baixa taxa de sedimentação. Dentes de elasmobrânquios encontrados na Formação Corumbataí que guardam semelhanças a formas triássicas do hemisfério norte, corroborariam a interpretação de Milani *et al.* (1994), França *et al.* (1995) e outros.

Pode-se observar, entretanto, alguns fatos que sugerem idade Permiana para o Grupo Passa Dois:

- Conchostráceos leaídeos parecem confirmar a idade permiana da Formação Rio do Rasto;
- Raros tetrápodos da parte superior da Formação Rio do Rasto na Serra do Cadeado e Aceguá (RS) podem ser correlacionados com formas da Bacia do Karoo, consideradas tatarianas (Langer, 2000; Cisneros et al., 2005);
- Os mesossauros da Formação Irati são sakmarians-artinskianos (Oelofsen & Araújo, 1983);
- Placas dentárias de *Dipnoi* encontradas na Formação Corumbataí são tipicamente paleozóicas (Toledo, 2001);
- Glossopterídeas, esfenófitas, licófitas e troncos de gimnospermas coadunam com elementos neopermianos da Flora *Glossopteris* de outras regiões (Rohn e Rösler, 2001).

Os bivalves – bastante comuns nas formações Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto – infelizmente são endêmicos e não permitem realizar correlações e interpretações cronoestratigráficas (Melo, 1999).

A figura 7 mostra as principais áreas de onde procedem os conchostráceos conhecidos da Formação Rio do Rasto.

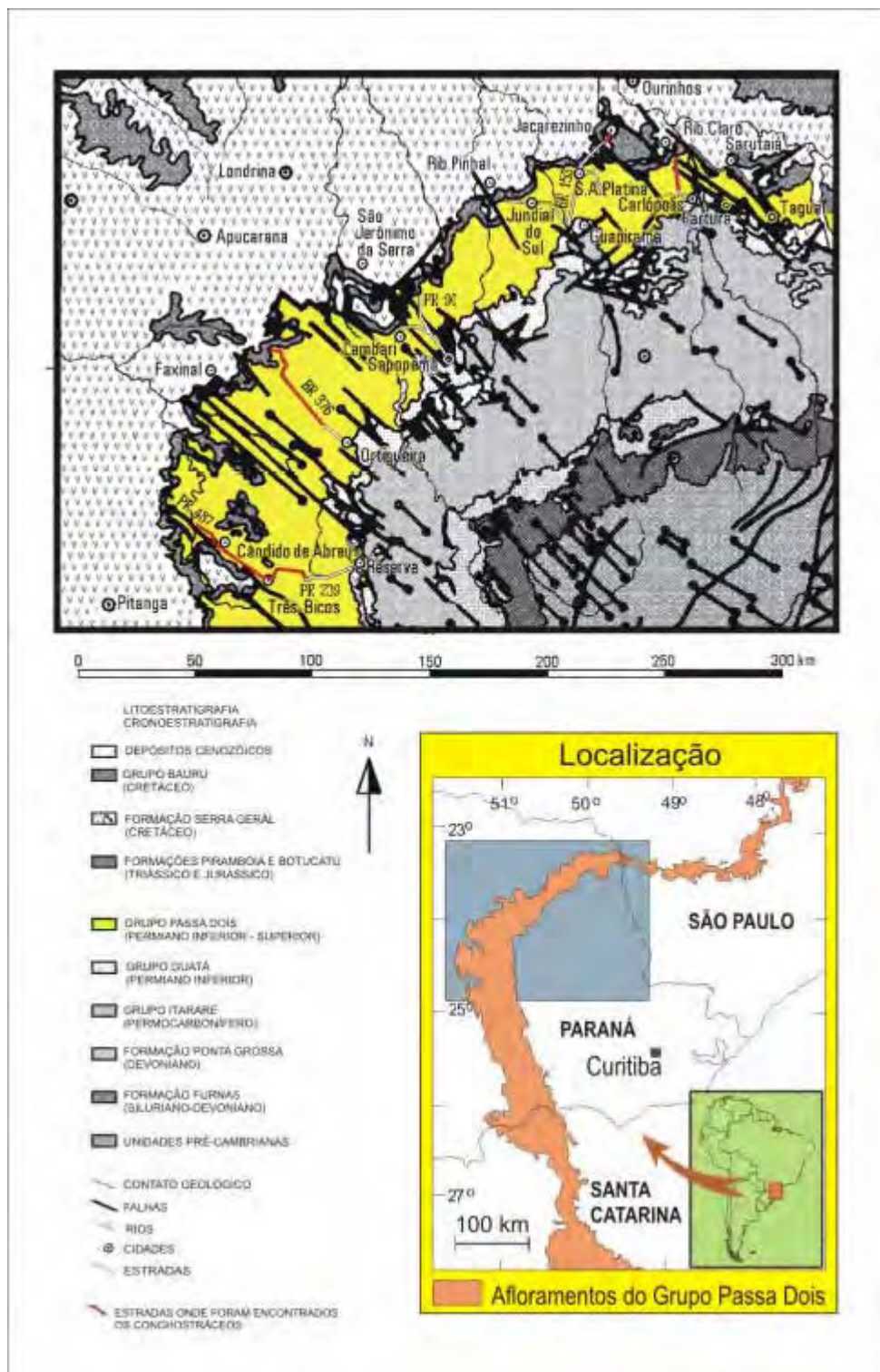


Figura 7 - Principais áreas de ocorrência de conchostráceos na Formação Rio do Rasto.

1.1.2 – Trabalhos prévios sobre conchostráceos permianos da Bacia do Paraná

Na Formação Rio Bonito (Permiano Inferior), os conchostráceos citados por Bernardes-de-Oliveira (1977) foram identificados como pertencentes à Família Leaiidae, cuja principal característica é a presença de carenas ou costas radiais nas valvas. As ocorrências até o momento conhecidas são muito raras. Os leaídeos foram cosmopolitas e sua amplitude vertical estende-se do Devoniano Médio ao Cretáceo Inferior (Tasch, 1969).

Para a Formação Tatuí (Permiano Inferior) existem referências sobre conchostráceos indeterminados (Mezzalana, 1958, 1959, 1989).

No que tange à Formação Irati (Permiano Inferior), foi assinalado um suposto conchostráceo denominado *Unicarinatus octavioi* Cardoso, 1965, procedente de Quatiguá (PR), considerado válido em Tasch (1987). Entretanto, um exame cuidadoso realizado do seu holótipo (Coleção DNPM, RJ, N° 4648) revelou tratar-se de um molusco bivalve. Para as formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí também foram descritos supostos conchostráceos (Almeida, 1950; Mendes, 1954) que, na realidade, são moluscos bivalves. Rohn (1994) já havia notado os equívocos, porém correções formais são aqui propostas num dos artigos submetidos à publicação.

A Formação Rio do Rasto, depositada no Neopermiano, interpretada como lacustre, com intercalações eólicas e fluviais, detém os registros mais abundantes e diversificados da Bacia do Paraná. Por outro lado, cabe ser assinalado que essa formação provavelmente foi uma das mais investigadas até o momento quanto à ocorrência de fósseis. Reed (1929) foi o pioneiro no estudo dos conchostráceos da Formação Rio do Rasto, tendo introduzido seis espécies, todas já reclassificadas (Mendes, 1954; Rohn, 1987), com base em material procedente de Poço Preto (SC); a idade atribuída aos fósseis foi correta.

Mendes (1954) descreveu conchostráceos da região de Poço Preto (SC), Prudentópolis (PR) e Santo Antônio da Platina (PR), tendo revisado as espécies de Reed (1929) e reconhecido mais uma espécie.

Seguiu-se uma discussão sobre a classificação genérica de *Monoleaia unicastata* (Reed), na qual tomaram parte Kobayashi (1954), Tasch (1956), Novozhilov (1956) e Cardoso (1965); conforme o Código de Nomenclatura Zoológica, teve prioridade a designação de Tasch (1956). Esta classificação será discutida adiante em outro capítulo.

Bigarella *et al.* (1967) mencionaram a descoberta de conchostráceos na estrada Curitiba-Serra do Espigão, entre os quais estariam os gêneros *Gabonestheria* e *Cornia*

noticiados por Tasch (1979 e 1982, respectivamente), que corroborariam interpretações sobre a paleobiogeografia gondwânica. Infelizmente, cabe salientar que os gêneros foram identificados com base em exemplares muito mal preservados.

Rohn & Rösler (1985) realizaram estudo detalhado de '*Monoleaia unicostata*' de um afloramento próximo a Dorizon (PR), com destaque aos aspectos tafonômicos. Rohn (1987, 1994) registrou conchostráceos em 192 localidades, quase todas no Estado do Paraná. Além das espécies descritas por Reed (1929) e Mendes (1954), foi introduzido o táxon '*Paranaleaia supina*' e observadas outras sete formas (vide lista abaixo). Esse trabalho deu suporte a um zoneamento bioestratigráfico (Rohn, 1988; Rohn & Rösler, 1990).

Tasch (1987), em sua ampla revisão dos conchostráceos gondwânicos, introduziu espécies novas e reclassificou formas da Bacia do Paraná. Lamentavelmente, esse importante especialista baseou-se, em geral, nos poucos exemplares disponíveis nas coleções paleontológicas por ocasião de sua visita ao Brasil, em 1979, além de alguns raros exemplares coletados por ele próprio ou doados por pesquisadores brasileiros. Os táxons novos introduzidos por Tasch (1987), exceto '*Gabonestheria brasiliensis*', não foram incluídos na lista abaixo por estarem fundamentados em exemplares muito mal preservados (conforme as fotografias apresentadas), descritos sem muito esmero, observados num montante restrito de amostras, cujas localidades-tipo são informadas muito vagamente. As espécies de Tasch (1987) aqui rejeitadas são as seguintes: a) *Cyzicus (Lioestheria) bigarellai* Tasch que provavelmente corresponde a *Asmussia regularis* (Reed); b) *Cyclestherioides (Cyclestheriodes) pintoii* Tasch, que também deve corresponder a *Liograptia (Magniestheria)*, porém preservado em pelito mais compactado; c) *Cyzicus (Euestheria)* sp. que parece quase idêntico ao exemplar "b" acima, mas com linhas de crescimento melhor preservadas próximo ao bico; d) *Estheriina (Estheriina)* sp. que provavelmente é um exemplar deformado e incompleto de '*Monoleaia unicostata*'. No caso de '*Gabonestheria brasiliensis*' Tasch, as duas fotografias apresentadas denotam preservação pior que os exemplares provavelmente da mesma espécie considerados como *Gabonestheria* sp. em Rohn (1987). Portanto, a presente pesquisa iniciou-se a partir da seguinte lista de espécies aceitas por Rohn (1987):

Asmussia regularis (Reed, 1929) Mendes, 1954.

Palaeolimnadiopsis subalata (Reed, 1929) Mendes, 1954.

Leaia pruvosti Reed (1929).

Monoleaia unicostata (Reed, 1929) Tasch, 1956, com as subespécies *M. unicostata micropolygonata* Rohn, 1987 e *M. unicostata timboensis* Rohn, 1987.

Cyzicus (Euestheria) langei (Mendes, 1954) Rohn, 1987.

Paranaleaia supina Rohn, 1987.

Asmussia sp. (em Rohn, 1987).

Cyzicus (Euestheria) sp. (em Rohn, 1987).

Cyzicus (Lioestheria) sp. (em Rohn, 1987).

Cyzicus sp. (em Rohn, 1987).

cf. *Palaeolimnadiopsis* sp. (em Rohn, 1987).

Palaeolimnadia (Palaeolimnadia) sp. (em Rohn, 1987).

No presente estudo, também são levadas em consideração:

Gabonestheria brasiliensis Tasch, 1987.

Cornia ? sp. (em Tasch, 1982, 1987).

Acantholeaia regoi Almeida, 1950.

Unicarinatus octavioi Cardoso, 1965.

1.1.3 - Trabalhos bioestratigráficos anteriores de acordo com os conchostráceos da Formação Rio do Rasto.

Até o presente momento foram propostos apenas quatro zoneamentos bioestratigráficos para a Formação Rio do Rasto nos estados do Paraná e Santa Catarina, todos apresentados por Rohn (1988, 1994) e Rohn e Rösler (1990; 2000). Os zoneamentos basearam-se na distribuição dos moluscos bivalves, macrofitofósseis e conchostráceos. No caso dos conchostráceos, Rohn (1994) modificou a posição dos limites entre certos intervalos bioestratigráficos do esquema de Rohn e Rösler (1990), visto que algumas espécies apresentaram amplitude estratigráfica maior do que se julgava anteriormente. Foram adotados para estes zoneamentos os critérios das zonas de intervalo (Petri *et al.*, 1986) definidas pelo aparecimento de certas espécies e das zonas de apogeu, que consideram a abundância de ocorrências de algumas espécies para estabelecer-se a subzona.

A primeira zona foi chamada de **Zona *Cyzicus* sp.**, tendo o limite inferior definido pelo aparecimento de *Cyzicus* sp. e o limite superior pelo aparecimento de *Monoleaia unicastata*. Esta zona abrange apenas o Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto.

A **Zona *Monoleaia unicastata***, com limite inferior determinado pelo aparecimento da espécie que lhe dá nome e limite superior com o aparecimento de *Paranaleaia supina*,

compreende a parte média do Membro Serrinha e contém as espécies *M. unicostata*, *Gabonestheria brasiliensis*, *Cyzicus* sp. e raramente *Asmussia* sp.

A terceira zona, *Paranaleaia supina* tem seu limite inferior no aparecimento desta espécie e o superior no desaparecimento de *Monoleaia unicostata*, aproximadamente coincidente com o desaparecimento de *Asmussia regularis*. Esta zona abrange o topo do Membro Serrinha e um pouco mais da metade do Membro Morro Pelado. A subzona *Palaeolimnadiopsis subalata*, proposta em Rohn e Rösler (1990) foi redefinida como uma subzona da Zona *Paranaleaia supina* e tem seu limite inferior marcado pelo aumento significativo de ocorrências da espécie *Palaeolimnadiopsis subalata*, coincidindo aproximadamente com o nível de ocorrência de *Palaeolimnadia* sp. O limite superior da subzona é definido pelo desaparecimento de diversas espécies, principalmente da espécie *Monoleaia unicostata*. Ela abrange a porção inferior à média do Membro Morro Pelado.

O intervalo final do zoneamento proposto, a porção superior do Membro Morro Pelado, é marcado pelo escasseamento e má preservação dos poucos conchostráceos presentes, provavelmente *Asmussia regularis*. Estes conchostráceos ocorrem na BR 376 praticamente até o contato da Formação Rio do Rasto com a Formação Pirambóia (figura 8).

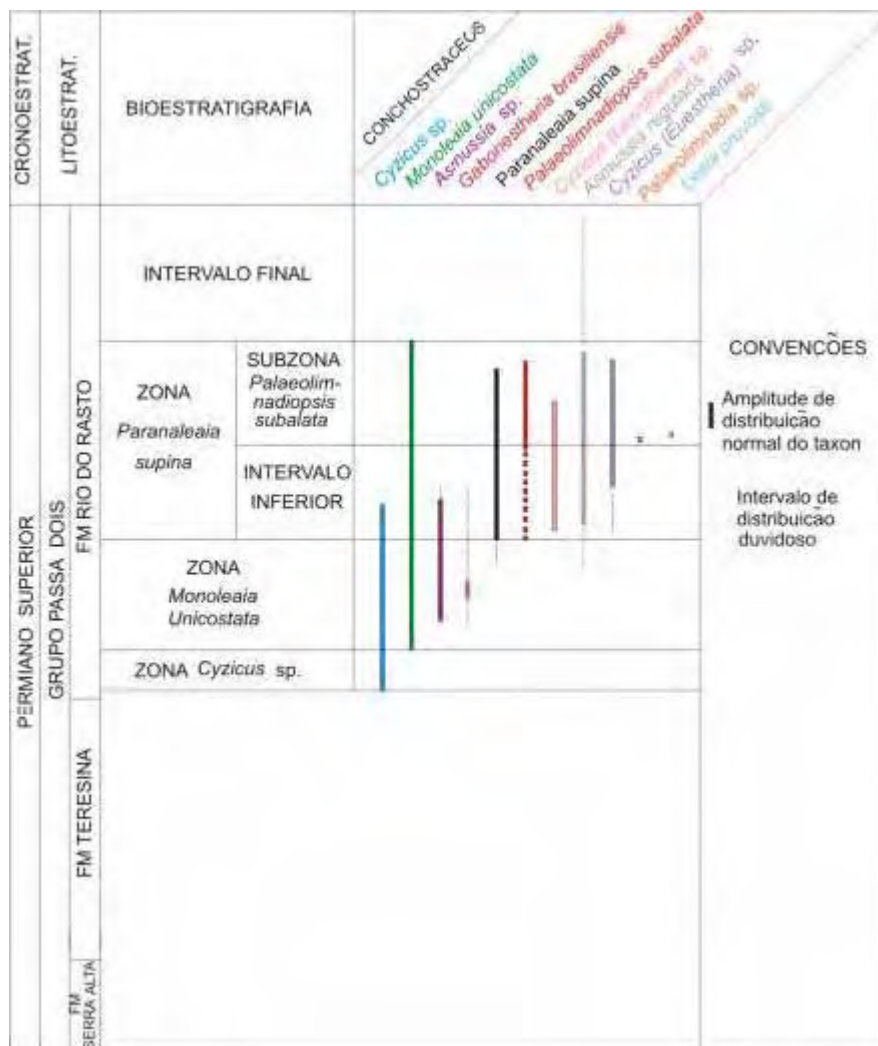


Figura 8– Zoneamento bioestratigráfico fundamentado em conchostráceos (Rohn, 1994).

1.2- OBJETIVOS

- Avaliar os critérios de classificação taxonômica dos conchostráceos fósseis.
- Revisar a classificação taxonômica dos principais conchostráceos da Formação Rio do Rasto da Bacia do Paraná.
- Atualizar o esquema bioestratigráfico de conchostráceos da Bacia do Paraná de acordo com as classificações taxonômicas revisadas.

- Aprimorar as interpretações da idade da Formação Rio do Rasto e tecer considerações paleobiogeográficas dos conchostráceos conforme correlações com outras bacias.
- Discutir o potencial dos conchostráceos na interpretação dos paleoambientes, tendo em vista determinados paradigmas da literatura e a observação de conchostráceos viventes.

1.3- MATERIAIS E MÉTODOS

1.3.1 – Estudo de materiais depositados em coleções no Brasil

Foram analisados conchostráceos fósseis depositados nas coleções das seguintes instituições (com suas respectivas siglas):

- Universidade de São Paulo – USP, Instituto de Geociências (IG-USP).
- Departamento Nacional da Produção Mineral – Rio de Janeiro (DNPM).
- Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus Rio Claro, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – (IGCE-UNESP).

Em anexo, encontra-se uma lista de localidades de onde procede o material em estudo e suas principais características litológicas e paleontológicas (Anexo 1).

1.3.2 - Análises de conchostráceos viventes

Analisando-se um artigo que trata das mudanças morfológicas de caráter ontogenético nos conchostráceos recentes (Petrov & Marincek, 1995), foi suscitada a questão de ocorrerem os mesmos processos nos fósseis. Por este motivo, realizou-se uma análise das carapaças de conchostráceos viventes em diversos estágios de desenvolvimento. Também foram observados aspectos do seu comportamento e fatores limitantes ao seu desenvolvimento. Os primeiros exemplares de conchostráceos recentes foram fornecidos pelo Departamento de Biologia Evolutiva da UFSCar e posteriormente estudados na UNESP - Rio Claro. Os conchostráceos foram cultivados em aquários contendo sedimentos e macrófitas adequadas. Para o cultivo, foi utilizado o laboratório de Carcinologia do Centro de Estudos Ambientais –

CEA, da UNESP - *Campus* Rio Claro. Foram observados também aspectos tafonômicos como desarticulação das valvas após a sua morte.

1.3.3 - Análises dos conchostráceos fósseis coletados em trabalhos de campo

Foram realizados trabalhos de campo para coleta de novos materiais fósseis. Foram explorados afloramentos conhecidos da Bacia do Paraná, bem como novas ocorrências. A principal unidade estudada no campo foi a Formação Rio do Rasto (principalmente na região da Serra do Cadeado, Reserva- Cândido de Abreu, Ribeirão Claro e Jacarezinho no Estado do Paraná)(figura 7).

O material coletado nos trabalhos de campo foi triado e preparado com o auxílio de agulhas, talhadeiras, brocas e outros equipamentos sob estereomicroscópio.

Os melhores exemplares coletados e emprestados das coleções paleontológicas foram desenhados com o auxílio de câmara clara, fotografados e medidos.

Foram obtidas diversas imagens ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) para observar detalhes morfológicos como ornamentação, entre outros.

2- ASPECTOS GERAIS DOS CONCHOSTRÁCEOS

2.1- INTRODUÇÃO

Os conchostráceos são pequenos crustáceos providos de uma carapaça bivalve quitinosa ou calco-quitinosa, típicos de corpos aquosos continentais restritos. As valvas não são substituídas por novas maiores por ocasião de cada muda (ecdise), como ocorre, por exemplo, nos ostrácodes, mas vão sofrendo incrementos periódicos de novas bandas. A carapaça dos conchostráceos consiste, assim, em uma série de bandas concêntricas limitadas por linhas de crescimento.

2.2 – BIOLOGIA DOS CONCHOSTRÁCEOS

2.2.1. - Classificação Taxonômica

Reino Animalia
Filo Arthropoda
Superclasse Crustacea
Classe Branchiopoda
Ordem Diplostraca
Subordem Spinicaudata
Subordem Cyclestherida

A Classe Branchiopoda é dividida em duas ordens: Laevicaudata e Diplostraca. Na ordem Laevicaudata estão incluídos animais como *Lynceus* e *Paralimnitis*. A ordem Diplostraca contém três subordens: Cladocera (pulgas d'água), Spinicaudata (que contém as seguintes famílias de conchostráceos: Cyzicidae, Leptestheriidae e Limnadiidae) e a subordem Cyclestherida (Martin & Davis, 2001).

Olesen (1998) propôs uma árvore filogenética que inclui a subordem Spinicaudata (figura 9). Contudo, as famílias e gêneros usados em tal trabalho são apenas de conchostráceos atuais, sem famílias e gêneros fósseis. É importante salientar que a taxonomia dos conchostráceos fósseis é baseada principalmente nas características da carapaça e da diminuta ornamentação das bandas de crescimento, devido ao fato de as partes moles e apêndices raramente serem preservados nos fósseis (Chen & Hudson, 1991).

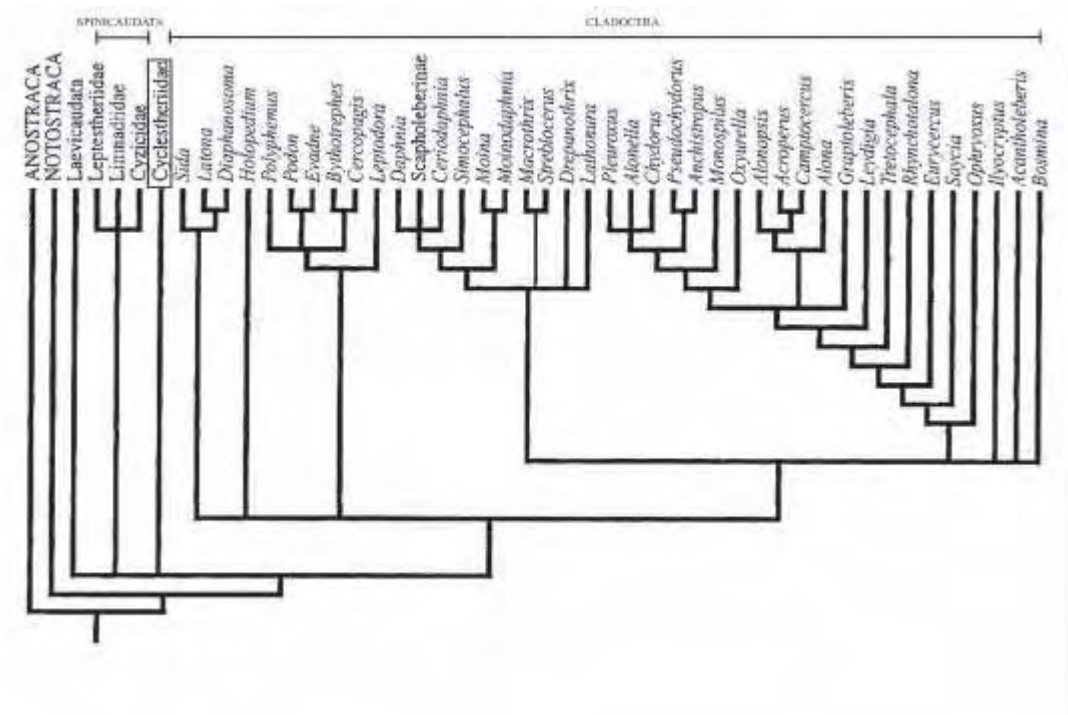


Figura 9 - Árvore filogenética proposta por Olesen (1998).

2.2.2 – Morfologia: Aspectos Gerais

A ordem Diplostraca contém três subordens de branquiópodos lateralmente comprimidos, nos quais o corpo está, pelo menos parcialmente, envolto por uma carapaça bivalve. Crustáceos da subordem Spinicaudata apresentam corpo dividido em cabeça e tronco. Não há separação entre tórax e abdômen. Estes são completamente envoltos por uma carapaça e, externamente, o animal se parece com um pequeno molusco bivalve (Barnes, 1990) (figura 10). Dorsalmente, a carapaça está mais pregueada que articulada e as duas valvas são fechadas por um músculo adutor transversal, não sendo atadas diretamente aos somitos do tronco. Estão presentes 10 a 32 segmentos no tronco, cada qual portando um par de apêndices. O tronco termina em um amplo télson truncado, cuja forma típica possui, na extremidade, um par de espinhos. As segundas antenas são bem desenvolvidas, birremes e possuem cerdas. Os olhos são sésseis. Ocorrem gonóporos no décimo primeiro segmento do tronco (Brusca & Brusca, 1990).

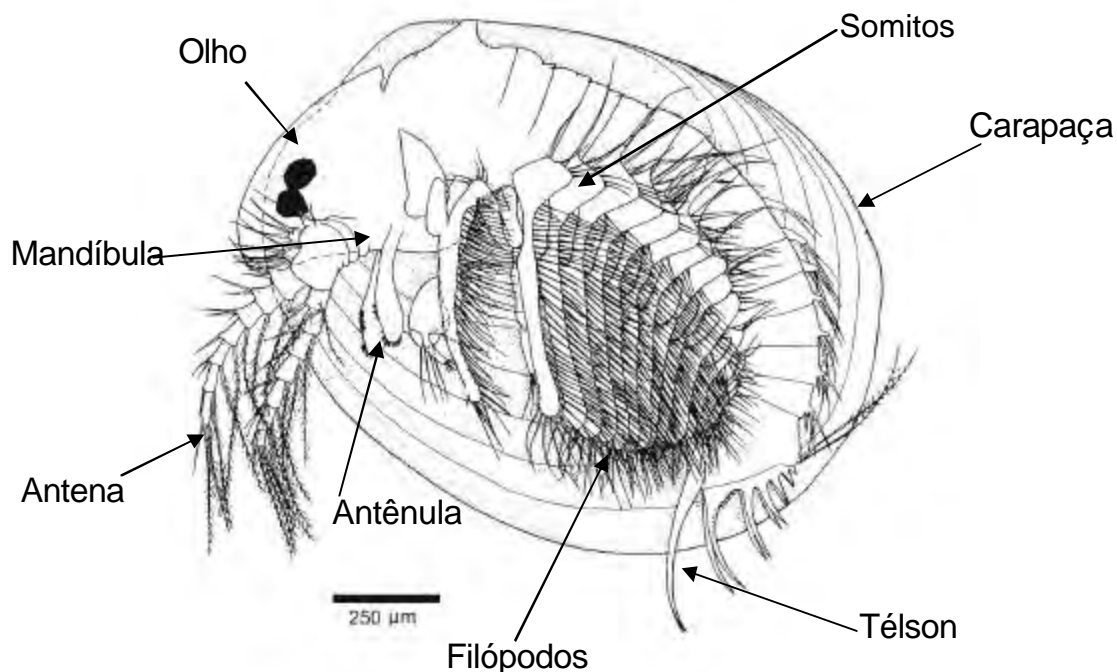


Figura 10 – Morfologia de *Cyclestheria hislopi* Baird (modificado de Olesen et al., 1996).

O contorno das valvas pode ser circular, subcircular, oval ou subquadrado, a charneira pode ser reta ou curvada. O umbo, localizado na porção dorsal das valvas, corresponde à valva embrionária, desenvolvida logo após o estágio larval. O umbo subdivide a margem dorsal em ântero-dorsal e pósterodorsal e geralmente está mais próximo da margem anterior que da posterior. O umbo pode estar situado numa posição subcentral ou entre esta e a região extrema anterior. As feições de superfície das valvas podem ser marcas concêntricas, estrias, costelas e ondulações, além das linhas de crescimento que limitam as bandas acrescentadas a cada ecdise.

Carapaças fossilizadas da subordem Spinicaudata têm sido registradas em estratos a partir do Cambriano Médio (Howell, 1963), porém, Tasch (1969) não mencionou conchostráceos fósseis mais antigos do que do Devoniano. Em alguns registros neopaleozóicos, os conchostráceos aparecem associados a organismos marinhos, enquanto os fósseis de períodos mais recentes parecem evidenciar ambientes semelhantes aos habitados pelas formas modernas.

2.2.3 - Composição da Carapaça

Alguns autores admitem uma constituição carbonática para a carapaça dos conchostráceos antigos (Reible, 1962) ou pelo menos com uma certa porcentagem de carbonato de cálcio (Tasch, 1969) e não uma constituição quitinosa como nos conchostráceos atuais. No caso de conchostráceos fósseis da Formação Rio do Rasto, há exemplos de películas carbonáticas sobrepostas aos moldes (figura 11). Entretanto, tais películas não devem representar as carapaças originais, pois feições externas das valvas aparecem impressas sobre ambas as superfícies. Adicionalmente, nos planos de ocorrência dos conchostráceos podem ser encontradas escamas de peixes com o mesmo tipo de preservação. Portanto, nestes casos, as películas carbonáticas devem representar a precipitação do material no espaço entre os moldes compostos devido à percolação de fluidos saturados em carbonato durante a diagênese (Rohn, 1987).



Figura 11 – Conchostráceo apresentando uma película carbonática sobre o molde.

2.2.4 – Forma das Valvas e Fatores de Variação

Na descrição de valvas de conchostráceos, são importantes a forma do contorno e as dimensões relativas de cada parte. Nas valvas, as margens subdividem-se em:

- anterior;
- posterior;
- dorsal;
- ventral.

As principais dimensões que são medidas nas valvas correspondem ao comprimento (entre as margens anterior e posterior) e à altura (entre as margens dorsal e ventral). Também pode ser medido o ângulo de máximo crescimento das valvas, correspondendo ao ângulo entre a margem dorsal e uma linha entre o umbo e geralmente a margem póstero-ventral. As figuras 12 e 13, de Rohn (1987), resumem as nomenclaturas e medidas.

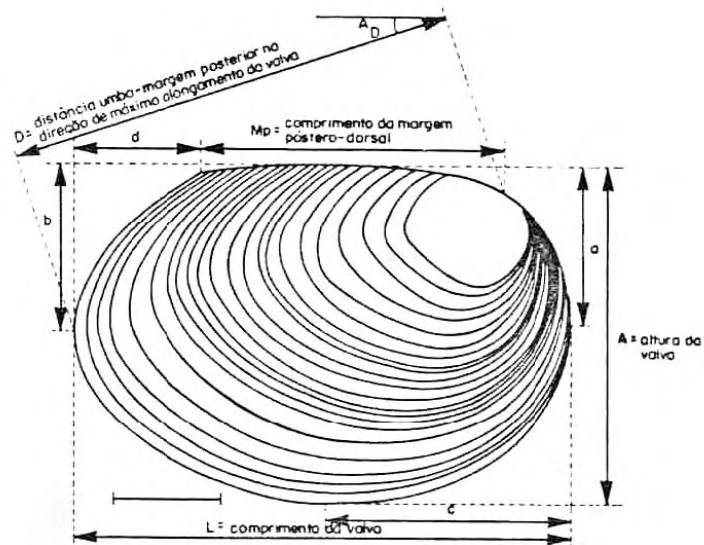


Figura 12 – Medidas das valvas (escala= 1 mm) (Rohn, 1987).

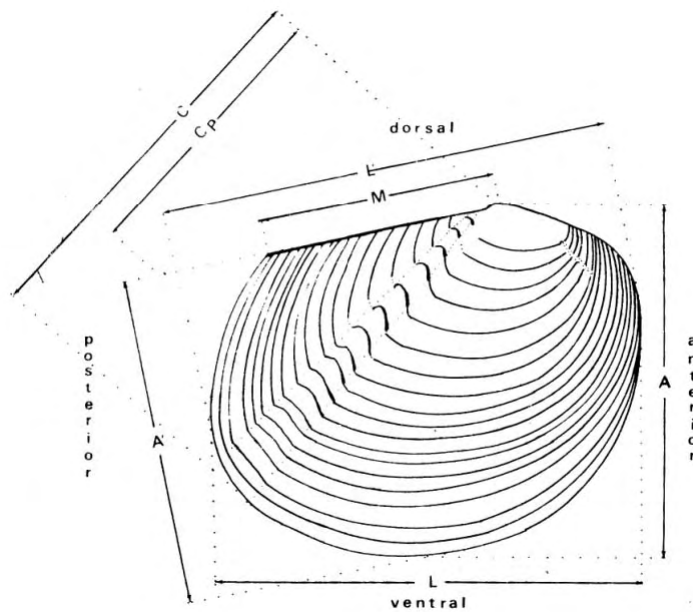


Figura 13 – Regiões da valva (Rohn, 1987)

De acordo com a forma do contorno das valvas, os conchostráceos podem ser classificados como :

- Teliniforme: a margem dorsal passa gradualmente para a margem posterior, originando uma curvatura suave (figura 14).

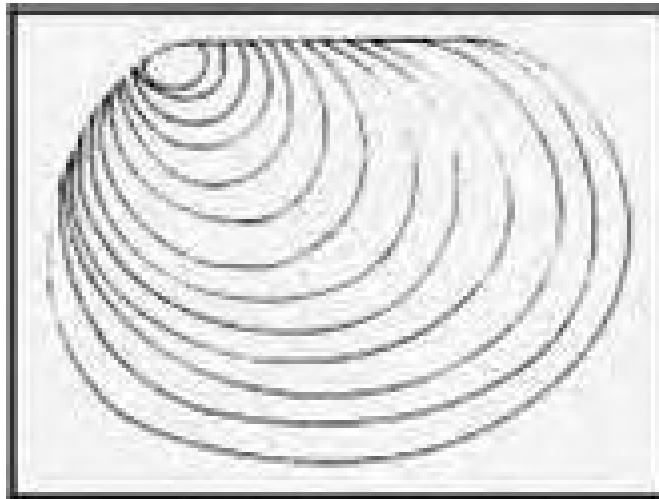


Figura 14 – Valva Teliniforme.

- Cicladiforme: a margem dorsal forma um ângulo obtuso com a margem posterior (figura 15).

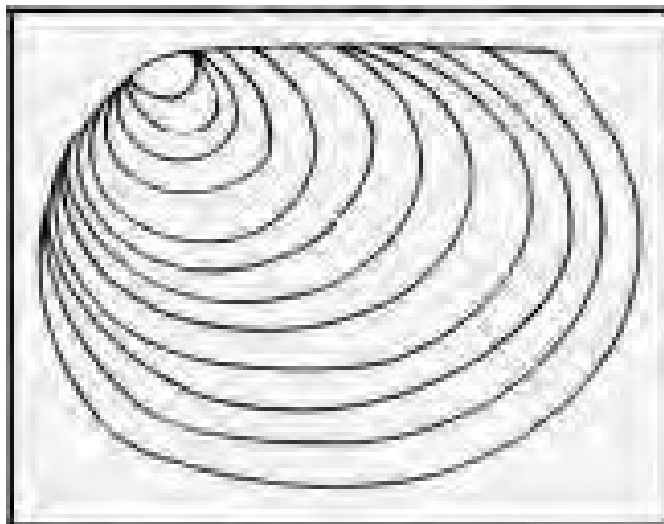


Figura 15 – Valva Cicladiforme.

- Pteriforme: a margem posterior é côncava próximo à margem dorsal (figura 16).

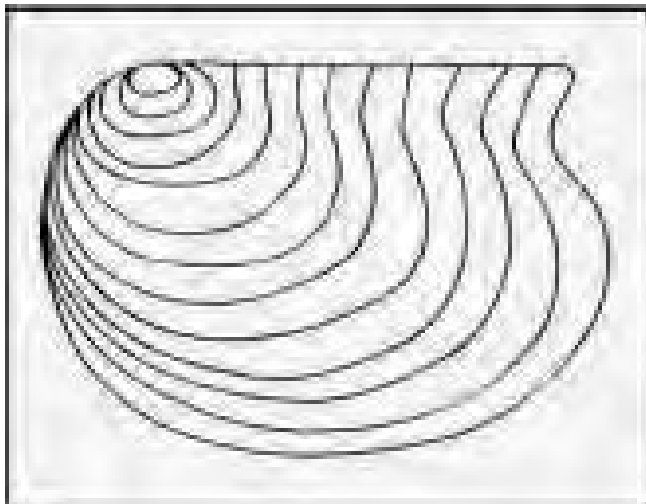


Figura 16 – Valva Pteriforme.

- Biforme: indica dimorfismo sexual; um dos sexos é cicladiforme, o outro é teliniforme.

Dentro da mesma espécie podem ocorrer variações do contorno das valvas. Estas variações intraespecíficas podem induzir a erros no momento da definição de espécies, sem levar em conta variações morfológicas advindas de processos tafonômicos. Em vista destes fatores, a validade de muitas espécies descritas até o presente é duvidosa, ainda mais quando se utilizou um pequeno espaço amostral para a sua definição. Kobayashi (1954) observou que o polimorfismo dos conchostráceos pode ser resultado de vários fatores, como, por exemplo, mutações, dimorfismo sexual, variações de caráter ontogenético, endemismo e deformações causadas por processos tafonômicos. Estas variações induziriam a distorções nas interpretações paleoecológicas, paleobiogeográficas e temporais das faunas de conchostráceos fósseis.

A literatura sobre conchostráceos vivos pouco esclarece sobre as possíveis variações da carapaça numa espécie ou num indivíduo. Os únicos dados sobre mudanças ocorridas em espécimes jovens durante a maturação sexual são de Botnariuc (1947). Contudo, ele utilizou-se apenas de diferenças dos primeiros dois pares de apêndices e em mudanças na aparência da cabeça em machos de *Leptestheria dahalacensis* e *Cyzicus tetracerus*. Várias características anatômicas foram estudadas por Petrov & Marincek (1995), observando-se diferenças intraespecíficas e intersexuais nos diversos estágios de vida. Entre eles, foram estudados: comprimento e largura máximos da carapaça; relação comprimento/largura da carapaça; aparência da cabeça, incluindo-se a forma do rosto e da região occipital; números

de papilas e segmentos; a estrutura dos órgãos sensoriais do primeiro par de antenas; o número total de segmentos do tronco; o número de segmentos no proto, endo e exopodito; no télson, o número e a estrutura dos espinhos na margem dorsal; o número de apêndices em toda a estrutura do primeiro, segundo e terceiro pares nos machos e do primeiro par nas fêmeas. Dentre estas características, somente as que estão relacionadas com a carapaça são interessantes sob um enfoque paleontológico.

Grandes mudanças ocorrem freqüentemente nas carapaças de espécimes senis. Desta forma, espécimes adultos de idades diferentes apresentam diferenças consideráveis: os mais novos são menores e mais altos; os mais velhos têm carapaças grandes e mais baixas (Frank, 1988).

Durante o processo de envelhecimento, a forma da margem dorsal da carapaça também muda; isso é mais bem observado nas fêmeas. Em espécimes jovens a forma da margem dorsal é reta ou levemente arredondada (principalmente em fêmeas). Em espécimes senis, a face dorsal das carapaças é sempre convexa (sobretudo nas fêmeas) (Petrov & Marincek, 1995).

2.2.5 - Linhas e Bandas de Crescimento

Conchostráceos são peculiares e valiosos para paleoecólogos e neoecólogos por fornecerem um registro morfológico de mudas pós-naupliares, ou seja, uma série de linhas de crescimento na carapaça. As linhas de crescimento (figura 17) podem ser numerosas, ultrapassando 40 em algumas espécies. O número de linhas de crescimento está relacionado com a duração individual de vida e a fatores ambientais. O número absoluto de linhas não constitui, por este motivo, um caráter adequado para auxiliar na classificação/identificação dos conchostráceos. Contudo, há certa consistência quanto ao número relativo e a distância entre as linhas de crescimento em cada grupo. Por exemplo, os Cyzicidae (que geralmente apresentam crescimento lento e longo período de vida, e, assim, possuem muitas linhas de crescimento) contrastando com os Limnadiidae (com curto período de vida, rápido crescimento e poucas linhas de crescimento) (Frank, 1988).

Em geral, segundo Bock (1953), podem-se distinguir na carapaça três zonas concêntricas:

- A zona umbonal, apresentando linhas de crescimento em menor número e mais encurvadas;
- Uma zona intermediária com intervalos maiores entre as linhas de crescimento;
- Uma zona terminal (ou periférica) com as linhas de crescimento muito próximas entre si; o raio da curvatura é maior e o espaçamento entre as linhas diminui significativamente.

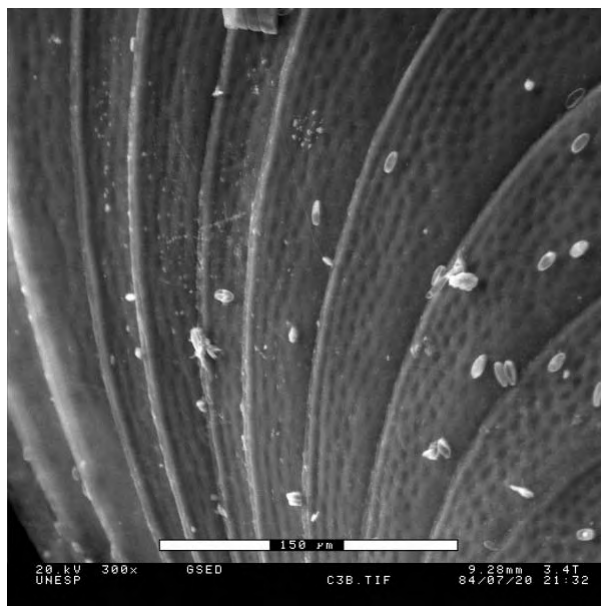


Figura 17 - Detalhe na zona intermediária das linhas de crescimento de *Cyclestheria hislopi* (imagem de MEV).

2.2.6 – Ornamentação

Muitas espécies de conchostráceos apresentam uma delicada trama entre as linhas de crescimento, costumeiramente chamada de ornamentação. A ornamentação das carapaças é originada a partir da camada mais externa de epiderme e pode variar em um mesmo indivíduo, em determinadas espécies ou de acordo com seu desenvolvimento ontogenético. Por este motivo, até algum tempo atrás, a ornamentação era considerada como indicador taxonômico secundário (Tasch, 1964). Alguns autores, porém, utilizam-se da variedade de ornamentações para classificação taxonômica até mesmo no nível de família (e.g., Novozhilov, 1954, Chen & Shen, 1985). Rohn (1987) baseou-se, entre outros caracteres, nas diferenças entre os polígonos nas ornamentações das valvas das espécies *Monoleaia unicostata* para criar as subespécies *M. unicostata micropolygonata* e *M. unicostata timboensis*, destacando a importância do estudo mais detalhado da ornamentação.

Foram apresentados em Kobayashi (1954) 20 padrões diferentes de ornamentação para conchostráceos recentes e quatro para fósseis. Novozhilov (1954) propôs um padrão evolutivo baseado na ornamentação de espécies de conchostráceos, ressaltando sua importância não só taxonômica, mas também evolutiva (figura 18).

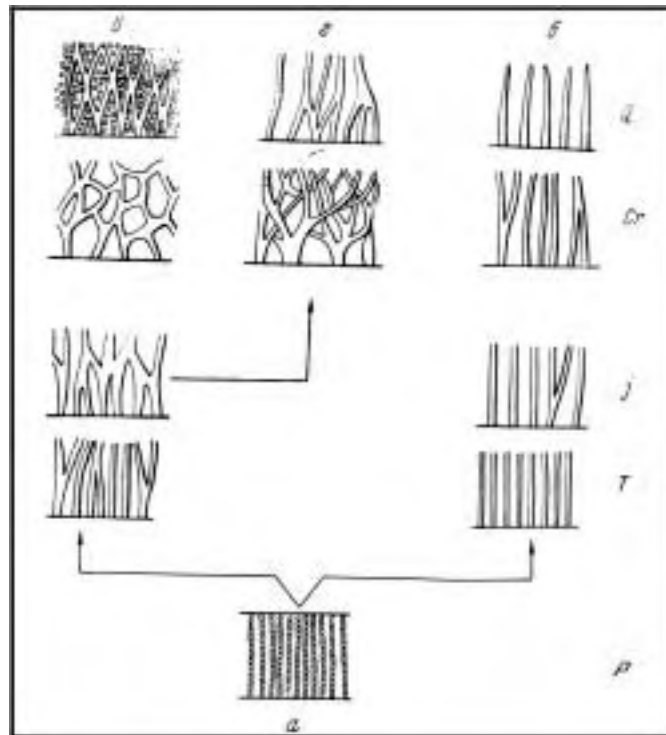


Figura 18 – Proposta de padrão evolutivo baseado na ornamentação (Novozhilov, 1954).

Wang (1989) comentou a evolução da ornamentação em conchostráceos, classificando-a em seis tipos:

- 1) Lisa ou sem ornamentação – é provavelmente o tipo mais primitivo.
- 2) Pontuada, com diâmetros das pontuações menores que 0,01 mm.
- 3) Poligonal, com diâmetros da malha inferiores a 0,02 mm.
- 4) Reticulação média, com diâmetros da malha entre 0,02-0,07 mm.
- 5) Reticulação grande, com diâmetros da malha entre 0,07-0,2 mm ou mais.
- 6) Hachuras radiais, ocorrendo variações quanto à sua espessura e comprimento, em diferentes intervalos, etc.

Ainda segundo Wang (1989), estes tipos de ornamentação que apresentam apenas um padrão podem evoluir para ornamentações complexas resultantes da combinação de dois ou mais padrões simples, podendo ser distinguidos mais seis tipos de ornamentações compostas (figura 19):

- 1) Lisa (na valva superior) – pontuada (valva inferior)
- 2) Pontuada (na valva superior) – hachuras radiais (valva inferior)
- 3) Pontuada (na valva superior) – poligonal (valva inferior)
- 4) Poligonal (na valva superior) – hachuras radiais (valva inferior)
- 5) Reticulação média (na valva superior) – hachuras radiais (valva inferior)
- 6) Reticulação larga (na valva superior) – hachuras radiais (valva inferior)

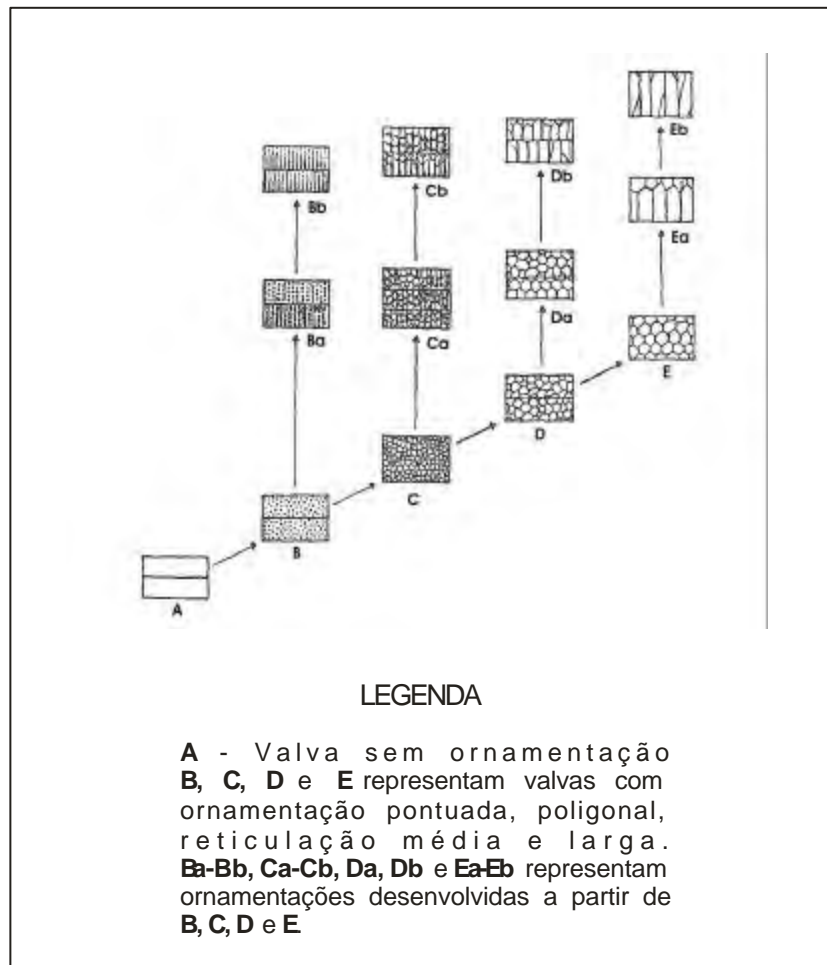


Figura 19 – Modelo de evolução da ornamentação das valvas de conchostráceos
 (Modificado de Wang, 1989).

2.2.7 – Alimentação

Os conchostráceos alimentam-se de fitoplâncton, zooplâncton e detritos orgânicos, sendo filtradores e sedimentófagos. Fazem parte de sua alimentação: algas, bactérias, protozoários, rotíferos e partículas vegetais. A escolha dos alimentos pelos conchostráceos encontra-se diretamente relacionada aos tipos disponíveis no ambiente (Frank, 1988).

Com poucas exceções, os branquiópodos são filtradores e as bordas dos apêndices do tronco estão providas de cerdas finas filtrantes. Nos conchostráceos, apenas os apêndices anteriores do tronco são usados para a filtração e os apêndices posteriores estão modificados e são utilizados como mandíbulas para triturar partículas grandes (Barnes, 1990).

Royan (1976) estudou o conteúdo do tubo digestivo de *Leptestheriella maduraiensis* Nayar & Nayar e constatou que esta espécie é filtradora de detritos e algas (tabela 1).

<i>Conteúdo do tubo digestivo</i>	<i>Porcentagem</i>
Algas (cianofíceas, bacilariofíceas e clorofíceas)	48,9 %
Detritos	38,6 %
Zooplâncton (protozoários e rotíferos)	11,1 %
Apêndices de artrópodes e rotíferos.	1,4 %

Tabela 1 – Conteúdo do tubo digestivo de *Leptestheriella maduraiensis* (Royan, 1976).

A disponibilidade de alimento parece ter relação direta com o crescimento dos conchostráceos. Pai (1959) observou que o crescimento relativo de espécimes de *Cyzicus* sp. é acelerado quando aumenta a disponibilidade de diatomáceas e protozoários para as larvas. Cannon (1924) observou no estudo dos gêneros *Leptestheria* e *Cyzicus* que a abundância relativa de bactérias e protozoários que fazem parte de sua alimentação controla o número de conchostráceos que chegam à maturidade.

Os conchostráceos são bem sucedidos em comparação a diversos outros organismos pelo fato de se alimentarem de uma grande variedade de detritos e organismos, pois assim conseguem alimentos em qualquer estação nos ambientes efêmeros que costumeiramente habitam.

2.2.8 – Reprodução

Os conchostráceos podem ser ovíparos ou ovovivíparos, podendo apresentar no último caso a partenogênese.

O modo reprodutivo no grupo como um todo varia e nem sempre as proporções entre machos e fêmeas nas populações são iguais (Strenth, 1977). Paul e Nayar (1977) relataram uma população de *Cyclestheria hislopi* sem registro de machos, o que é a situação mais comum para esta espécie.

Os conchostráceos incubam seus ovos abaixo da parte dorsal da carapaça (figura 20). A quantidade de ovos produzidos varia de um a mais de mil por desova; este número tende a cair com a senilidade (Frank, 1988). Os ovos são esféricos e ornamentados por protuberâncias, tubérculos, pontos e, às vezes, com anéis equatoriais. Normalmente estes ovos possuem cascas espessas de quitina, que proporcionam tolerância a ressecamento intenso e congelamento. Nas cascas há poros que permitem a entrada de oxigênio e uma camada de muco faz com que os ovos não tenham contato entre si (Frank, 1988).

Após serem liberados, os ovos se fixam nos epípoditos dos apêndices abdominais a partir de onde são espalhados quando ocorre nova ecdise. São menores que os ovos dos outros filópodos, alcançando 0,14 mm de diâmetro nos Cyzicidae e 0,18 mm nos Limnadiidae.

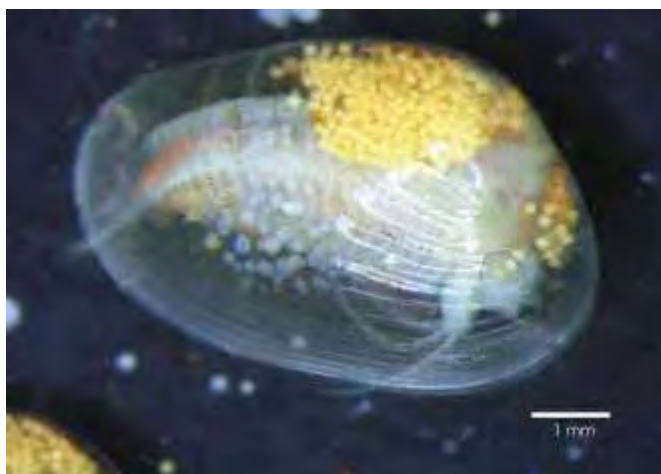


Figura 20 – Fêmea de *Eulimnadia* sp. com ovos na região dorsal.

No caso de espécies ovíparas, quando os ovos já se encontram livres num corpo d'água, a eclosão dos ovos pode ser inibida por (Bishop, 1967):

- Falta de luz;
- Ambientes com pouco oxigênio;
- Baixas temperaturas (menores que 25° C) e altas temperaturas (acima de 35° C);
- Alta salinidade.

Baixas concentrações de oxigênio e escuridão inibem a eclosão de ovos de *Limnadia stanleyana* segundo experimentos de Bishop (1967) e isto é comum para todos os conchostráceos.

O que mantém os ovos depositados na lama de um lago até a eclosão ainda não está claro. Apesar de vários trabalhos comentarem a eclosão dos ovos, nenhum é conclusivo sobre isso. Kelly (1965) revisou este problema há vários anos e depois disso nenhum progresso maior ocorreu. Contudo, as condições de mudança entre um estágio de desenvolvimento para um estágio de pausa variam em diferentes espécies. Os ovos de todas as espécies estudadas podem permanecer viáveis por um período prolongado de seca e anoxia. Mattox (1950) logrou constatar a eclosão de ovos de *C. gynecia* que estavam desidratados por sete anos. Frank (1988) repetiu estas experiências com a mesma espécie. Fechados em tubos de ensaio, eclodiram após 6 anos, mas não após 8 anos.

Em *Caenestheriella setosa*, com uma proporção sexual de 1:1, o acasalamento é freqüentemente observado. Em várias espécies, no entanto, onde há um número muito maior de fêmeas, a copulação é raramente vista e os ovos são freqüentemente partenogênicos, ou pelo menos uniparentais. Isto pode ser observado na espécie *C. gynecia*, na qual os machos não existem.

A espécie *Eulimnadia texana* apresenta um raro sistema de cruzamento conhecido como *androdioecia*, onde populações consistem de machos e hermafroditas; os hermafroditas podem acasalar com machos ou se autofecundarem, mas não podem cruzar com outros hermafroditas. Há dois tipos de hermafroditas morfologicamente indistinguíveis: quando isolados, um deles produz apenas descendentes hermafroditas (monogênico), enquanto outro tipo produz hermafroditas e machos na proporção de 3:1 (anfigênico) (Sassaman & Weeks, 1993, *apud* Marcus & Weeks, 1997).

2.2.9 – Locomoção

A maioria das espécies de conchostráceos é bentônica, mas alguns nadam ou rastejam no fundo. São nadadores lentos, o que diminui sua defesa contra possíveis predadores (Tasch, 1969). Podem, também, usar do artifício de escavarem o substrato e enterrarem-se na lama, para descansar ou proteger de predadores (Webb, 1979). Após a eclosão, os náuplios (figura 21) são geralmente fototáteis positivos e, somente depois de alguns períodos, durante os quais a carapaça se forma e cresce e a motilidade muda, os animais adotam um modo mais sedentário de vida, típico dos adultos de várias espécies. Ao contrário dos limnadídeos, os quais passam a maior parte da vida nadando, os cizicídeos comumente se enterram na lama superficial de um lago e então se tornam sedentários por períodos prolongados, filtrando

alimentos com seus apêndices voltados para cima e interrompendo a alimentação por fechamento súbito da sua carapaça quando são perturbados. Ocasionalmente eles aram a superfície da lama com a face dorsal voltada para cima (Frank, 1988). Outras espécies deslocam-se sobre o substrato, deixando pistas no fundo argiloso, deslocando o sedimento para trás com o auxílio dos apêndices pares.

Algumas espécies escavam o substrato e permanecem sedentárias por grandes períodos, enquanto se alimentam por filtração.

A maioria das espécies locomove-se com a face ventral para baixo, porém, outras locomovem-se com a face ventral voltada para cima. Cessando o movimento de remo das antenas, o animal cai para o lado (Frank, 1988).



Figura 21– Náuplios de *Eulimnadia* sp.

2.2.10- Predação e Parasitismo

Os conchostráceos são alvos de predação por parte de peixes, larvas de insetos e notóstracos. São pouco tolerantes à predação, o que faz com que sobrevivam preferencialmente em habitats onde os riscos são menores ou ausentes. Rzóska (1961) citou a predação de conchostráceos por aves ribeirinhas em poças d'água nas margens do rio Nilo, no Sudão.

Quanto a parasitismo, os conchostráceos são vítimas de protozoários ciliados que parasitam a sua carapaça. Parasitas produzem galerias e perfurações nas carapaças, por onde entram, além de usarem a carapaça como substrato para sua fixação. Logo após a morte, a parte mole dos conchostráceos serve de alimento para nematóides necrófagos (figura 22).



Figura 22 – Nematóide necrófago alimentando-se de um conchostráceo morto.

2.2.11 – Senilidade

É possível identificar um indivíduo senil numa população ou amostra fóssil observando-se alguns fatores, como, por exemplo, a grande proximidade entre as linhas de crescimento adjacentes na periferia da valva e espaços interlinhas irregulares. Com a senilidade, os indivíduos param de crescer, cessando assim as ecdises, diminuem sua atividade e aumentam-se os danos às carapaças, télsons e antenas (Bishop, 1968).

Conchostráceos vivos em lagos de pequeno volume apresentam, em média, menos tempo disponível para o desenvolvimento do que os que vivem em grandes lagos ou locais chuvosos.

2.3 - ASPECTOS ECOLÓGICOS E ZOOGEográfICOS

2.3.1 – Habitat e Etologia

Os conchostráceos ocorrem em fácies não marinhas desde o Devoniano até o Recente. Eles habitam pequenos corpos de água doce a oligo-halinos, rasos, com menos de um metro de profundidade, planícies costeiras, pântanos, fontes, lagos de tundras e cavernas, pequenos lagos permanentes e lagunas próximas da costa (Webb, 1979, Chen & Hudson, 1991) (figura 23).

Tasch (1962, 1969) afirmou que os conchostráceos apenas viveriam em poças e corpos d'água temporários, e chegou a relacionar o número de linhas de crescimento com o número de dias em que o corpo d'água teria perdurado antes do ressecamento. Estimando-se o intervalo de tempo entre as ecdises e contando-se o número de linhas de crescimento, seria possível calcular a duração de um corpo d'água.

As águas onde os conchostráceos habitam podem ser claras ou lamosas, com vegetação ou não. O pH da água normalmente varia do neutro (pH = 7,0) a alcalino (pH = 9,7), ocasionalmente ligeiramente ácido (pH = 6,0) (Paul & Nayar, 1977). Tasch & Zimmerman (1961) observaram que, em aquários, os conchostráceos migraram para as porções superiores da água quando o fundo lamoso se tornou ácido.

Espécies atuais estão geralmente confinadas a pequenos corpos de água doce temporários, mas com pH básico e baixa salinidade. Mckenzie (1981) apontou a salinidade máxima da água para a sobrevivência dos conchostráceos atuais como sendo da ordem de 3,2 ppm.



Figura 23- Local de coleta de conchostráceos atuais, em Baja Califórnia, México (Wetzer, 2002).

Os ambientes onde vivem os conchostráceos atuais podem ser subdivididos em três tipos de acordo com a persistência dos corpos d'água e da predação por peixes (adaptado de Olsen, 1984):

a) Depressões, poças d'água:

Ambientes efêmeros que secam, no mínimo, uma vez por ano. São valas normalmente pequenas, onde não há predadores (figura 24).



Figura 24 – Poça d'água efêmera, sem predadores, onde se encontram conchostráceos atuais (Wetzer, 2002).

b) Corpos d'água permanentes sem peixes predadores (lagos) (figura 25).



Figura 25 – Lago onde se encontram conchostráceos atuais (Wetzer, 2002).

c) Lagos perenes com porções densamente vegetadas (figura 26).

Os conchostráceos protegem-se de predadores escondendo-se na vegetação submersa e flutuante.



Figura 26 – Lago densamente vegetado onde se encontram conchostráceos atuais (Wetzer, 2000).

2.3.2 - Distribuição Geográfica

Os conchostráceos vivos são cosmopolitas, principalmente distribuídos nas zonas temperadas e tropicais. A família Cyclestheriidae somente aparece nos trópicos e subtropicais.

Há registros de ocorrência de diversas famílias de conchostráceos no Brasil. Da Família Cyzidae, *Cyzicus brasiliensis* Baird, *C. dallazi* Baird e *C. jonesi* Baird foram descritos para o Brasil. Da Família Cyclestheridae, *Cyclestheria hislopi* Baird foi registrada na represa de Curuá-Una em Santarém, Estado do Pará (Ferreira, 1984). Organismos pertencentes a este grupo têm sido observados também nas canaletas que abastecem os tanques de piscicultura do Centro de Pesquisa e Treinamento em Aqüicultura (CEPTA), em Pirassununga, Estado de São Paulo e nas lagoas marginais do rio Moji-Guaçu, na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio (Rocha & Güntzel, 2001).

Da Família Limnadiidae, *Eulimnadia brasiliensis* Sars é a única espécie registrada até o momento. *Eulimnadia* sp. foi recentemente encontrada nas lagoas temporárias de interdunas nos Lençóis Maranhenses (Rocha *et al.*, 1998). Em um trabalho de campo realizado no decorrer da presente pesquisa, logrou-se encontrar duas espécies distintas de *Eulimnadia* na região de Nova Lima, Estado de Minas Gerais, porém ainda será feita a identificação específica destes exemplares.

Em regiões sub-áridas, os conchostráceos viventes freqüentemente são mais comuns e têm sido registrados em todos os continentes, menos na Antártica. Brtek (1977) registrou seis espécies na Tchecoslováquia e Mattox (1959) forneceu uma chave para 27 espécies nos Estados Unidos; uma única espécie foi registrada no Subártico (Bartonek & Murdy, 1970).

Algumas espécies são endêmicas, como *Eulimnadia oryzae* (Mattox, 1954) ou *Caenestheriella gynecia* (Mattox, 1950), restritas a pequenos lagos ou pequenas depressões. Outras espécies têm distribuição global, como *Cyclestheria hislopi*. Uma espécie européia foi encontrada na ilha mediterrânea de Mallorca (Espanha), *Lepthesteria dalahacensis* Mayol, 1975.

Conchostráceos fósseis são encontrados em todo o mundo. *Leaia* e *Lioestheria* são registrados junto a elementos da Flora *Glossopteris* do Permiano da Antártica (Tasch, 1965). No Paleozóico e no Triássico da Europa, os conchostráceos são encontrados em maior quantidade do que no Jurássico e Cretáceo. De outro modo, na Ásia, os conchostráceos fósseis floresceram no Mesozóico. Leaídeos foram encontrados na América do Norte, Europa, Ásia Central, Sibéria, África do Sul, América do Sul, Austrália e Antártica. Na China, eles foram encontrados em sedimentos desde o Devoniano Médio e Superior até o Permiano Superior (Chen & Shen, 1985).

2.3.3 - Clima e Temperatura da Água

Os Branchiopoda são muito sensíveis a diversos fatores ecológicos. Entre os conchostráceos, são encontrados indivíduos euritérmicos (sobrevivendo a temperaturas variando entre 1° e 41° C) e estenotérmicos. A maioria das espécies viventes é encontrada nas regiões temperadas quentes, a temperaturas entre 20° e 30° C. A temperatura é, certamente, um dos fatores limitantes e decisivos para o desenvolvimento e controle de várias espécies de conchostráceos.

Atualmente, encontra-se grande variedade de espécies de conchostráceos nas bacias hidrográficas interiores, o que permite inferir que um clima continental seria mais favorável a eles do que um clima oceânico (Carvalho, 1993).

O clima, atuando sobre a duração dos lagos temporários, interfere também na duração do tempo de vida de algumas espécies, que sobrevivem o mesmo tempo que duram estes lagos (Tasch & Zimmerman, 1962).

A temperatura também limita a eclosão dos ovos. Pesquisas feitas com espécies atuais mostraram que os ovos eclodiram apenas após a água de um pequeno lago temporário alcançar uma temperatura mínima, de 7,5° C para *Limnadia stanleyana* (Bishop, 1968) e de 13° C para *Caenestheriella gynecia* (Mattox & Velardo, 1950).

2.3.4 - Fatores Limitantes do Crescimento

Após a eclosão dos náuplios, os conchostráceos podem crescer rapidamente e alcançar o estágio de reprodução em poucos dias. Isso geralmente ocorre com as espécies que habitam poças d'água sujeitas a ressecamento (Tasch & Zimmerman, 1962).

O tamanho médio dos conchostráceos viventes varia de milímetros a alguns poucos centímetros. Os cizicídeos têm período de desenvolvimento mais longo e a duração de vida maior que os limnadiídeos. Isto significa que, num lago contendo limnadiídeos e cizicídeos, os primeiros podem rapidamente atingir um pico e então morrer, enquanto que os últimos atingem o pico de biomassa posteriormente e mantêm sua população por um tempo maior (Frank, 1988).

Um fator que poderia estar relacionado ao tamanho dos conchostráceos, segundo Kobayashi (1954) seria a temperatura da água, sendo tanto maior o tamanho quanto mais altas as temperaturas. Porém, Rohn (1990) observa que não são encontrados exemplares de grandes dimensões na Formação Rio do Rasto, apesar da deposição nesta formação ter ocorrido sob condições relativamente quentes, o que leva a crer que outros fatores também influenciam no crescimento.

2.3.5 – Substrato

Geralmente, os conchostráceos são encontrados junto a substratos argilosos ou associados a certos vegetais aquáticos, que são usados como substrato.

As atividades de escavação e filtração nos cizicídeos podem produzir uma turbidez suficiente para que seja possível distinguir os lagos nos quais eles estão presentes dos que não possuem cizicídeos. A turbulência causada na água por algumas espécies de conchostráceos parece ser causada para colocar partículas alimentares em suspensão e filtrá-las em seguida (Frank, 1988).

Artigo 1 – Submetido ao *Journal of South American Earth Sciences***Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata (Capitanian) of the Paraná Basin, Brazil: Chronostratigraphic and paleobiogeographic implications****Luis Gustavo Ferreira-Oliveira¹ & Rosemarie Rohn²***UNESP – Rio Claro, Universidade Estadual Paulista**C.P. 178, 13506-900, Rio Claro-SP, Brazil**1- PhD's grant by CNPq; lgfo@rc.unesp.br; 2- rohn@rc.unesp.br***Abstract**

Conchostracan fossils are abundant and relatively diversified in the Rio do Rasto Formation (Passa Dois Group, Paraná Basin, southern Brazil), but leaiids (*Leaia pruvosti* Reed, 1929) were previously found at only one locality of the formation in the northern Santa Catarina State. New specimens of the Family Leaiidae, collected from two outcrops in central Paraná State near the top of the formation, stimulated a revision of related taxa. Both the new and the previously known leaiids are herein assigned to *Hemicycloleaia mitchelli* (Etheridge, 1892) based on the presence of three carinae and subovate shape. This species was originally recorded in the upper Tatarian (~upper Capitanian, Middle Permian) of Sydney Basin, eastern Australia and therefore corroborates the interpretation that the leaiid bearing strata of the Rio do Rasto Formation cannot be younger than Permian. *H. mitchelli* possibly was one of the most widespread, eurytopic and conservative Late Paleozoic conchostracans of Gondwana (although records from Africa, India and Antarctica must still be confirmed) and it was also found in the Tatarian of Russia. The sudden disappearance of leaiids after their apparent success reinforces the hypothesis about the biotic crisis around the Permo-Triassic boundary.

Keywords: Conchostracans, leaiids, Permian, Paraná Basin, Brazil, paleobiogeography, chronostratigraphy.

Resumo

Conchostráceos fósseis são abundantes e relativamente diversificados na Formação Rio do Rasto (Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, sul do Brasil), porém leaiídeos (*Leaia pruvosti* Reed, 1929) foram anteriormente encontrados numa única localidade da formação no norte do Estado de Santa Catarina. Novos espécimes da Família Leaiidae, coletados em dois afloramentos no centro do Estado do Paraná, próximo ao topo da formação, estimularam a revisão dos táxons relacionados. Os novos leaiídeos e os previamente conhecidos são aqui classificados como *Hemicycloleaia mitchelli* (Etheridge, 1892) de acordo com a presença de três carenas e a forma suboval das carapaças. Esta espécie era anteriormente conhecida no Tatariano superior (~Capitaniano superior, Permiano Médio) da Bacia de Sydney, Austrália oriental, e corrobora a interpretação de que os estratos com leaiídeos da Formação Rio do Rasto não podem ser mais jovens que o Permiano. *H. mitchelli* possivelmente foi um dos conchostráceos melhor distribuídos, mais euritópicos e conservadores do final do Paleozóico do Gondwana (apesar que registros da África, Índia e Antártica ainda precisem ser confirmados), acrescentando-se ocorrências no Tatariano da Rússia. O súbito desaparecimento dos leaiídeos após seu aparente sucesso reforça a hipótese sobre uma crise biótica próximo ao limite permo-triássico.

Palavras-chave: Conchostráceos, leaiídeos, Permiano, Bacia do Paraná, Brasil, paleobiogeografia, cronoestratigrafia.

1. Introduction

Conchostracans are small bivalve crustaceans with chitinous carapaces and extant species live in fresh water bodies or exceptionally in hyposaline waters (Timms and Richter, 2002). The leaiids are easily distinguished from other conchostracans by the presence of two radial carinae and possibly a dorsal carina (Jones and Chen, 2000).

Only the uppermost unit of the thick Permo-Carboniferous succession of the Paraná Basin (southern Brazil), ie the Rio do Rasto Formation of the Passa Dois Group, contains sediments of unequivocal continental origin and abundant fossil conchostracans (Figure 1). Reed (1929) described leaiids in a single sample from Poço Preto Municipality (north of Santa Catarina State; Figure 2), which were described and named *Leaia pruvosti* Reed, 1929 and interpreted as Permian in age. Since then, many conchostracans (e.g., '*Monoleaia*' *unicostata*, '*Paranaleaia*', '*Gabonestheria*', '*Cyzicus*', '*Asmussia*', *Palaeolimnadiopsis*, '*Palaeolimnadia*') have been found in at least 192 outcrops of the Rio do Rasto Formation (Mendes, 1954; Rohn, 1987; 1994; Tasch, 1987), but no other authentic leaiid was found. For this reason Rohn (1994) questioned the source of the sample studied by Reed (1929) and suggested it may have been collected from another basin, considering he has not collected the fossils personally.

In a recent field-trip two complete samples of leaiids were found in two outcrops in the centre of the Paraná State (Figure 2). These findings led to a detailed study of the Family Leaiidae and, for comparisons with the new leaiids, the holotype of *Leaia pruvosti* was re-studied in detail.

The Family Leaiidae occurs widespread in Middle Devonian to Upper Permian deposits. Besides Brazil, leaiids were recorded in Australia (Etheridge, 1892;

Mitchell, 1925; Tasch, 1979, 1987; Tasch and Jones, 1979; Jones and Chen, 2000), Argentina (Leguizamón, 1974), South Africa (Barnard, 1931), Zimbabwe (Bond, 1955), India (Ghosh et al., 1987), Antarctica (Doumani and Tasch, 1965), China (Shen, 1983, 1984; Chen and Shen, 1985), United States (Raymond, 1946; Petzold and Lane, 1988), Canada (Copeland, 1957), Siberia (Novojilov, 1952, 1954, 1956), France, Germany, Belgium, England and Scotland (cited in Raymond, 1946). The wide distribution of these nonmarine Paleozoic fossils is important for paleogeographical and chronostratigraphical discussions.

2. Geology and location of the outcrops

The Rio do Rasto Formation is the uppermost unit of the Passa Dois Group and is subdivided into the Serrinha and Morro Pelado members (Figure 1). The Morro Pelado Member, 250 meters thick, is characterized by red mudstones, rhytmities and relatively fine-grained sandstones. Many lobed sandstones are interpreted as mouth bars of ephemeral rivers in shallow lakes or crevasse splay deposits. Typical fluvial channel deposits are rare on account of widespread dry conditions (Rohn, 1994). Eolian dune sandstone intercalations increase towards the top of the Morro Pelado Member. The recorded fossils are mainly low diversified plants, rare bivalve molluscs, fish remains, rare tetrapods, as well as the relatively abundant and diversified conchostracans.

One of the controversial points about the sedimentary successions of the Paraná Basin refers to their ages. Both Milani et al. (1994) and França et al. (1995), based on possibly not well interpreted palynostratigraphical data of the Itararé, Guatá and lower Passa Dois groups (Figure 1), allow an Early or even Late Triassic age for the Rio do Rasto Formation. The deposition of this predominantly red colored

formation, in which palynomorphs are not preserved, must have lasted a relatively long period of time, considering its large thickness and the probable low sedimentation rate in the epicratonic Paraná Basin. However, the entire depositional time span is thought to be restricted to the Permian for the following reasons:

(i) Tetrapods from the upper portion of the Rio do Rasto Formation in the Cadeado Range (State of Paraná) and in Aceguá Municipality (Rio Grande do Sul State) have been correlated to forms from the Karoo Basin that are considered of Tatarian age (Langer, 2000).

(ii) Cisneros et al. (2005) interpreted the dinocephalians and pareiasaurids from the Rio do Rasto Formation in Aceguá and Posto Queimado municipalities (Rio Grande do Sul State) as being strongly correlated to the Guadalupian *Tapinocephalus* Assemblage Zone from South Africa even though some possibly archegosaurid related amphibians from Aceguá may be still older.

(iii) Glossopterids, sphenophytes and ferns are consistent with Middle to Late Permian elements of the *Glossopteris* Flora of other regions (Rohn and Rösler, 2000).

(iv) Petalodont sharks found in the Corumbataí Formation have typical Paleozoic characters (Toledo and Bertini, 2005).

(v) Mesosaurs of the lowermost Passa Dois Group are of Artinskian age (Oelofsen and Araújo, 1983) - much older than the Kazanian to Tatarian age allowed by the palynostratigraphy (Daemon and Quadros, 1970; Daemon et al., 1996).

It is opportune to remark that until recently the Permian was divided into the “Lower/Early Permian” and the “Upper/Late Permian”, where the Tatarian was traditionally considered as the last stage/age of the Permian. However, since 1997 new names and boundary levels for series and stages were approved by the Permian Subcommittee of ICS (Jin Yugan et al., 1997). According of Wardlaw et al. (2004),

the Tatarian of the Russian Platform now corresponds to the upper Wordian Stage/Age and the Capitanian Stage/Age of the Guadalupian Series/Epoch ie Middle Permian. For that reason, the Rio do Rasto Formation may be equivalent to the Guadalupian (=Middle Permian), probably Wordian-Capitanian. The new Geologic Time Scale (Wardlaw et al., 2004) implies in further chronostratigraphic/age modifications of many other continental sedimentary successions of Gondwana that previously were considered as “Upper” Permian and now should be “Middle” Permian.

The best preserved new leaiid specimen of the Rio do Rasto Formation was found in a farm next to the PR 239 highway at its km 81.5, some 35.4 km from Cândido de Abreu Town and 41.5 km from Reserva Town, Paraná State (UTM 22J 490.22/7272.78; “Outcrop 1” on Figure 2). The outcrop is in a grazing-field, and consists of less than 30 cm red colored mudstones. The other new leaiid sample was collected on the margin of the PR 487 highway, 13.9-14.2 km from Cândido de Abreu Town, Paraná State (UTM 22J 376.04/7273.98; “Outcrop 2” on Figure 2), also in red mudstones, at the top of a thick succession of meter scale mudstones and fine sandstones including at least four eolian dune beds (Figure 3). The studied outcrops are slightly above a breccia level that probably corresponds to an intraformational unconformity, at the highest part of the Rio do Rasto Formation in the region.

3. Material and methods

The fossils studied in this paper are housed in the Institute of Geosciences and Exact Sciences of the São Paulo State University - UNESP - in Rio Claro, São Paulo State (numbers prefixed by “URC AC”), and in the “Departamento Nacional da Produção Mineral” – DNPM – in Rio de Janeiro (numbers prefixed by “DNPM”).

They are preserved as flat external molds on red mudstones. The fossils were analysed under low-angle, unilateral light and stereomicroscope (up to 100x magnification). Scanning electron microscopy (SEM) of the conchostracan molds, done at the Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, yielded useful morphological information, but proved unsuccessful for specimen URC AC 193, which has indistinct growth lines.

4. Systematic Paleontology

Order **Conchostraca** Sars, 1867

Suborder **Leaiina** Kobayashi, 1972

Superfamily **Leaioidea** Raymond, 1946

Family **Leaiidae** Raymond, 1946

Genus ***Hemicycloleaia*** Raymond, 1946

Type species: *Hemicycloleaia laevis* Raymond, 1946: 286 (by original designation); Upper Pennsylvanian, Conemaugh Series (Missourian) shale above lower Mahoning Sandstone, Conemaugh, Pennsylvania, USA (Jones and Chen, 2000).

Diagnosis (according to Jones and Chen, 2000): Leaiidae with elliptical, semicircular, subquadrate or ovate carapace, bearing two radial carinae; a third carina may be present along the dorsal margin.

Range: Middle Devonian to Upper Permian (Jones and Chen, 2000).

Geographic distribution: Europe, Asia, Africa, South and North America, Australia and Antarctica (Jones and Chen, 2000).

Hemicycloleaia mitchelli (Etheridge, 1892) emend.

Figures 4 A-H

Synonymy: listed in Jones and Chen (2000) with the following additional taxa (all of which concern the fossils first described by Reed, 1929):

1929 *Leaia pruvosti* Reed, p. 8-11, pl. 20, figs. 12,13.

1954 *Leaia pruvosti* Reed; Mendes, p. 162-163, pl. 13, fig. 8.

1987 *Leaia (Hemicycloleaia) pruvosti* Reed; Tasch, p. 110, pl. 33, fig. 8.

Holotype, type locality and stratigraphy: *Leaia mitchelli* Etheridge, Australian Museum, Sydney, F 25429, Chert Quarry near Belmont, NSW, Upper Permian Boolaroo Formation, Sydney Basin.

Studied samples, locality and stratigraphy:

URC AC 192 from “Outcrop 1” at 35.4 km from Cândido de Abreu Town and 41.5 km from Reserva Town, Paraná State, in a farm adjoining the PR 239 road, km 81.5 roadmark (UTM 22J 490.22/7272.78), upper portion of the Morro Pelado Member, Rio do Rasto Formation.

URC AC 193 from “Outcrop 2” on the margin of the PR 487 road, at 13.9-14.2 km from Cândido de Abreu Town, Paraná State (UTM 22J 376.04/7273.98), upper part of the Morro Pelado Member, Rio do Rasto Formation.

DNPM 1492 from Poço Preto Municipality, Santa Catarina State, “in red mudstones of the Iguassú River, in the Valões township” (*sic*) (Reed, 1929), in fact at the BR 280 road (between Poço Preto and Porto União), 200 m eastwards from the Timbó River, near to the confluence with the Iguaçú River, upper part of the Morro Pelado Member, Rio do Rasto Formation.

Emended Diagnosis: Carapace moderate to large in size and subovate in outline. Umbo small or moderate in size. Anterior radial carina straight to slightly arcuate, posterior radial carina long and straight, both reaching to or near the ventral margin of the valve. Dorsal margin thickened into a third carina. Two main radial carinae emerged from one point or from slightly separate points on the umbo according to preservation. Growth bands broad, flattened, 10–20 in number.

Description: The URC AC 192 specimen is the best preserved leaiid of the studied material and corresponds to an external flat mold of a left valve. The valve is subovate, 11 mm long and 9 mm high, height/length ratio of 0.82. The ventral margin is arched. The dorsal margin continues gradually to the anterior margin and forms an obtuse angle with the posterior margin. The umbo is small and located in an extreme anterior position. There are two straight carinae, which start apparently at an only point of the umbo and touch the ventral margin. The carinae emergence point is extrapolated because the umbo is not entirely preserved. The angle between the anterior carina and the dorsal margin (α) is of 80° , the angle between the posterior carina and the dorsal margin (β) is of 30° . The SEM images of the anterior carina (external mold) show that it is a strong rounded strip 0.2 mm wide (Figure 4D). The dorsal margin is straight and thick and corresponds to a third carina (Figure 4C). The specimen possesses 20 growth lines, the first one occurs near to the beak. The spacing between the growth lines is relatively uniform - up to 0.7 mm in the postero-ventral region and smaller in the anterior region of the valve. No ornamentation is observed on the growth bands.

The URC AC 193 specimen is a very weakly marked external flat mold, with an almost smooth surface, but apparently presents the same morphological characteristics. The main dimensions are: 4.9 mm high and 6.0 mm long, height/length ratio of 0.83, the angle between the anterior carina and the dorsal margin (α) is of 81° , the angle between the posterior carina and the dorsal margin (β) is of 30° . This specimen possesses 12 growth lines.

The two specimens previously classified as '*Leaia pruvosti*' (DNPM 1492) are flat compound molds of left valves (Figures 4F-H). Reed (1929) presented the following description: "Semioval valve, narrowing posteriorly, highest in middle. Anterior end broadly rounded or subtruncate; posterior end narrower, more sharply rounded. Ventral margin strongly arched, forming a continuous curve with posterior margin to meet dorsal edge at an obtuse angle; dorsal edge long, straight, rather less than length of valve; dorsal posterior angle not produced, obtuse, slightly rounded. Umbo low, inconspicuous, subanterior. Surface of valves flattened, ornamented with 12-18 narrow, sharply raised, widely spaced, equidistant concentric lines curving forwards behind to meet dorsal edge at about 120° , and crossed by two strong narrow raised radial ribs (carinae) running from the beak to the margins, diverging at about 45° and swelling up into scabrous imbrications, where crossed by the concentric lines; the anterior rib is nearly vertical, slightly concave forwards, the posterior rib is straight, and oblique, making an angle of about 30° with the dorsal edge and meeting the lower part of the posterior end of the valve. In the interspaces between the concentric lines there is a minute granulation of the surface. The concentric lines tend to be weaker or obsolete above the posterior radial rib." In addition, it is possible to observe that one of the specimens presents a thickened dorsal margin to form a carina (Figure 4H). It is about 8.5 mm long and higher than 6.0 mm (height/length > 0.71) and with $\alpha = 80^\circ$ and

$\beta=30^\circ$. The posterior carina is slightly curved due to deformation. The other specimen (Figure 4G) is damaged at the dorsal region. Its anterior carina is slightly curved. Very faint nodes are developed where growth lines meet the posterior straight carina. Neither specimens possesses preserved ornamentation on growth bands.

Discussion: According to Jones and Chen (2000), the Family Leaiidae is composed of three genera: *Leaia*, *Hemicycloleaia* and *Acantholeaia*. The third genus must be excluded from Conchostraca, because it is a very small bivalve mollusc, which will be described elsewhere.

Jones (1862) proposed the genus *Leaia* for bicarinate conchostracans and Raymond (1946) redefined this taxon to include only those forms with sub-rectangular carapaces. He placed the other forms, with semicircular to subquadrangular outline, in a new genus, *Hemicycloleaia* Raymond, 1946. However, this author did not take into consideration Upper Permian leaiids from New South Wales, described by Etheridge (1892) and Mitchell (1925), which have great shape ranges, from straight to very convex ventral margins. Novojilov (1952, 1954, 1956) erected several additional genera of leaiids. Dechaseaux (1953) proposed that *Hemicycloleaia* should rank as a subgenus of *Leaia*. Kobayashi (1954) considered *Hemicycloleaia* synonym of *Leaia* because of the wide variations of these genera with regard to carapace outline and its height-length proportion. Bond (1955) drew attention to the poor defined criteria for distinguishing *Leaia* from *Hemicycloleaia*, but followed Raymond (1946) in the classification of African leaiids. Tasch (1969) regarded *Hemicycloleaia* in synonymy with *Leaia*, but later he separated these conchostracans as follows (Tasch, 1979 in Tasch and Jones, 1979; 1987): *Leaia* (*Leaia*) would include rectangular, subquadrate to subelliptical leaiids; *Leaia*

(*Hemicycloleaia*) would correspond to bicarinate to tricarinate leaiids with circular to ovate configuration.

The most complete and recent discussion about leaiids was presented by Jones and Chen (2000). They confined *Leaia* to those species with a rectangular carapace, bearing two radial carinae; *Hemicycloleaia* corresponds to Leaiidae with elliptical, semicircular, subquadrate or ovate carapace, bearing two radial carinae, but a third carina may be present along the dorsal margin. Therefore, all leaiids with a third carina should be included in *Hemicycloleaia*. Jones and Chen (2000) revised several leaiid species and provided a long synonymy list for this genus (including many genera erected by Novojilov, 1952, 1954, 1956, Kobayashi, 1954 and other authors).

The leaiids from the Paraná Basin described herein and the two specimens of '*Leaia pruvosti*' Reed, 1929 clearly correspond to *Hemicycloleaia* because of the subovate outline and the presence of the third carina formed by the thickened dorsal margin (Figures 4C, E, H). Bond (1955) had previously commented that the Brazilian leaiids should be placed in *Hemicycloleaia*, but he based this supposition on Raymond's (1946) diagnostic criteria and did not mention the third carina. Tasch (1987) listed one of the Brazilian leaiids as '*Leaia (Hemicycloleaia) pruvosti* Reed', without comments about its morphology or third carina.

At the species level, the classification of leaiids is more problematic. Leguizamón (1974) proposed that *Leaia* species may be distinguished according to the angle between the dorsal margin and the posterior carina (β) and the angle between the dorsal margin and the anterior carina (α). However, these angles may vary in proportion to taphonomic factors (e.g., deformation of the carapaces) and the intraspecific angle ranges of leaiids sometimes seem to be greater than the apparent angle differences between two species. The distance between the emergence points of

carinae on the umbo, their shape (straight to curved carinae) and their persistence from the umbo to the ventral margin also may change according to the compactation of the sediments and the original position of the carapaces in the matrix before the diagenesis.

The leaiids of the Rio do Rasto Formation appear indistinguishable from *H. mitchelli* (Etheridge, 1892) from the upper Tatarian (~Capitanian) of Australia (Boolaroo Formation, Newcastle Coal Measures), redescribed by Jones and Chen (2000). They were readily identified by their similar subovate outline, straight dorsal margin and anterior umbo, in addition to the three carinae. Their numeric values also are similar, but some Brazilian specimens are larger than those from Australia (respectively, length= 6-9 mm vs 4.2-8.0 mm; height= 5-9 mm vs 3.0-5.8 mm, height/length of well preserved specimens= 0.82-0.83 vs 0.71; α = 80-81° vs 80°; β = 30° vs 35°; number of growth lines=12-20 vs 10-17; data of the Australian specimens according to Jones and Chen, 2000 or measurements based on photos presented by these authors). Differences between the Brazilian and Australian specimens, as the greater proximity of the main carinae on the umbo and the less curved anterior carina, were probably caused by taphonomic factors. The two Brazilian specimens previously placed in '*Leaia pruvosti*' (Figures 4F-H), corroborate this conclusion because they differ from one another in these characters. Therefore, minor modifications are proposed for the diagnosis of the species presented by Jones and Chen (2000), including a wider range of possibilities as straight to curved anterior carinae and the presence of one to two slightly separate emergence points of the main carinae on the umbo.

It is necessary to clarify that the epithet '*pruvosti*', firstly used by Reed (1929) for the leaiids of the Rio do Rasto Formation, was unintentionally chosen by

Raymond (1946) for completely distinct leaiids from the Upper Carboniferous of Northwestern France. Such confusion may be partly minimized due to the fact that the name '*Leaia pruvosti*' of the Brazilian leaiids now becomes a junior synonym of *H. mitchelli*'.

In the Paraná Basin, the only other record of leaiids is from an Upper Carboniferous interglacial coally interval of the Itararé Group (Millan, 1972, pl. 1, figs. 4-5). However, these conchostracans were not formally described, the available photos are small and the specimens could not be found in the paleontological collection informed by Millan (1972). Although the data are not sufficient for effective comparisons, *H. mitchelli* from the Upper Permian of the Paraná Basin seems to be relatively similar to the Upper Carboniferous specimens.

Leaia leanzai Leguizamón, 1974 is an additional leaiid species reported in South America. It was found in the Lower Permian of the Paganzo Basin, Argentina (Leguizamón, 1974). *Hemicycloleaia mitchelli* seems to be very close to *Leaia leanzai* in general shape, size, height/length relation, carinae emergence point, carinae ending at the ventral margin, number of growth lines, as well as the carinae angles (the Brazilian specimens have slightly smaller α and β angles). According to one drawing of *L. leanzai* presented by Leguizamón (1974, fig. A, page 361), the dorsal margin is thickened into a third carina, but the photos are not clear enough to confirm this character. The species from Argentina probably corresponds to *Hemicycloleaia* and perhaps it may be placed into synonymy of *H. mitchelli*, although its age is relatively older.

Hemicycloleaia mitchelli is very similar to *Hemicycloleaia sessami* Bond, 1955 from the Permian Madumabisa Shales in the Middle Zambesi region, Zimbabwe (in deposits of the *Cistecephalus* tetrapod Zone, equivalent to the Middle Permian in

the new Geologic Time Scale, Wardlaw et al., 2004). Both have suboval valves, convex ventral border and straight thickened hinge line. Although taphonomic processes may control some characters, the two species are also similar in the single emergence point of the carinae on the umbo, their extension to the ventral margin and the possible curvature of the anterior carina. Considering that their dimension ranges and α and β values are also very close, there is no real reason for maintaining them as separate species. However, the provided figures in Bond (1955) are not clear enough to include formally *H. sessami* in *H. mitchelli*. Bond (1955) also proposed another species, from a slightly higher stratigraphic level of the Madumabisa Shales, designated as *Hemicycloleaia sengwensis*, but its umbo apparently occurs in a more central position and the respective figure is not sufficient for effective comparisons of further details.

'*Leaia*' was briefly described, without illustrations, by Barnard (1931) for the "Upper" Permian Beaufort Group in South Africa (perhaps Middle Permian according to the new Geologic Time Scale, Wardlaw et al., 2004). Bond (1955) and Tasch (1987), who cited this occurrence, commented that the specimens probably were lost.

H. mitchelli is distinct from *Leaia (Hemicycloleaia) cradockensis* Tasch, 1987 found in the Middle Beaufort Group in South Africa because of its more suboval outline and anterior umbo. It is remarkable that this African species has carinae which look like taphomically formed folds and not true radial ribs. Tasch (1987) commented that the age of this African species may be Early Triassic, what represents an additional argument against its identification among leaiids.

The "Upper" (perhaps Middle) Permian leaiids from Antarctica described by Doumani and Tasch (1965) and Tasch (1987) were described and figured without the

accuracy necessary for precise comparisons. However, their inclusion in *H. mitchelli* cannot be ruled out.

Leaiids occur in three stratigraphic intervals of India, from the Lower to the Upper Permian (Ghosh et al., 1987). '*Leaia (Hemicycloleaia)* sp.' was found in an "Upper" (or Middle) Permian strata that was tentatively placed at the top of Middle Pali Formation, which corresponds to the uppermost member of Raniganj Formation (Ghosh et al., 1987). *H. mitchelli* is relatively similar to one of these figured specimens (Ghosh et al., 1987, pl.1, fig.5) in shape and carinae angles, but it has a more subovate (not subcircular) outline than another figured specimen (Ghosh et al., 1987, pl.1, fig. 7). It was not possible to access the descriptions of these conchostracans, but their illustrations are sufficient to interpret that the paleogeographic range of *H. mitchelli* probably also includes the Indian Gondwana.

H. mitchelli from Brazil and Australia is also similar to additional "Upper" (or Middle) Permian and even Carboniferous *Hemicycloleaia* species from Australia. These species and the respective minor differences, observed by Jones and Chen (2000), are following: *H. andersonae* (Tasch, 1979 in Tasch and Jones, 1979) and *H. grantragicus* (Tasch, 1979 in Tasch and Jones, 1979), from the Lower Carboniferous, are generally smaller, have more closely spaced growth lines and the first species is more elliptical than *H. mitchelli*; *H. discoidea* (Mitchell, 1925), from the Boolaroo Formation (where *H. mitchelli* occurs) and from another "Upper" (or Middle) Permian Australian formation, is more subcircular; *H. deflectomarginis* (Tasch, 1979 in Tasch and Jones, 1979), from the "Upper" (or Middle) Permian, apparently do not present a thickened dorsal margin. It may be emphasized that the mentioned Permian Australian species are almost identical, with significative overlap between their morphological ranges. Jones and Chen (2000) suggested that *H.*

mitchelli and *H. discoidea* “might be regarded as dimorphs within a single population”. Perhaps their differences are due to sexual dimorphism.

According to the available literature about extra-Gondwana conchostracans, *H. mitchelli* is further similar to *H. tricarinata* (Meek and Worthen, 1868), from the Upper Carboniferous of the Illinois Basin, in the United States (Petzold and Lane, 1988), *H. sunanensis* Shen, 1984 from the Upper Permian of China (Shen, 1984) and even *H. guangxiensis* Shen, 1978 from the Middle Devonian of South China (Shen, 1983). Jones and Chen (2000) confirmed Novojilov’s (1954, 1965) record of *H. mitchelli* in the Upper Tatarian of the Lower Tungus Basin, Russia. *H. discoidea* possibly also occurs in the same stratigraphic interval (Jones and Chen, 2000).

Ornamentation on growth bands was seldom cited by the authors who described leaiids. For example, Jones and Chen (2000) did not include this information in their description of *Hemicycloleaia mitchelli* from Australia. *Hemicycloleaia sunanensis* Shen, 1984 from the Upper Permian of China and *H. sengwensis* Bond, 1955 from the “Upper” (or Middle) Permian of Zimbabwe are rare records of leaiids with ornamentation; both present irregular horizontal polygons. According to Shen Yan-Bin (written comm., 2005), reticulate ornamentation may be observed in various leaiids of Russia, such as in *Hemicycloleaia asiatica* (Novojilov, 1956, p.25, fig.15), *Hemicycloleaia ingens* (Novojilov, 1956, p. 43, fig.29), and *Rostroleaia kazachorum* (Novojilov, 1956, p.47, fig. 33), amongst others. He informed that the ornamentation of the Devonian leaiids of China can not be seen, due to the not well preservation of these fossils.

Reed (1929) mentioned a granular ornamentation for ‘*Leaia pruvosti*’, but the surface of the growth bands, in reality, is not well preserved. At the three outcrops of the Paraná Basin where the analysed conchostracans were collected, the *H. mitchelli*

specimens are preserved as molds that show a relatively smooth whitish surface in contrast to the red matrix of the mudstones (Figures 4, A, C, F-H). It is interesting to note that molds of *Palaeolimnadiopsis* from the same fossiliferous levels present a similar loss of colour due to differential weathering. However, some other associated conchostracans (e.g., '*Monoleaia*') show a well preserved polygonal ornamentation and not a whitish surface. The distinct pattern observed on *Hemicycloleaia* and *Palaeolimnadiopsis* possibly resulted from an ornamentation which enhanced fluid percolation, perhaps a relatively thick but weak ornamentation. However, this observation is insufficient to enhance the diagnosis of *H. mitchelli*.

5. Paleoecologic, Paleobiogeographic and Paleoclimatic analysis

The Rio do Rasto Formation (Passa Dois Group) represents the final stage of the continentalization that occurred in the Paraná Basin region during the Permian. The abrupt appearance of conchostracans at the base of this formation corroborate the interpretation that the freshwater proportion in the sedimentary environment increased significantly. Amongst the conchostracans found, '*Monoleaia*' *unicostata* is one of the most abundant species and with the largest vertical range (Rohn, 1987, 1994).

Close to the top of the formation, where alluvial and/or ephemeral lake deposits are intercalated with eolian dune deposits, there is a relatively thin interval (?40 m) characterized by the presence of *Palaeolimnadiopsis* and a higher diversity of species (*Palaeolimnadiopsis subalata*, *Palaeolimnadiopsis* sp., '*Monoleaia*' *unicostata*, '*Asmussia*' *regularis*, *Paranaleaia supina*; Rohn, 1987, 1994; Rohn and Rösler, 1990) in addition to *Hemicycloleaia mitchelli*. All species of the Rio do Rasto Formation are being revised (Ferreira-Oliveira and Rohn, in preparation).

There are discussions about the age of the formation, but a growing number of paleobiological, stratigraphic and geochronological information indicate that the outcropping deposits must be of Kazanian-Tatarian age, that is, Wordian-Capitanian age of the Guadalupian Epoch or Middle Permian (according to the Geologic Time Scale 2004, Wardlaw et al., 2004).

In Australia, the occurrences of *H. mitchelli* (Etheridge, 1892) in the Sydney and Bowen basins are limited to the upper Tatarian (Jones and Chen, 2000), ie upper part of the Capitanian Stage, Middle Permian (Wardlaw et al., 2004). Jones and Chen (2000) determined this precise chronostratigraphic interval, in part, on the basis of correlations of Australian leaioids and estheriids with those from the Lebedevian (=upper Tatarian) of the northern Siberian Platform. The authors commented about the possibility that the Severodvinian (~middle Tatarian) of the Russian Platform may also bear *H. mitchelli*, what would create the expectation to find this species within the Tomago Coal Measures, below the Newcastle Coal Measures, of a slightly older interval of the Tatarian.

The Tatarian age of *Hemicycloleia mitchelli* in Australia is in agreement with the most accepted age interpretations for the upper Rio do Rasto Formation. Although it was not possible to confirm if leaiids from Antarctica (Doumani and Tasch, 1965), South Africa (Barnard, 1931), Zimbabwe (Bond, 1955) and India (Ghosh et al., 1987) may be further included in this species, their age (probably late Middle Permian) is consistent with such interpretation.

Jones and Chen (2000) commented that one hypothesis about the apparent distribution of *H. mitchelli* and other species in the Siberian Platform, perhaps Russian Platform and eastern Australia is that they could have been, in reality, distinct taxa, but presented ecophenotypically similar carapace morphology in response to

bipolar distribution of cool waters in the Middle-Late Permian. Alternatively, the conchostracans were conspecific in the Northern and Southern Hemispheres and dispersed between Siberia and eastern Australia via China (Jones and Chen, 2000). The hypothesis of wide geographic dispersion seems to be more consistent. *H. mitchelli* certainly was not restricted to cool waters because it also occurs in the Rio do Rasto Formation, which evidences hot and relatively dry climates in the Paraná Basin region. Although distinct paleogeographic reconstructions of the eastern Pangea for the Late Paleozoic (e.g., Metcalfe, 1996; Scotese et al., 1999) do not support direct continental links between Gondwana, China and Siberia, the paleobiogeographic resolution of some fossil taxa is apparently underestimated. For example, several Gondwanan Permo-Triassic tetrapods, mainly those from South Africa, show close phylogenetic affinities to Russian and Chinese forms (Hancox and Rubidge, 2001; Lucas, 2004; Surkov and Benton, 2004). The leaiids found in the Southern and Northern Hemispheres did not necessarily had a dispersion route through the Australian region; for example, the north African region is another possibility.

The great similarity between many species of *Hemicycloleia* found in the Devonian, Carboniferous or Permian in the Northern Hemisphere and in Gondwana indicates a very conservative morphology (see “Discussion” above). The fact that *Hemicycloleia* species from several basins probably lived under distinct climatic conditions indicates that these conchostracans were relatively eurytopic. The eurytopic character is coherent with the long morphological stability of the genus. Other genera and species found in the Upper Permian of the Paraná Basin apparently did not correspond to so conservative lineages, neither had so a wide paleogeographic distribution. They probably were better adapted to semiarid to arid climates, which prevailed in the Western Gondwana.

In the Carboniferous and in the Early Permian certainly occurred discrete dispersion events of leaiids in Gondwana and in the Northern Hemisphere. However, a long time gap separated these older forms and the appearance of *H. mitchelli*. Considering that this species occurs only in the upper part of the Rio do Rasto Formation (and even so very rarely), while other conchostracans are found since the base of the formation, one can ask for the reason of its small stratigraphic distribution and small representativity. A similar question may arise concerning the Permian successions of eastern Australia, where *H. mitchelli* has a relatively small vertical range. One possibility is that a small *Hemicycloleia* population, restricted to a region during a long time, was only allowed to begin a rapid dispersion during the Tatarian (~ Capitanian), after the disappearance of the barriers which hindered earlier widespread populations. The global sea level fall, general climate warming and continentalization of the basins may have contributed for the dispersion.

Taking into account that *Hemicycloleia* was a relatively eurytopic and conservative genus, widely distributed in Gondwana and in some regions of the Northern Hemisphere, its total disappearance at the end of the Permian is an intriguing fact. This extinction, as well as that of the whole Leaiioidea Superfamily, corroborates the hypothesis that both marine and continental organisms were badly affected at the end of the Paleozoic. The conchostracans that appeared in the Triassic were very distinct.

6. Conclusions

According to the classification criteria of leaiids established by Jones and Chen (2000), the tricarinate conchostracans from the upper Rio do Rasto Formation in the central region of the Paraná State, Paraná Basin, correspond to *Hemicycloleia mitchelli*. This classification extends beyond the specimens from the same

stratigraphic interval collected in Santa Catarina State, previously classified as *Leaia pruvosti* by Reed (1929).

H. mitchelli is a new evidence of the Permian age of the upper part of the Rio do Rasto Formation because it allows correlation with upper Tatarian (~Capitanian) Australian deposits (Jones and Chen, 2000).

H. mitchelli was apparently the only conchostracan species that had a great geographic distribution in Gondwana and in the Northern Hemisphere during the Middle Permian. Other genera found in the Rio do Rasto Formation apparently were not so successfully dispersed throughout the supercontinent, probably because they had lower environmental elasticity and were better adapted to the relatively dry climates of the Western Gondwana. The disappearance of all leaiids at the end of the Paleozoic, e.g. the relatively conservative and eurytopic *Hemicycloleia* species, is significant for interpretations of the Permian-Triassic extinction event.

Acknowledgements

We thank Thiago Meghioratti and Luis Fernando M. Montano (respectively master's and undergraduate students - UNESP) for their help during field works, Dr. Rita de Cássia Cassab (DNPM) for providing access to the type-material of '*Leaia pruvosti*' housed in the Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), and Howard-Peter Kombrink Davies for the revision of the English. The research was funded, in part, by CNPq, PRH-05 (ANP) and FAPESP (05/55027-4) grants. We also thank the reviewers P.J. Jones, Shen Yan-Bin and an anonymous person for their important comments about the manuscript.

References

-
- Barnard, K. H., 1931. A Revision of South African Branchiopoda (Phyllopoda).
Annals of the South African Museum 29, 1-256.
- Bond, G., 1955. The Madumabisa (Karro) shales in the middle Zambesi region.
Proceedings of the Geological Society of South Africa 58, 72-99, pls. 9-14.
- Chen, P.J., Shen Y.B., 1985. An Introduction to Fossil Conchostraca. Science Press,
Beijing, pp. 1-241, 26 pls. (In Chinese, English abstract).
- Cisneros, J.C., Abdala, F., Malabarba, M.C., 2005. Pareiasaurids from the Rio do
Rasto formation, Southern Brazil: biostratigraphic implications for Permian faunas
of the Paraná Basin. *Revista Brasileira de Paleontologia* 8 (1), 13-24.
- Copeland, M. J. 1957. The arthropod fauna of the Upper Carboniferous rocks of the
Maritime Province. Geological Survey of Canada, Memorie, 286, 1-110, 21 pls.
- Daemon, R.F., Casaletti, P.L., Ciguel, J.H.G., 1996. Bioestratigrafia da Bacia do
Paraná. In: *Simpósio Sul Americano do Siluro-Devoniano, Estratigrafia e
Paleontologia*, Ponta Grossa, Brasil, 1996. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa,
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Universidade Federal do Paraná, Ponta
Grossa, Anais, pp. 55-100.
- Daemon, R.F., Quadros, L.P., 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do
Paraná. In: *XXIV Congresso Brasileiro de Geologia*, Brasília, 1970. Sociedade
Brasileira de Geologia, Brasília, Anais, pp. 359-412.
- Dechaseaux, C., 1953. Sous-classe des Branchiopodes (Branchiopoda Latreille, 1817).
In: Piveteau, J. (Ed.) *Traite de Paleontologie III*, Masson et Cie, Paris, pp. 257-268.
- Doumani, G.A., Tasch, P., 1965. A Leaiid Conchostracan Zone (Permian) in the Ohio
Range, Horlick Mountains, Antarctica. *Antarctic Research Series* 6, 229-239.
-

-
- Etheridge Jr., R., 1892. On *Leaia mitchelli* Etheridge, Fil., from the Upper Coal Measures of the Newcastle District. Proceedings of the Linnean Society of New South Wales (2nd Series) 7, 307–310.
- França, A.B., Milani, E.J., Schneider, R.L., Lopez P., O., Lopez M., J., Suarez S., R., Santa Ana, H., Wiens, F., Ferreiro, O., Rossello, E.A., Bianucci, H.A., Flores, R.F.A., Vistalli, M.C., Fernandez-Seveso, F., Fuenzalida, R.P., Munoz, N., 1995. Phanerozoic correlation in southern South America. In: Tankard,-A.-J., Suarez-Soruco,-R., Welsink,-H.-J. (Eds.) Petroleum basins of South America, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Memoir 62, pp. 129-161.
- Hancox, P.J., Rubidge, B.S., 2001. Breakthroughs in the biodiversity, biogeography, biostratigraphy, and basin analysis of the Beaufort Group. Journal of African Earth Sciences 33, 563-577.
- Ghosh, S.C, Datta, A., Nandi, A., Mukhopadhyay, S., 1987. Estherid zonation in the Gondwana. Palaeobotanist 36, 143-153.
- Jin Yugan, Wardlaw, B.R., Glenister, B.F., Kotlyar, G.V., 1997. Permian chronostratigraphic subdivisions. Episodes 20 (1), 10-15.
- Jones, P.J., Chen, P.J., 2000. Carboniferous and Permian Leaiioidea (Branchiopoda: Crustacea) from Australia: Taxonomic Revision and Biostratigraphic Implications. Records of the Australian Museum 52, 223-244.
- Jones, T.R., 1862. A monograph of the fossil Estheriae. Palaeontographical Society Monographs, London, pp. 1-134.
- Kobayashi, T., 1954. Fossil Estherians and allied fossils. Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Section 2, 9(1), 1–192.
-

-
- Langer, M.C., 2000. The First Record of Dinocephalians in Southern America: Late Permian (Rio do Rasto Formation) of the Paraná Basin, Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 215(1), 69-95.
- Leguizamón, R.R., 1974. Hallazgo del Genero *Leaia* (Conchostraco) en el Permico Argentino. In: *Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía*, Buenos Aires, Argentina, 1974. Actas, vol. 1, pp. 357-369.
- Lucas, S.G., 2004. A global hiatus in the Middle Permian tetrapod fossil record. *Stratigraphy* 1(1), 47-64.
- Meek, F. B., Worthen, A. H., 1868. *Palaeontology of Illinois*. Illinois Geological Survey, vol. 3, pt. 2, pp. 289-565, pls. 1-20
- Mendes, J.C. 1954. Conchostracos permianos do sul do Brasil. In: LANGE, F.W. (Ed.) *Paleontologia do Paraná, Volume Comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná*, Comissão de Comemoração do Centenário do Paraná, Curitiba, Brasil, pp. 153-164, est. 12-14.
- Metcalf, I., 1996. Pre-Cretaceous evolution of SE Asian terranes. In: Hall, R. , Blundell, D.J. (Eds.) *Tectonic evolution of Southeast Asia*, Geological Society Special Publications, 106, Geological Society of London, London, pp. 97-122.
- Milani, E.J., França, A. B., Schneider, R. L., 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências Petrobrás* 1, 69-82.
- Millan, J.H., 1972. *Macroflórula Carbonífera de Monte Mor, Estado de São Paulo*. Unpublished PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, pp. 1-154.
- Mitchell, J., 1925. Description of new species *Leaia*. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 438-447.
-

-
- Novozhilov, N.I., 1952. Novye rodovye gruppy listonogikh rakoobraznykh semeistva Leaiid. Doklady Akademiya Nauk USSR 85(6), 1368–1372.
- Novozhilov, N.I., 1954. Dvustvorchatye listonogie rakoobraznye— Leaiidy iz Kamennougol'nykh otlozhenii Kazakhstana. Doklady Akademiya Nauk SSSR 96(6), 1241–1244.
- Novozhilov, N.I., 1956. Iskopaemye dvustvorchatye listonogie rakoobraznye Kuznetskogo basseina. Voprosy Geol. Kuzbassa 1, 109-112.
- Novozhilov, N.I., 1965. Novye dvustvorchatye listonogie iz Korvunchanskoi Serii Nizhnei Tunguski [New bivalve phyllopods from the Korvunchan Series of the Lower Tungus]. In: Molin, V.A., Novozhilov, N.I. (Eds.) Dvustvorchatye listonogie Permi i Triasa Severa SSSR, Akademiya Nauk SSSR, Komi Filial Institut Geologii, Izdatel'stvo "Nauka", Leningrad, pp. 45–57.
- Oelofsen, B. W., Araújo, D. C., 1983. Palaecological implications of the distribution of mesosaurid reptiles in the Permian Irati sea (Parana Basin), South America. Revista Brasileira de Geociências 13 (1),1-6.
- Petzold, D.D., Lane, N.G., 1988. Stratigraphic distribution and paleoecology of Pennsylvanian Conchostracans (Crustacea: Branchiopoda) on the east side of the Illinois Basin. Journal of Paleontology 62 (5), 799-808.
- Raymond, P.E., 1946. The genera of fossil Conchostraca—an order of bivalved Crustacea. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology 96(3), 217–307.
- Reed, F.R.C., 1929. Novos Phyllopodos Fósseis do Brasil. Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil 34, 2-16.
- 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.
-

-
- Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Série Científica 18, 27-66.
- Rohn, R., 1994. Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. Unpublished PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1-327.
- Rohn, R., Rösler, O., 2000. Middle to Upper Permian phyt stratigraphy of the Eastern Paraná Basin. *Revista Universidade Guarulhos, Geociências* 5, 69-73.
- Scotese, C.R., Boucot, A.J., McKerrow, W.S., 1999. Gondwanan palaeogeography and palaeoclimatology. *Journal of African Earth Sciences* 28, 99–114.
- Shen, Y.B., 1978. Leaiid conchostracans from the Middle Devonian of South China with notes on their origin, classification and evolution. Paper VIII. In: *Papers for the International Symposium on the Devonian System, Bristol, 1978*. Nanking Institute of Geology and Palaeontology, pp. 9.
- Shen, Y.B., 1983. Restudy of Devonian leaiid conchostracans from Hunan and Guangdong provinces. *Bulletin Nanking Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* 6, 185-207.
- Shen, Y.B., 1984. Occurrence of Permian Leaid Conchostracans in China and its Palaeogeographical significance. *Acta Palaeontologica Sinica* 23(4), 511-512.
- Surkov, M. V., Benton, M. J., 2004. The basicranium of dicynodonts (Synapsida) and its use in phylogenetic analysis. *Palaeontology* 47, 619-638.
- Tasch, P., 1969. Branchiopoda. In: Moore, R.C. (Ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R, Arthropoda* 4(1), Crustacea (Except Ostracoda), Geological Society of America and University of Kansas Presses, New York and Lawrence, pp. 128–191.
-

-
- Tasch, P., 1979. Permian and Triassic Conchostraca from the Bowen Basin (with a note on a Carboniferous leaiid from the Drummond Basin), Queensland. In: Tasch, P., Jones, P.J., Carboniferous, Permian and Triassic conchostracans of Australia: Three new studies. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Australia, Bulletin 185, 31-47.
- Tasch, P., 1987. Fossil Conchostraca of the Southern Hemisphere and continental drift: Paleontology, biostratigraphy, and dispersal. Geological Society of America, Boulder, Memoir 165, pp. 1-290.
- Tasch, P., Jones, P.J., 1979. Carboniferous and Triassic Conchostraca from the Canning Basin, Western Australia. In: Tasch, P., Jones, P.J., Carboniferous, Permian and Triassic conchostracans of Australia: Three new studies. Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Australia, Bulletin 185, 3–20.
- Timms, B.V., Richter, S., 2002. A preliminary analysis of the conchostracans (Crustacea: Spinicaudata and Laevicaudata) of the middle Paroo catchment of the Australian arid-zone. *Hydrobiologia* 486, 239-247.
- Toledo, C.E.V., Bertini, R.J., 2005. Occurrences of the fossil Dipnoiformes in Brazil and its stratigraphic and chronological distributions. *Revista Brasileira de Paleontologia* 8 (1), 47-56.
- Wardlaw, B.R., Davydov, V., Gradstein, F.M., 2004. The Permian Period. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Smith, A.G. (Eds.) *A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 249-270.
-

Figure Captions

Figure 1: Stratigraphy of the Passa Dois Group in the eastern Paraná Basin. Stratigraphic chart according to Wardlaw et al. (2004), except the former stages “Kazanian” and “Tatarian” written in italics. In the upper part of the Morro Pelado Member is indicated the approximate position of the *Hemicycloleaia* occurrences.

Figure 2: Location of the Passa Dois Group outcrop area in the eastern Paraná Basin, southern Brazil, and of the two new occurrences of *Hemicycloleaia* between Cândido de Abreu and Reserva towns, in the Paraná State.

Figure 3: Section of the "Outcrop 2" at 13,9-14,2 km from Cândido de Abreu Town (Paraná State), Morro Pelado Member, upper Rio do Rasto Formation.

Figure 4: *Hemicycloleaia mitchelli* (Etheridge, 1892), from the upper Rio do Rasto Formation. **A-E:** specimen from “Outcrop 1” at 35.4 km from Cândido de Abreu Town, Paraná State (URC AC 192); external mold of a left valve; **A:** incident light photomicrograph; **B:** line drawing; **C:** incident light photomicrograph showing detail of the dorsal and posterior carinae; the umbonal region is slightly damaged; **D:** SEM image showing detail of the anterior carina, the growth bands and no preserved ornamentation; the SEM image was obtained with electron rays from “southeast”, causing inverted relief perception; **E:** SEM image; **F-H:** incident light photomicrographs of specimens from Poço Preto Municipality, Santa Catarina State (DNPM 1492), previously classified as *Leaia pruvosti* Reed, 1929; **F:** compound molds of two left valves; **G:** specimen with more curved anterior carina; **H:** specimen with more curved posterior carina.

MA	SYSTEM	SERIES	STAGE	FORMER SUBDIVISIONS	LITHOSTRATIGRAPHY														
					GR	FORMATION	MEMBER												
251	PERMIAN (pars)	LOPINGIAN (UPPER PERMIAN)	CHANGHS.	?	PASSA DOIS	?	?	?											
255			WUCHIAP.						TATAR.	?	?	?							
260		CAPITAN.	?	?									?	MORRO PELADO					
265		WORDIAN							KAZAN.					?	?	SERRINHA			
270		ROADIAN														KUNGURIAN	?	?	TERESINA
275		CISURALIAN (LOWER PERMIAN; pars)	ARTINSKIAN (pars)						?										?
280																IRATI			

Figure 1: Stratigraphy of the Passa Dois Group in the eastern Paraná Basin. Stratigraphic chart according to Wardlaw et al. (2004), except the former stages “Kazanian” and “Tatarian” written in italics. In the upper part of the Morro Pelado Member is indicated the approximate position of the *Hemicycloleia* occurrences.

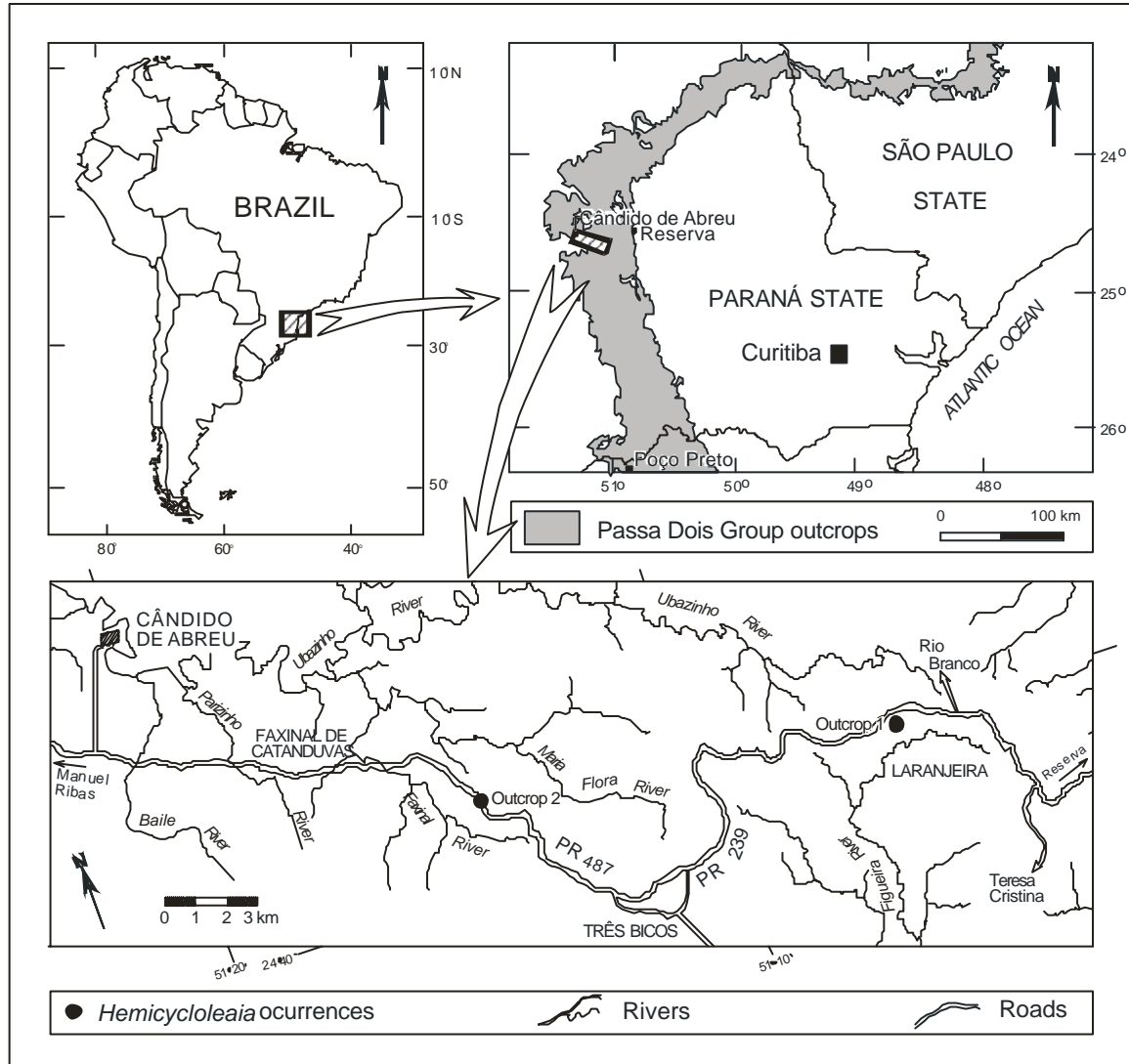


Figure 2: Location of the Passa Dois Group outcrop area in the eastern Paraná Basin, southern Brazil, and of the two new occurrences of *Hemicycloleaia* between Cândido de Abreu and Reserva towns, in the Paraná State.

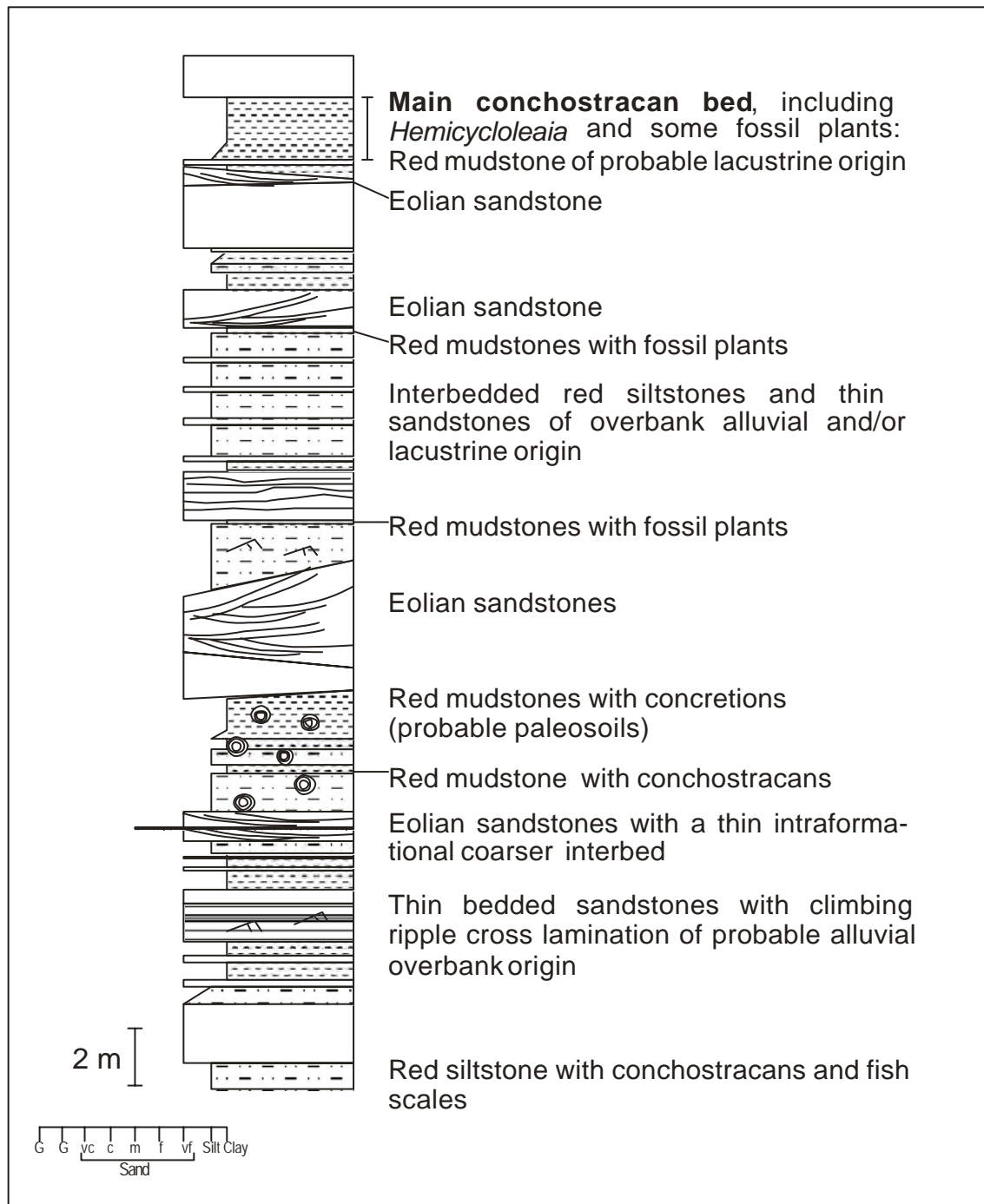


Figure 3 - Section of the "Outcrop 2" at 13,9-14,2 km from Cândido de Abreu Town (Paraná State), Morro Pelado Member, upper Rio do Rasto Formation.

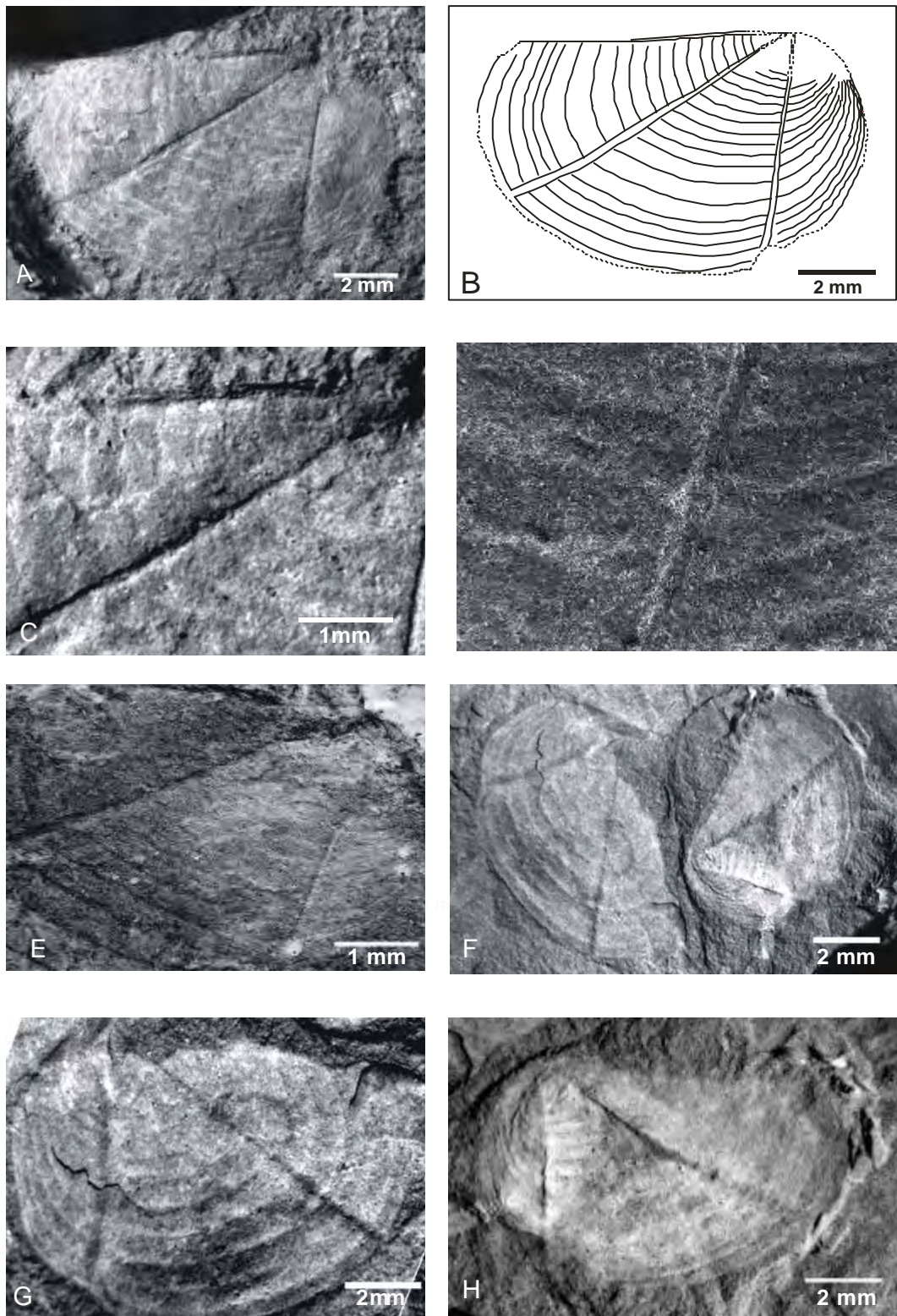


Figure 4

Artigo submetido à Revista Geociências USP Série Científica**Moluscos bivalves anteriormente identificados como conchostráceos das formações Irati, Serra Alta, Teresina e Corumbataí (Bacia do Paraná, Permiano)**

Luis Gustavo FERREIRA-OLIVEIRA

Marcello Guimarães SIMÕES

Rosemarie ROHN

Resumo

Três morfotipos caracterizados por minúsculas valvas preservadas como moldes, encontrados no Grupo Passa Dois (Permiano, Bacia do Paraná), foram anteriormente identificados como conchostráceos. No entanto, estes fósseis, na realidade, são bivalves (Mollusca). Os dois morfotipos originalmente classificados como *Acantholeaia regoi* Almeida, 1950, encontrados nas formações Corumbataí e Teresina do Grupo Passa Dois, correspondem a *Holdhausiella elongata* Mendes, 1952 e *Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952. O terceiro morfotipo, supostamente da Formação Irati, foi primeiramente classificado como *Unicarinatus octavioi* Cardoso, 1965 e mais tarde sinonimizado para *Monoleiolphus* sp. (um típico conchostráceo unicarenado conhecido na Formação Rio do Rasto da Bacia do Paraná e em outras regiões do globo); de acordo com o presente estudo, ele corresponde ao bivalve *Leinzia?* sp. A litologia da respectiva amostra e o local de coleta sugerem correção também na procedência litoestratigráfica, a qual deveria ser a Formação Teresina (e não a Formação Irati). As identificações incorretas dos fósseis influenciaram, em parte, interpretações anteriores do Grupo Passa Dois. Os conchostráceos são crustáceos de água doce e vivem somente em ambientes continentais. Desta forma, a sucessão sedimentar tem sido considerada como absolutamente continental. Entretanto, as formações Corumbataí e Teresina provavelmente foram depositadas num mar interior com salinidades variáveis controladas pelo clima e outros fatores. Os bivalves, embora endêmicos à Bacia do Paraná, coadunam melhor com estas condições ambientais porque seus ancestrais provavelmente foram marinhos.

Palavras-chave: Conchostraca, Bivalvia, Permiano, Bacia do Paraná, Grupo Passa Dois, paleoecologia.

Abstract

Three fossil morphotypes characterized by very small valves preserved as moulds, found in the Passa Dois Group (Permian, Paraná Basin), were previously identified as conchostracans. However, these fossils actually are bivalves (Mollusca). The two morphotypes originally classified as *Acantholeaia regoi* Almeida, 1950, found in the Corumbataí and Teresina formations of the group, correspond to *Holdhausiella elongata* Mendes, 1952 and *Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952. The third morphotype, supposedly from the Irati Formation, was first classified as *Unicarinatus octavioi* Cardoso, 1965 and later synonymized to *Monoleiolphus* sp. (a typical unicarinate conchostracan genus known in the Rio do Rasto Formation of the Paraná Basin and in other regions of the world); according to the present study, it corresponds to the bivalve *Leinzia?* sp. The lithology of the sample and the collecting location suggest correction also of the lithostratigraphic precedence – it should be the Teresina Formation (not the Irati Formation). The mis-identifications of the fossils influenced, in part, previous interpretations of the Passa Dois Group. The conchostracans are fresh water organisms and only live in continental environments. Thus, the sedimentary succession has been considered as absolutely continental. However, the Corumbataí and Teresina formations probably were deposited in an interior sea with variable salinities controlled by climate and other factors. The bivalves, although endemic to the Paraná Basin, match better with these environmental conditions because their ancestors were probably marine.

Keywords: Conchostraca, Bivalvia, Permian, Paraná Basin, Passa Dois Group, paleoecology.

Introdução

Três morfotipos fósseis caracterizados por minúsculas valvas preservadas como moldes, encontrados em depósitos do Grupo Passa Dois (Permiano, Bacia do Paraná), foram originalmente atribuídos a dois gêneros e espécies de conchostráceos (Almeida, 1950; Cardoso, 1965). Na realidade, tais fósseis correspondem a moluscos bivalves.

Runnegar & Newell (1971), numa revisão sobre os moluscos do Grupo Passa Dois, já comentaram o equívoco na identificação de uma das espécies, porém algumas grandes compilações sobre conchostráceos fósseis (e.g., Chen & Shen, 1985; Tasch,

1987) ainda mantiveram a classificação original, apenas divergindo quanto ao posicionamento das espécies nos níveis supragenéricos.

Os diagnósticos incorretos dos fósseis também se refletiram nas interpretações dos paleoambientes das unidades onde foram encontrados. Os conchostráceos são dulçaquícolas - restritos a ambientes continentais, enquanto que os moluscos bivalves podem existir numa variedade maior de ambientes aquáticos. Nas localidades de procedência dos falsos conchostráceos, os paleoambientes provavelmente não apresentavam água doce.

No presente trabalho, são apresentadas reclassificações formais dos jovens moluscos bivalves, incluindo-se uma retificação da procedência litoestratigráfica de um dos exemplares e comentários sobre as implicações paleoecológicas das novas identificações.

Procedência, geologia e outras informações sobre os fósseis.

Todos os fósseis em discussão foram encontrados no Grupo Passa Dois, que se subdivide nas formações Irati e Corumbataí no nordeste e norte da Bacia do Paraná, e nas formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto nos estados sulinos (Schneider et al., 1974). O Grupo Passa Dois tem idade permiana, podendo ter abrangido o final do Artinskiano ao início do Wuchiapingiano.

Os morfotipos classificados como sendo os conchostráceos *Acantholeaia regoi* Almeida, 1950 foram coletados na Formação Corumbataí, nas proximidades de Rio Claro (SP). São moldes achatados em siltitos que possuem uma forte carena (figuras 3-5).

Runnegar & Newell (1971) já apontaram que os fósseis poderiam ser incluídos num gênero de molusco bivalve (*Leinzia*). Ainda assim, sua identificação como conchostráceos foi considerada correta por Chen & Shen (1985) e Tasch (1987).

O reexame de diversos exemplares de “*Acantholeaia regoi* Almeida, 1950” (Coleção DNPM-RJ, N^{os} 4074 a 4077) mostrou que as “linhas de crescimento largamente espaçadas” são, na realidade, cristas da ornamentação e entre essas estão claramente visíveis as verdadeiras linhas de crescimento, que coadunam com as típicas linhas de moluscos bivalves.

Os dois morfotipos anteriormente classificados como *Acantholeaia regoi* são aqui atribuídos a *Holdhausiella elongata* Mendes, 1952 e *Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952.

De acordo com os argumentos apresentados para os fósseis da região de Rio Claro, também não está correto o reconhecimento de *Acantholeaia* cf. *regoi* na Formação Serra Alta (Mendes, 1954a), na rod. Ponta Grossa-Prudentópolis, cerca de 22 km a leste de Prudentópolis (Mendes, 1954b). Este fóssil ocorreria junto com pequenos bivalves identificados como *Maackia* e *Kidodia*? (Mendes, 1954b).

O terceiro morfotipo inicialmente identificado como conchostráceo foi denominado como *Unicarinatus octavioi* Cardoso, 1965. Trata-se de um molde de valvas articuladas abertas, bastante achatadas, com pronunciadas costelas concêntricas e uma carena radial (Coleção DNPM-RJ, N° 4648) (figura 6). O gênero e a espécie foram considerados válidos por Tasch (1987), porém sinonimizados a favor de *Monoleiolphus* sp. por Chen e Shen (1985).

Algumas características permitem descartar rapidamente a sua afinidade aos conchostráceos. As costelas concêntricas foram originalmente consideradas como correspondendo a linhas de crescimento. Contudo, as costelas são ondulações suaves, sem a demarcação de linhas nítidas. Entre as costelas (nas depressões) é possível observar um padrão bem fino de linhas paralelas, como são usualmente as linhas de crescimento dos moluscos bivalves.

Este terceiro morfotipo foi encontrado nas proximidades de Quatiguá (nordeste do Estado do Paraná, fig. 1). Segundo Cardoso (1965), as camadas onde foi encontrado *Unicarinatus octavioi* pertenceriam ao Membro Taquaral da Formação Irati (figura 1) e “... a ocorrência fossilífera situa-se a 700 m além do km 210 da estrada de rodagem Curitiba-Jacarezinho, cerca de 1 km de Quatiguá para Siqueira Campos”.



Figura 1 – Geologia da região nordeste do Estado do Paraná, onde foi encontrado *Unicarinatus octavioi* conforme Cardoso (1965).

Entretanto, a localidade indicada por Cardoso (1965), quando plotada no mapa geológico do DNPM (Aboarrage e Lopes, 1986) (figura 2) situa-se na faixa aflorante da Formação Teresina e não da Formação Irati. A matriz da amostra é um siltito arenoso verde-amarelado que, de fato, não coaduna com as litofácies normalmente observadas na Formação Irati, mas é compatível com aquelas da Formação Teresina. A confusão entre as unidades litoestratigráficas pode ter resultado da complexidade estrutural da região de Quatiguá, onde existem diversas unidades litoestratigráficas lateralmente justapostas devido a grandes falhamentos geológicos.

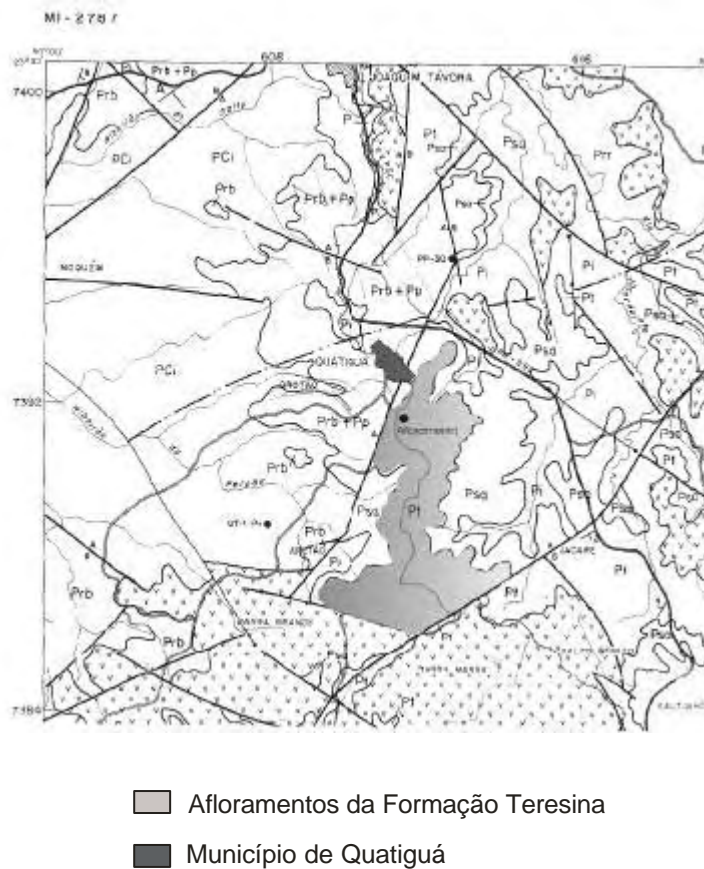


Figura 2 – Mapa geológico da região nordeste do Estado do Paraná (Aboarrage & Lopes, 1986).

Sistemática Paleontológica

SUBCLASSE ANOMALODESMATA

ORDEM PHOLDOMYOIDA

SUPERFAMÍLIA PHOLADOMYACEA Gray, 1847

FAMÍLIA MEGADESMIDAE Vokes, 1967

SUBFAMÍLIA PLESIOCYPRINELLINAE Simões *et al.*, 1997

***Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952**

Figs. 3 e 4

Acantholeia sp. Almeida, 1950 (espécime DNPM-RJ 4076).

Acantholeia regoi Almeida, 1950 (espécime DNPM-RJ 4074).

Descrição: Concha pequena, equivalve, alongada posteriormente; margem anterior ligeiramente expandida, aguda; sulco lateral e carena umbonal bem marcadas. Ligamento externo, opistodético, parivincular. Charneira edentelosa; cicatriz do músculo adutor anterior pequena, profundamente marcada, riniforme. Ornamentação constituída de lamelas concêntricas, irregularmente espaçadas. Em ambas as valvas, ao longo da linha que define a carena e a margem posterior da concha, pequenos “espinhos” são individualmente projetados a partir das lamelas de crescimento. Musculatura posterior desconhecida.

Discussão: Runnegar & Newell (1971) colocaram a espécie *Acantholeia regoi* Almeida, em sinonímia com *Leinzia* Mendes. Esses autores notaram que as conchas atribuídas à espécie de “conchostráceo”, descrita por Almeida (1950), não apresentava as feições diagnósticas das valvas dos artópodes bivalvios (Runnegar & Newell, 1971). De fato, reexaminando material adicional, como os espécimes *Acantholeia* sp. (DNPM 4076) e *Acantholeia regoi* (DNPM 4074), aqui descritos e figurados, mostra que realmente essas conchas correspondem, muito provavelmente, a valvas juvenis de espécies comuns à malacofauna do Grupo Passa Dois. A forma geral da concha do espécime DNPM2 e do espécime 4074 é muito semelhante as da espécie *Holdhausiella elongata*. Em especial, a presença de projeções individuais, a partir da terminação das lamelas de crescimento, à moda de espinhos, é comum nessa espécie, conforme ilustrado em Runnegar & Newell (1971). Do mesmo modo, espécimes pequenos, silicificados e, portanto, bem preservados (sem achatamento lateral), da Formação Corumbataí de Rio Claro, camadas-Ferraz (Mendes, 1952; Simões & Kowalewski, 1998) mostram essa mesma forma e tipo de ornamentação. Em adição, esses espécimes apresentam

cicatrizes musculares anteriores e charneira típicas dos Megadesmidae (vide Runnegar & Newell, 1971 e Simões *et al.*, 1997). O espécime DNPM 4076 é semelhante ao exemplar H, de *Holdhausiella elongata*, figurado em Runnegar & Newell (1971), porém o forte achatamento lateral desse, assim como do espécime DNPM 4074, impede, de momento, uma comparação morfológica mais precisa.



Fig. 3: *Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952, anteriormente classificado como *Acantholeaia regoi* Almeida, 1950 (coleção DNPM- J, N^o 4074)



Fig. 4: *Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952, anteriormente classificado como *Acantholeaia regoi* Almeida, 1950 (coleção DNPM-RJ, N^o 4076).

Holdhausiella elongata Mendes, 1952

Figs. 5

Acantholeiaia regoi Almeida, 1950 (espécime DNPM-RJ 4077)*Acantholeiaia* cf. *A. regoi* Almeida, 1950 em Mendes, 1954 (espécime IG-USP-Col. D.G.P., VII-130)

Discussão: A morfologia externa desse pequeno exemplar (~5mm) é semelhante à de *Holdhausiella elongata*. A concha posteriormente alongada, a posição do sulco lateral e a forma da carena são similares às da espécie *H. elongata*. Conforme bem ilustrado por Runnegar & Newell (1971) a ornamentação dessa espécie é variável. Em realidade, o exame de grandes coleções de conchas silicificadas do Grupo Passa Dois mostra que, tais variações estão relacionadas ao estado de preservação das conchas, em particular à condição tridimensional das conchas e o estado de abrasão ou corrosão das mesmas. O espécime 4077 é particularmente semelhante aos de *H. elongata* figurados como E e I por Runnegar & Newell (1971). Notavelmente, tanto o exemplar aqui ilustrado, bem como o espécime I, apresentam, suspeitosamente, perfurações circulares, únicas, semelhantes a marcas de predação. Essas, por sua vez, não são incomuns nas conchas dos moluscos bivalvios permianos do Grupo Passa Dois (vide Kowalewski *et al.*, 2000).

Figura 5 – “*Acantholeiaia regoi*” DNPM 4077

Leinzia? sp.

Figs. 6 e 7

Unicarinatus octavioi Cardoso, 1965 (espécime DNPM-RJ 4648)

Acantholeaia regoi Almeida, 1950 (espécime DNPM-RJ 4075)

Discussão: Três feições morfológicas presentes nas conchas dos espécimes DNPM 4648 e 4075 chamam a atenção: a a condição muito alongada posteriormente da concha, b- a carena bem marcada e c a ornamentação com lamelas concêntricas, regularmente espaçadas. Em especial, essa última condição é característica das conchas de *Leinzia* Mendes, 1949. O que chama a atenção, contudo, é a ausência do *rostrum* nos espécimes aqui descritos. Porém, deve ser lembrado que as descrições prévias de espécimes atribuídos ao gênero *Leinzia* (e formas afins) foram fundamentadas em espécimes relativamente grandes (centimétricos), enquanto os espécimes aqui ilustrados são milimétricos. Com efeito, se a região umbonal das conchas dos espécimes maiores (adultos?) for examinada, uma vez que reflete os estágios iniciais de crescimento, é notável que a forma da concha juvenil, ali presente, é muito semelhante a dos exemplares DNPM 4648 e 4075. Em especial, nessa fase do desenvolvimento ontogenético, o *rostrum* não é ainda tão evidente, mas sim as lamelas de crescimento, a forma alongada e a carena umbonal bem marcadas. Todas essas feições estão presentes nos espécimes DNPM 4648 e espécime 4075. Contudo, até que séries ontogenéticas mais completas de *Leinzia* sejam descritas é prudente manter em aberto a classificação desses exemplares.



Figura 6 –*Leinzia?* sp. anteriormente classificado como “*Unicarinatus octavioi*”
(DNPM-RJ 4648)

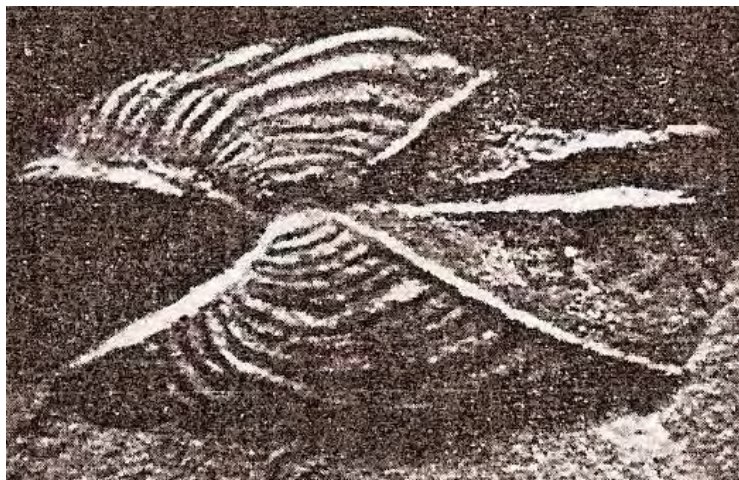


Figura 6 –*Leinzia?* sp. anteriormente classificado como “*Acantholeaia regoi*” (DNPM-
RJ 4075)

Considerações estratigráficas e ecológicas

As identificações de bivalves apresentadas no presente trabalho são relativamente coerentes com as suas posições bio- e litoestratigráficas. *Holdhausiella elongata*, de fato, foi anteriormente encontrada nas assembléias *Pinzonella illusa* e *Pinzonella neotropica*, que tipicamente ocorrem nas formações Teresina e Corumbataí

(Runnegar & Newell, 1971, Mello, 1999). Um exemplar encontrado por Mendes (1954a, b) seria da parte superior da Formação Serra Alta. Não deve haver problema quanto a este fato pois, provavelmente, a assembléia *P. illusa* já aparece a partir desta unidade, ou seja, um pouco abaixo da Formação Teresina, conforme constatação também apresentada por Meglhioratti (2006).

Quanto à procedência estratigráfica de *Leinzia* sp., este gênero é mais típico na parte inferior da Formação Rio do Rasto, através da espécie *Leinzia similis*. Na Formação Serra Alta ocorreria a espécie *Leinzia froesi*, porém esta espécie foi transferida para o gênero *Anhembia* por Mezzalira et al. (1990). Considerando-se as dúvidas quanto à identificação do bivalve ao nível específico e as incertezas litoestratigráficas do local de ocorrência, pode-se admitir que há coerência na nova identificação.

Conchostráceos são crustáceos branquiópodos típicos de águas continentais. A maioria não tolera águas salgadas. As formações Irati, Serra Alta, Teresina e Corumbataí, pertencentes ao Grupo Passa Dois, são unidades bastante discutidas em termos de paleoambientes. Por exemplo, Beurlen (1954) considerou que as unidades representam gradual continentalização, enquanto que Mendes (1952, 1954, 1967) interpretou que todas as unidades já representassem ambientes de sedimentação continentais, tendo inclusive usado os supostos conchostráceos como uma das evidências destes ambientes.

As discussões sobre as unidades continuaram, de forma que alguns autores (e.g., Sousa et al., 1991; Andreis & Carvalho, 2001, Milani, 1997) interpretam as unidades como sendo marinhas e outros autores (e.g., Rohn, 1994, Maranhão, 1995, Stollhofen *et al.*, 2000) descartam conexão destes ambientes deposicionais ao oceano. Na Formação Irati ainda ocorrem alguns níveis com acritarcas, porém pouco abundantes e diversificados (Lages, 2004). Nas formações Teresina e Corumbataí ocorrem oogônios de algas carófitas (Maranhão, 1995), indicativos de ambientes límnicos e, por outro lado, estromatólitos, os quais normalmente indicam condições ecológicas estressantes que poderiam ser causadas por águas hipersalinas (Rohn & Fairchild, 1985).

Análises de carbonatos e de argilas mostraram que os paleoambientes ocasionalmente apresentaram águas hipersalinas (Rodrigues & Quadros, 1976). Portanto, os ambientes deposicionais provavelmente experimentaram oscilações de salinidade, o que é corroborado pela baixa diversidade de moluscos bivalves e a

dominância de uma única espécie em relação às demais. Os bivalves das formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí são endêmicos e não indicam os paleoambientes diretamente (Simões et al., 1998; Mello, 1999). Eles não são tipicamente dulçaquícolas porque devem ter evoluído de ancestrais marinhos (Ghilardi & Simões, 2002).

É significativo o fato de que conchostráceos apareçam em abundância apenas acima das unidades em discussão, ou seja, na Formação Rio do Rasto (parte superior do Grupo Passa Dois). Nesta formação, de fato, os ambientes deposicionais já eram tipicamente continentais, predominantemente com água doce (Rohn, 1994; Meghioratti, 2006). Portanto, a constatação de que os fósseis das formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí não são conchostráceos coaduna melhor com as interpretações ambientais.

Referências Bibliográficas

- ABOARRAGE, A. M., LOPES, R., C. Projeto Borda Leste da bacia do Paraná: Integração Geológica e Avaliação Econômica. DNPM/CPRM. Porto Alegre, v. 18 (Relatório Interno). 1986.
- ALMEIDA, F. F. M. *Acantholeaia*, um novo gênero de *Leaiadidae*. Not. Prel. Est., DNPM, DGM, 51. 1950. p. 1-10, 1 est.
- ANDREIS, R. R. & CARVALHO, I. S. A Formação Corumbataí (Permiano Superior-Triássico Inferior, Bacia do Paraná) na pedreira de Pau Petro, Município de Taguaí, São Paulo, Brasil: Análise paleoambiental e das pegadas fósseis. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2. 2001. p. 33 – 46.
- BEURLIN, K. Horizontes fossilíferos das camadas Serra Alta do Paraná. Boletim DNPM v. 152. 1954.
- CARDOSO, R.N. Sobre a ocorrência no Brasil de Monoleiophinae e Afrograptidae, conchostráceos carenados. Bol. DNPM, DGM, 221. 1965. 35 p., 3 est.
- CHEN. P. J., SHEN. Y.B. An introduction to fossil Conchostraca. Science Press. 1985. 241 p. Beijing.
-

- GHILARDI, R.P. & SIMÕES, M.G. Foram os bivalves do Grupo Passa Dois (Exclusive Formação Rio do Rasto), Neopermiano, invertebrados tipicamente dulcícolas? *Pesquisas em Geociências*, 29(1). 2002. p. 91-99.
- LAGES, L. C. *A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, Bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR)*. Rio Claro, UNESP, (Dissertação de Mestrado). 2004. 117p.
- MARANHÃO, M.S.A.S. *Fósseis das formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo: subsídios ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico*. São Paulo, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2 vols. 1995. 86+ 361p.
- MEGLHIORATTI, T. *Estratigrafia de seqüências das formações Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto (Permiano, Bacia do Paraná) na porção Nordeste do Paraná e Centro-Sul de São Paulo*. Rio Claro, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 2006. 133 p.
- MELLO, L. H. C. *Análise Cladística dos Bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil: Implicações Taxonômicas, Evolutivas e Paleobiogeográficas*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 1999. 160 pp.
- MENDES, J.C. *A Formação Corumbataí na região do rio Corumbataí (estratigrafia e descrição dos lamelibrânquios)*. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr.*, Univ. S. Paulo, 145 (Geol., 8). 1952. 119 p., 4 est.
- MENDES, J.C. *Conchostracos permianos do sul do Brasil*. In: LANGE, F.W. (Ed.) *Paleontologia do Paraná, Volume Comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná, Comissão de Comemoração do Centenário do Paraná, Curitiba, Brasil*. 1954 a. pp. 153-164, est. 12-14.
- MENDES, J.C. *Contribuição à estratigrafia da Série Passa Dois no Estado do Paraná*. *Bol. Fac. Fil. Ciênc. Letr.*, Univ. S. Paulo, 175 (Geol., 10). 1954b. 119 p.
- MENDES, J.C. *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. 1967. p.199-166.
-

-
- MEZZALIRA, S.; MENDES, J.C.; MARANHÃO, M.S.A.S. *Anhembia*: novo gênero de bivalves do Grupo Passa Dois - Permiano. Rev. IG, 8-10, 11 (1). 1990. p. 51-54.
- MILANI, E. J. *Evolução tectono-estratigráfico da Bacia do Paraná e o seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-ocidental*. Porto Alegre, Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1997. 255p.
- RODRIGUES, R. & QUADROS, L.P. Mineralogia das argilas e teor de boro das formações paleozóicas da Bacia do Paraná. In: An. 29º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Ouro Preto, 2. 1976. p. 351-379.
- ROHN, R. *Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1994. 250p.
- ROHN, R. & FAIRCHILD, T.R. Estromatólitos permianos em calcário coquinóide do Grupo Passa Dois, Nordeste do Paraná. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 58(3). 1986. p. 433-444.
- RUNNEGAR, B. & NEWELL, N.D. Caspian-like relict molluscan fauna in the South American Permian. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 146(1). 1971. p. 1-66.
- SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. *Anais...*, v.1. 1974. p.41-65.
- SIMÕES, M. G., ROCHA-CAMPOS, A. C., ANELLI, L.E. Paleocology and evolution of Permian pelecypod assemblages (Paraná Basin) from Brazil. In: JOHNSTON, P.A. & HAGGART, J. W. (eds.) *Bivalves - An Eon of evolution - Paleobiological studies honoring Norman D. Newell*. Calgary, University of Calgary Press. 1998. p 443-452.
- SOUSA, S.H. de M.; SUGUIO, K.; CASTRO, J.C. Sedimentary facies of the Estrada Nova and Corumbataí Formations (Late Paleozoic of the Paraná Basin) in the State of São Paulo, Brazil. In: Proc. 7th INTERNATIONAL GONDWANA SYMPOSIUM, São Paulo. 1991. p. 161-172.
-

STOLLHOFEN, H.; STANISTREET, I.G.; ROHN, R.; HOLZFÖRSTER, F.; WANKE, A. The Gai-As lake system, northern Namibia and Brazil. In: GIERLOWSKI-KORDESCH, E. H. & KELTS, K. R. (eds.) *Lake basins through space and time*. Tulsa, AAPG Studies in Geology, 46. 2000. p. 87-108.

TASCH, P. Fossil Conchostráceos of the Southern Hemisphere and continental drift; paleontology, biostratigraphy and dispersal. *Mem. Geol. Soc. Amer.* 165. 1987. p. 1-290.

Conchostráceos com linhas de crescimento recurvadas junto à margem dorsal (Famílias Palaeolimnadiopseidae e Perilimnadiidae) da Formação Rio do Rasto, Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil

Conchostracans with recurved growth lines at the dorsal margin (Families Palaeolimnadiopseidae and Perilimnadiidae) from the Upper Permian Rio do Rasto Formation (Paraná Basin, South Brazil)

Luis Gustavo FERREIRA-OLIVEIRA
UNESP - Rio Claro, CP 178, 13506-900 - Rio Claro-SP - Brasil
bolsista do CNPq, lgfo@rc.unesp.br

Rosemarie ROHN
UNESP - Rio Claro, UNESP – Depto. de Geologia Aplicada
Rio Claro, CP 178, 13506-900 - Rio Claro-SP - Brasil
rohn@rc.unesp.br

RESUMO

Alguns conchostráceos permianos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Brasil) apresentam um encurvamento bem característico nas linhas de crescimento na região próxima à margem dorsal. Todos os exemplares previamente descritos com tais feições foram atribuídos à *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed) Raymond. Porém, uma reanálise deste material fóssil e de exemplares adicionais demonstrou que nem todos espécimes podem ser incluídos em um mesmo táxon, nem a uma mesma família (Palaeolimnadiopseidae). De acordo com a forma da carapaça e tamanho do umbo, estes exemplares são aqui referidos a três espécies. As carapaças de formato subelíptico com umbo pequeno e em posição subanterior são mantidos em *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed, 1929) Raymond, 1946. As carapaças subcirculares com umbo pequeno em posição subcentral correspondem à *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov. As valvas de formato elíptico com umbo grande e anterior são atribuídas à *Falsisca brasiliensis* sp. nov., da Família Perilimnadiidae. O gênero *Palaeolimnadiopsis* tem uma ampla distribuição cronoestratigráfica, porém o gênero *Falsisca* está restrito ao Permiano superior – Triássico inferior, da Europa e da Ásia. Este intervalo está de acordo com a provável idade permiana superior dos estratos onde foram encontrados estes fósseis na Formação Rio do Rasto. O gênero *Falsisca* é aqui referido pela primeira vez ao registro fóssil do Gondwana.

Palavras – Chaves: **Conchostraca, Palaeolimnadiopseidae, Perilimnadiidae, bacia do Paraná, Permiano superior.**

ABSTRACT

Some Upper Permian conchostracans from the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin, South Brazil) bear very characteristic recurved growth lines at the dorsal margin. All previously described specimens were classified as *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed) Raymond. However, a reanalysis of these fossils and of recently collected additional specimens demonstrated that not all can be included in a unique species, nor only in the Family Palaeolimnadiopseidae. According to their shape and the size of the umbo, they are classified into three species. The subelliptic carapaces with small anterior umbo are maintained in *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed, 1929) Raymond, 1946. The subcircular carapaces with small subcentral umbo correspond to *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov. The small elliptic valves with large anterior umbo are assigned to *Falsisca brasiliensis* sp. nov. of the Family Perilimnadiidae. *Palaeolimnadiopsis* has a wide chronostratigraphic distribution, but *Falsisca* is restricted to the Upper Permian-Lower Triassic of Europe and Asia. This interval is in agreement with the probable Late Permian age of the respective strata of the Rio do Rasto Formation. The genus *Falsisca* is here referred for the first time in the Gondwana fossil record.

Key-words: Conchostraca, Palaeolimnadiopseidae, Perilimnadiidae, Paraná Basin, Upper Permian

1. INTRODUÇÃO

Conchostráceos são pequenos crustáceos que possuem carapaças bivalves quitinosas, cujas espécies viventes habitam tipicamente corpos de água doce. Apenas a porção superior da espessa sucessão permo-carbonífera da Bacia do Paraná (sul do Brasil), i.e., a Formação Rio do Rasto do Grupo Passa Dois, contém sedimentos de origem continental inequívoca e abundantes conchostráceos fósseis. Em pelo menos 192 afloramentos da formação há registros destes crustáceos (Mendes, 1954; Rohn, 1987; 1994; Tasch, 1987) e diversas espécies estão sendo revisadas quanto à sua classificação (e.g., '*Monoleaia unicastata*', '*Paranaleaia*', '*Gabonestheria*', '*Cyzicus*', '*Asmussia*', *Palaeolimnadia*).

O presente trabalho analisa conchostráceos da Formação Rio do Rasto com recurvamento das linhas de crescimento junto à margem póstero-dorsal. Tal característica tem sido usada (em Raymond, 1946; Mendes, 1954; Rohn, 1987, 1994)

para classificá-los no gênero *Palaeolimnadiopsis* Raymond, 1946 e na Família Palaeolimnadiopseidae Defretin, 1965. Porém, outras famílias também podem apresentar o recurvamento das linhas de crescimento, fato que é discutido neste trabalho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O material aqui estudado compreende exemplares já descritos por Reed (1929), Mendes (1954) e Rohn (1987, 1994), além de alguns exemplares coletados mais recentemente. Este material consiste de moldes de 16 valvas, pertencentes às coleções paleontológicas das seguintes instituições: Universidade Estadual Paulista - Campus de Rio Claro – SP (Unesp), sigla URC AC; Universidade de São Paulo (USP), sigla GP1T; e Departamento Nacional da Produção Mineral - Rio de Janeiro (DNPM), com a sigla DNPM.

Os exemplares URC AC 161 foram coletados em Três Bicos, a 35,4 km de Cândido de Abreu e a 41,5 km da cidade de Reserva (Afloramento 1, fig. 1), Estado do Paraná, em uma fazenda situada às margens da rodovia PR 239, no km 81,5 (UTM 22J 490,22/7272,78).

O exemplar URC AC 175 é procedente de um afloramento às margens da rodovia PR 487, a 14,2 km de Cândido de Abreu (Afloramento 2, fig. 1), Estado do Paraná (UTM 22J 376,04/7273,98).

O exemplar GP1T 1609 A foi coletado também às margens da rodovia PR 239, no município de Três Bicos, a 37,5 km de Cândido de Abreu e 39,4 km de Reserva (Afloramento 3, fig. 1).

Os exemplares DNPM 1420, GP1T 1509 A e GP1T 1504 provêm do município de Poço Preto, Estado de Santa Catarina, encontrado “em folhelhos vermelhos do Rio Iguassú, na povoação de Vallões” (sic) (Reed, 1929) que atualmente corresponde à rodovia BR 280, a 200 m a leste do Rio Timbó, próximo à confluência com o rio Iguaçu (Afloramento 4, fig. 1).

Os espécimes foram analisados e fotografados com o auxílio de uma lupa estereoscópica, com câmera digital acoplada, além de imagens obtidas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), para observação mais acurada de detalhes morfológicos e ornamentação.

3. GEOLOGIA E LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS

A Formação Rio do Rasto é a unidade superior do Grupo Passa Dois na faixa aflorante no Sul do Brasil e é subdividida nos membros Serrinha e Morro Pelado. O Membro Morro Pelado, com 250m de espessura, é caracterizado por lamitos vermelhos, ritmitos e arenitos de granulometria relativamente fina. Vários arenitos lobados são interpretados como barras de desembocadura de rios efêmeros em lagos com pouca profundidade ou depósitos de rompimento de diques marginais. Fácies típicas de canais fluviais são raras (Rohn, 1994). O registro fóssil é representado principalmente por vegetais pouco diversificados, raros moluscos bivalves, restos de peixes, raros tetrápodos, bem como conchostráceos relativamente abundantes e diversificados (Rohn, 1994). Próximo ao topo da formação, onde depósitos de inundação e/ou lacustres efêmeros se alternam com depósitos de dunas eólicas, ocorre um intervalo relativamente pequeno (aproximadamente 40 m) com maior diversidade de conchostráceos, destacando-se os exemplares analisados neste trabalho.

4. SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Ordem **Conchostraca** Sars, 1867

Subordem **Spinicaudata** Linder, 1945

Superfamília **Lioestheriidea** Raymond, 1946

Família **Paleolimnadiopseidae** Defretin-Le Franc, 1965

Subfamília **Paleolimnadiopseinae** Defretin-Le Franc, 1965

Gênero **Palaeolimnadiopsis** Raymond, 1946

Espécie Tipo. *Palaeolimnadiopsis carpenteri* Raymond, 1946

Diagnose. Paleolimnadiopseidae com bandas de crescimento apresentando uma ornamentação reticulada fina ou quase ausente e linhas de crescimento sem nódulos ou espinhos (Shen, 1985).

Cronoestratigrafia. Devoniano Médio a Cretáceo Superior (Shen, 1985).

Distribuição geográfica: Europa, Ásia, América do Sul e do Norte.

***Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed, 1929) Raymond, 1946**

Fig. 2, A-F; Fig. 3.

Sinonímias :

Estheria subalata Reed, 1929

Palaeolimnadiopsis subulata (*sic*) (Reed, 1929) Raymond, 1946

Holótipo: DNPM 1420 A

Localidade-tipo e estratigrafia: Município de Poço Preto, Estado de Santa Catarina, Brasil, rodovia BR 280, a 200 m a leste do Rio Timbó, próximo à confluência com o Rio Iguaçu, porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

Outros exemplares estudados, localização e estratigrafia

URC AC 161 A, B, C e Ga - Localização: “Afloramento 1” em Três Bicos, a 35,4 km de Cândido de Abreu e a 41,5 km da cidade de Reserva, Estado do Paraná, em uma fazenda situada às margens da rodovia PR 239, no km 81,5 (UTM 22J 490,22/7272,78), porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

URC AC 175 – Localização: “Afloramento 2”, às margens da rodovia PR 487, a 14,2 km de Cândido de Abreu, no Estado do Paraná (UTM 22J 376,04/7273,98), também na porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

Diagnose emendada: Carapaça de tamanho médio e de forma subelíptica. Umbo de tamanho pequeno, anterior. Margem dorsal reta, margem ventral fortemente arqueada. Linhas de crescimento numerosas, em número de 10 a 21. Linhas de crescimento mais externas, abrangendo cerca da metade do total, caracterizadas por uma curvatura ligeiramente côncava na porção posterior próximo à margem dorsal. Bandas de crescimento largas na região centro-posterior da valva e geralmente mais estreitas na região próxima à margem ventral. Ornamentação poligonal muito tênue nas bandas de crescimento.

Emended diagnosis: Subelliptic mid-sized carapace. Small anterior umbo. Straight dorsal margin, strong arched ventral margin. Many growth lines, from 10 to 21. External growth lines, about half of all, characterized by a slightly concave shape at the posterior end next to the dorsal margin. Growth bands broad at the mid-posterior

region of the valve and generally narrower next to the ventral margin. Very faint polygonal ornamentation on the growth bands.

Descrição: Os exemplares analisados correspondem a valvas de tamanho médio, com contorno elíptico, comprimento da valva variando entre 6,0 e 12 mm e altura entre 4,0 e 8,0 mm; proporção entre a altura máxima e o comprimento igual a 0,66. A margem dorsal é reta. A margem ventral é fortemente arqueada. Apresenta linhas de crescimento em número de 10 a 21, recurvadas na margem posterior próximo à margem dorsal da valva, geralmente a partir de um terço do total das linhas de crescimento. O umbo é pequeno e anterior. O espaçamento entre as linhas de crescimento é relativamente uniforme – até 0,5 mm na região póstero-ventral – e menor nas regiões anterior e ventral. A ornamentação está pouco preservada, porém, nos exemplares onde pode ser observada, é constituída por pequenos polígonos com diâmetros entre 0,1 e 0,2 mm. Os dados quantitativos dos espécimes encontram-se na tabela 1.

Tabela 1 – Dados morfométricos de *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed, 1929)
Raymond, 1946

Discussão: Entre os exemplares originalmente atribuídos a *P. subalata* por Reed (1929), um apresenta umbo pequeno e subanterior (Reed, 1929: est. 1, fig. 9) e dois possuem umbo grande e anterior (Reed, 1929: est. 1, figs. 10 e 11). Somente o exemplar da figura 9 em Reed (1929) foi mantido na espécie, pois o tamanho do umbo tem forte relação com o desenvolvimento ontogenético dos conchostráceos, sendo característica diagnóstica fundamental inclusive na classificação de famílias (vide abordagem detalhada ao final do trabalho). Shen (1985), Chen e Shen (1985) e Novojilov (1970) discriminaram Paleolimnadiopseidae de outras famílias com a margem posterior recurvada em vista do tamanho do umbo. Por esta razão, tornou-se necessário modificar a diagnose de *P. subalata*, no sentido de abranger apenas exemplares com umbo pequeno. Quase todas as demais características observadas inicialmente por Reed (1929) foram mantidas na diagnose, exceto a ornamentação. Mendes (1954) já havia comentado que a ornamentação seria muito inconspícua. Entre os exemplares aqui estudados, raros apresentam alguma ornamentação, sendo constituída por pequenos polígonos mal preservados (Fig. 2-F).

Palaeolimnadiopsis riorastensis sp. nov.

Fig. 4, A-D; Fig. 5.

Sinonímia:

cf. *Palaeolimnadiopsis* sp. em Rohn (1987)

Holótipo: URC AC 161 E

Localidade-tipo e estratigrafia: “Afloramento 1” em Três Bicos, a 35,4 km de Cândido de Abreu e a 41,5 km da cidade de Reserva, Estado do Paraná, em uma fazenda situada às margens da rodovia PR 239, no km 81,5 (UTM 22J 490,22/7272,78), porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

Parátipos, procedência e estratigrafia:

URC AC 175 B – Localização: “Afloramento 2”, às margens da rodovia PR 487, a 14,2 km de Cândido de Abreu, no Estado do Paraná (UTM 22J 376,04/7273,98), porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

GP1T 1609 A - Localização: “Afloramento 3”, às margens da rodovia PR 239, no município de Três Bicos, a 37,5 km de Cândido de Abreu e 39,4 km de Reserva.

Epíteto específico: *riorastensis*, em alusão à Formação Rio do Rasto, onde o holótipo foi coletado.

Diagnose: Carapaça de tamanho médio e de forma subcircular. Umbo de tamanho pequeno, subcentral. Margem dorsal levemente arqueada, margem ventral fortemente arredondada. Linhas de crescimento numerosas, em número de 19 a 25, apresentando uma curvatura ligeiramente côncava na margem posterior próximo à margem dorsal, geralmente a partir da quinta linha de crescimento das valvas. Bandas de crescimento variáveis em largura. Ornamentação hachurada radialmente nas bandas de crescimento.

Diagnosis: Subcircular mid-sized carapace. Small subcentral umbo. Slightly arched dorsal margin, strong rounded ventral margin. Many growth lines, from 19 to 25, characterized by a slightly concave shape at the posterior end next to the dorsal margin from about the fifth growth line on. Width of the growth bands variable. Radial hatched ornamentation on the growth bands.

Descrição: Os exemplares analisados correspondem a valvas de tamanho médio, com contorno subcircular, comprimento da valva variando 9,0 e 10,5 mm e altura entre 6,5 e 7,5 mm; proporção entre a altura máxima e o comprimento entre 0,71 e 0,72. O umbo é pequeno e subcentral. A margem póstero-dorsal é ligeiramente convexa próximo à região umbonal e levemente côncava próximo ao contato entre esta e a margem posterior. Seu comprimento corresponde aproximadamente ao dobro da margem ântero-dorsal. A margem ventral é fortemente arqueada. Os exemplares apresentam numerosas linhas de crescimento, entre 19 a 25 linhas, recurvadas na margem posterior próximo à margem dorsal da valva, geralmente a partir de um terço do total das linhas de crescimento ou aproximadamente a partir da quinta linha. O espaçamento entre as linhas de crescimento não é uniforme, variando nas regiões das valvas. A ornamentação está pouco preservada, porém, nos exemplares onde se pode observá-la, apresenta-se em forma de hachuras radiais paralelas como em *Lioestheria* (largura entre as hachuras = 0,15 a 0,20 mm). Os dados quantitativos dos espécimes encontram-se na tabela 2.

Tabela 2 – Dados morfométricos de *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov.

Discussão: Rohn (1987) observou que raros exemplares identificados como cf. *Palaeolimnadiopsis* sp. da Formação Rio do Rasto, mal preservados na região póstero-dorsal e sem recurvamento claro das linhas de crescimento, seriam distintos daqueles tradicionalmente classificados como *P. subalata*, especialmente pelo umbo bem pequeno, número grande de linhas de crescimento e valvas de dimensões relativamente maiores e circulares. Após coleta de exemplares adicionais, agora melhor preservados, tais diferenças puderam ser confirmadas. O formato subcircular das valvas, com margem póstero-dorsal arqueada e o umbo em posição subcentral, dividindo a margem dorsal nas suas porções anterior e posterior na proporção de 1:2 são características exclusivas de *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov. Esta espécie assemelha-se a *Endolimnadiopsis rusconii* Gallego, 2005 do Triássico da Argentina, porém a margem dorsal é menos reta, o formato é mais subcircular do que oval e a ornamentação é bem mais tênue, embora também reticular. *P. riorastensis* sp. nov. distingue-se de quaisquer outros paleolimnadiopseídeos conhecidos, o que justifica a sua inclusão em uma nova espécie.

Ordem Conchostraca Sars, 1867
Subordem Spinicaudata Linder, 1945
Família Perilimnadiidae Chang e Chen, 1975
Gênero *Falsisca* Novojilov 1970

Genótipo: *Falsisca turaica* Novojilov, 1965.

Cronoestratigrafia. Permiano superior – Triássico inferior.

Distribuição geográfica: Europa, Ásia e América do Sul.

Diagnose genérica: Valva elíptica, margem dorsal reta ou um pouco arqueada. Margem posterior próximo à margem dorsal ligeiramente côncava. Umbo grande, bandas de crescimento largas, linhas de crescimento em número de 4 a 22. Ornamentação finamente reticulada (ou pontuada) (Novojilov, 1970).

***Falsisca brasiliensis* sp. nov.**

Fig. 6, A-D; Fig. 7.

Holótipo: DNPM 1420 B

Localidade-tipo e estratigrafia: Município de Poço Preto, Estado de Santa Catarina, Brasil, rodovia BR 280, a 200 m a leste do Rio Timbó, próximo à confluência com o Rio Iguaçu, porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

Parátipos, procedência e estratigrafia:

URC AC 161 D e Gb: “Afloramento 1” em Três Bicos, a 35,4 km de Cândido de Abreu e a 41,5 km da cidade de Reserva, Estado do Paraná, em uma fazenda situada às margens da rodovia PR 239, no km 81,5 (UTM 22J 490,22/7272,78), porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

GP1T 1509 A e GP1T 1504: Município de Poço Preto, Estado de Santa Catarina, Brasil, rodovia BR 280, a 200 m a leste do Rio Timbó, próximo à confluência com o Rio Iguaçu, porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto (Afloramento 4).

DNPM 1420 C: Município de Poço Preto, Estado de Santa Catarina, Brasil, rodovia BR 280, a 200 m a leste do Rio Timbó, próximo à confluência com o Rio Iguaçu, porção superior do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto.

Epíteto específico: *brasiliensis*, por ser a única ocorrência do gênero *Falsisca* registrada no Brasil até o momento.

Diagnose: Valvas pequenas de formato elíptico. Umbo grande, anterior. Margem dorsal reta ou levemente arqueada. Margem ventral arqueada. Linhas de crescimento largamente espaçadas em número de 7 a 11. Linhas de crescimento mais externas, abrangendo cerca da metade do total, caracterizadas por uma curvatura ligeiramente côncava na porção posterior próximo à margem dorsal.

Diagnosis: Small elliptic valves. Large anterior umbo. Straight or slightly arched dorsal margin. Arched ventral margin. Widely spaced growth lines, 7 to 11 in number. External growth lines, about half of all, characterized by a slightly concave shape at the posterior end next to the dorsal margin.

Descrição: Os exemplares analisados correspondem a valvas de tamanho pequeno, com contorno elíptico, um pouco mais alongadas no sentido do comprimento máximo. O comprimento das valvas varia entre 4,5 e 10 mm e a altura entre 2,9 e 6,3 mm; proporção entre a altura máxima e o comprimento entre 0,62 e 0,64. O umbo é grande e anterior. A margem dorsal é reta ou levemente arqueada. A margem ventral é arqueada. As valvas apresentam linhas de crescimento em número de 7 a 11, recurvadas na margem posterior próximo à margem dorsal, geralmente a partir da metade do total das linhas de crescimento. O espaçamento entre as linhas de crescimento é relativamente uniforme – até 0,4 mm na região póstero-ventral. A ornamentação está pouco preservada, porém, nos exemplares onde se pode observá-la, é pontuada. Os dados quantitativos dos espécimes encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 – Dados morfométricos de *Falsisca brasiliensis* sp. nov.

Discussão: Os exemplares são incluídos em *Falsisca* principalmente em vista do tamanho grande do umbo e o recurvamento das linhas de crescimento próximo à margem dorsal. A forma geral das carapaças e o tamanho do umbo também permitiria a sua inclusão em *Sinolimnadiopsis* Wang (1980), porém a ornamentação é finamente pontuada e não reticulada, e o próprio gênero chinês talvez deva ser sinonimizado a favor de *Falsisca* (vide discussão mais adiante, no texto). *Falsisca brasiliensis* sp.

nov. diferencia-se de outras espécies deste gênero pelo seu formato subelíptico e alongado longitudinalmente. Parece ser bem semelhante a *Falsisca fabiformis* Liu (1989) do Permo-Triássico da China, porém apresenta um número bem menor de linhas de crescimento e também uma margem anterior mais estreita. *Falsisca brasiliensis* também se assemelha a *F. eotriassica eotriassica* Kozur e Seidel (1982) no formato elíptico das valvas, margem dorsal reta e comprida, bandas de crescimento largas e em número médio de 8 bandas, e por possuírem umbos grandes; porém, em *F. brasiliensis* a margem anterior tem altura nitidamente menor que a margem posterior, ocorrendo o contrário em *F. eotriassica eotriassica*.

5. CONCHOSTRÁCEOS COM RECURVAMENTO DAS LINHAS DE CRESCIMENTO NA REGIÃO POSTERIOR DA VALVA

No Brasil, foram registrados conchostráceos com recurvamento das linhas de crescimento na região posterior das valvas em depósitos do Permiano superior ao Cretáceo superior (Reed, 1929; Beurlen, 1954; Mendes, 1954; Cardoso, 1962, 1966; Rohn, 1987). Aqueles do Permiano correspondem aos exemplares da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná) analisados por Reed (1929), Mendes (1954), Rohn (1987) e no presente trabalho. Conforme a revisão aqui apresentada e o estudo de novos exemplares, as espécies da Formação Rio do Rasto correspondem a *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed) e *P. riorastensis* sp. nov. da Família Palaeolimnadiopseidae e *Falsisca brasiliensis* sp. nov. da Família Perilimnadiidae.

O gênero *Palaeolimnadiopsis* foi criado por Raymond (1946) para acomodar conchostráceos fósseis com linhas de crescimento largamente espaçadas e recurvadas na porção posterior próximo à margem dorsal, semelhantes às formas viventes do gênero *Limnadiopsis*, mas com margem dorsal lisa, não serreada. O gênero já foi atribuído a diversas famílias, porém a Família Palaeolimnadiopseidae tem sido uma das mais usadas na literatura.

Com o avanço das pesquisas, após a introdução de *Palaeolimnadiopsis*, vários outros gêneros de conchostráceos fósseis, também com recurvamento das linhas de crescimento, foram sendo reconhecidos. Alguns gêneros poderiam ser sinonimizados a favor de *Palaeolimnadiopsis*, porém outros têm características realmente distintas quanto à forma da carapaça, ao tamanho e à posição do umbo, à presença de espinhos ou nódulos nas linhas de crescimento ou no umbo, ao número e ao espaçamento das linhas de crescimento, e à ornamentação. Tais características nortearam a proposição

também de categorias taxonômicas supra-genéricas, como novas famílias, ainda apresentando recurvamento das linhas de crescimento. Exemplos destes gêneros, os quais aparentemente não pertencem à Família Palaeolimnadiopseidae, são *Rostroleaia*, *Limnadiopsileaia* e *Pteroleaia* (Família Rostroleaiidae Novojilov, 1956); *Liograptia* (Família Fushonograptidae Wang, 1974); *Vertexia*, *Tripemphigus* e *Pemphilimnadiopsis* (Família Lioestheriidae Raymond, 1946); *Ipsilonia* (Família Ipsiloniidae Novojilov, 1958), *Keratestheria* (Família Nestoriidae) e *Falsisca* (Família Perilimnadiidae Chang e Chen, 1975).

Shen (1985) observou que alguns conchostráceos possuem características morfológicas que poderiam ser atribuídas a mais de uma família. Por exemplo, o gênero *Pemphilimnadiopsis* compartilha características das famílias Paleolimnadiidae, Vertexiidae e Paleolimnadiopseidae, devido à presença, respectivamente, de umbo grande, de nódulos no umbo e de recurvamento das linhas de crescimento na região pósterodorsal. Este fato mostra a necessidade de se estabelecer critérios para definir qual caráter morfológico possui maior valor em diferentes níveis taxonômicos.

É interessante notar que na maioria das espécies, inclusive naquelas da Formação Rio do Rasto, não ocorre recurvamento nas primeiras linhas de crescimento, porém apenas nas últimas. Desta forma, assembléias fossilíferas compostas apenas por indivíduos jovens poderiam ser classificadas, de maneira equívoca, como pertencentes a famílias completamente distintas, sem recurvamento das linhas de crescimento.

Na última revisão publicada sobre a Família Palaeolimnadiopseidae, realizada por Shen (1985), foi mantida como principal característica diagnóstica o recurvamento das linhas de crescimento próximo à margem dorsal. De acordo com a ornamentação nas bandas de crescimento, o tamanho do umbo e presença ou ausência de espinhos ou nódulos nas linhas de crescimento, Shen (1985) subdividiu esta família em 5 subfamílias, contendo 18 gêneros. Todas as subfamílias, exceto Sinolimnadiopseinae, apresentariam umbo pequeno.

No caso conchostráceos da Formação Rio do Rasto com linhas de crescimento recurvadas, todos haviam sido classificados inicialmente como pertencentes a *Palaeolimnadiopsis*, sem considerar o tamanho do umbo. Por outro lado, variações nas características relativas ao tamanho, posição e forma do umbo implicam em diferenças significativas na articulação das valvas e no desenvolvimento dos náuplios. Portanto, o caráter do umbo deve ser mais diagnóstico para a distinção de táxons do

que, por exemplo, o número absoluto, a largura e a ornamentação nas bandas de crescimento, que podem variar mesmo dentro de uma mesma população (Rohn, 1986). Outro fato importante é que o tamanho do umbo implica no tamanho dos conchostráceos em seu primeiro estágio de vida antes da primeira ecdise, de modo que umbos de tamanhos muito distintos devem representar significativas diferenças na sua morfologia interna, como por exemplo, no tamanho dos somitos, apêndices, etc. Desta forma, justifica-se a classificação dos exemplares da Formação Rio do Rasto em *Palaeolimnadiopsis* Raymond, 1946 (umbo pequeno) e *Falsisca* Novojilov, 1970 (umbo grande). O tamanho do umbo também justifica a inclusão de cada gênero numa família distinta, respectivamente Palaeolimnadiopsidae e Perilimnadiidae.

No caso de *Falsisca*, cabe ser destacada a sua semelhança a *Sinolimnadiopsis* Wang, 1980 da China, de idade permiana. Trata-se do único gênero da Subfamília Sinolimnadiopseinae Shen, 1985, a qual pertenceria à Família Palaeolimnadiopseidae na revisão de Shen (1985). *Falsisca brasiliensis* sp. nov. distingue-se de *Sinolimnadiopsis* pela ornamentação pontuada e não reticulada, porém tal fato não constitui a única justificativa para a inclusão dos exemplares estudados em *Falsisca*. O gênero *Falsisca* foi registrado em número grande de localidades da Europa e Ásia e possui mais de dez espécies descritas, com ornamentações pontuadas ou poligonais (Kozur e Seidel, 1983; Kozur, 1993; Liu, 1990). Por outro lado, *Sinolimnadiopsis* tem distribuição muito mais restrita (em poucas localidades da China) e seria o único gênero de Palaeolimnadiopseidae com umbo grande. Sugere-se que as diferenças de ornamentação não justificam a manutenção de *Sinolimnadiopsis* como gênero válido e, de acordo com a discussão acima, é mais provável e prático que Palaeolimnadiopseidae inclua somente táxons com umbo pequeno.

Falsisca é um gênero tipicamente permo-triássico, sendo encontrado em bacias sedimentares da Europa, da China e da Rússia (Novojilov, 1970; Kozur e Seidel, 1983; Liu, 1990), o que coaduna com as interpretações cronoestratigráficas dos estratos sedimentares da parte mais alta da Formação Rio do Rasto. Através do presente trabalho, a distribuição de *Falsisca* chega, portanto, ao Gondwana Ocidental, reforçando hipóteses anteriores sobre conexões continentais entre este supercontinente, a Euramérica e Cataísia, durante o Permiano (Ferreira-Oliveira e Rohn, no prelo).

Exemplares atribuídos ao gênero *Palaeolimnadiopsis* e à família Paleolimnadiopseidae são encontrados desde o Devoniano inferior (na Bélgica) e

Carbonífero inferior (na Rússia e na França) até o Cretáceo superior (na China) (Shen, 1985; Gallego, 2005). Na América do Sul, são encontrados abundantes exemplares desta família em depósitos sedimentares do Paleozóico superior e do Mesozóico.

Considerando-se a grande amplitude estratigráfica de *Palaeolimnadiopsis*, inclusive em várias bacias sedimentares do mundo, o gênero não tem grande importância cronoestratigráfica. Algumas espécies do gênero podem ser bons fósseis-regionais, porém *Palaeolimnadiopsis subalata* e *P. riorastensis* restringem-se, até o momento, à parte superior da Formação Rio do Rasto e, portanto, não permitem realizar correlações com depósitos de outras bacias.

6. CONCLUSÕES

A reanálise dos materiais fósseis inicialmente atribuídos ao gênero *Palaeolimnadiopsis subalata* permitiu constatar que, na verdade, os conchostráceos com recurvamento das linhas de crescimento na região posterior da valva, encontrados em afloramentos da Formação Rio do Rasto, pertencem a três espécies diferentes, aqui atribuídas a dois gêneros: *Palaeolimnadiopsis* e *Falsisca*. Conforme observado por Shen (1985), é realmente necessária uma reavaliação dos critérios de classificação da Superfamília Palaeolimnadiopseoidea, estabelecendo-se uma ordem de caracteres das valvas que devem ser prioritários na classificação.

A presença destes dois gêneros em sedimentos da porção superior da Formação Rio do Rasto coaduna com a idade neopermiana interpretada para estes estratos (fig. 8).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Ms.Thiago Meglhioratti (Petrobrás) e ao Luis Fernando M. Montano (Curso de Geologia - UNESP/Rio Claro) pela colaboração nos trabalhos de campo, ao Dr. Thomas R. Fairchild (IG/USP) e à Dra Rita de Cássia Cassab (DNPM) por terem facilitado o acesso aos exemplares das coleções respectivamente do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). A pesquisa foi financiada, em parte, pelo CNPq, PRH-05 (ANP) e FAPESP (05/55027-4).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Cardoso, R. N. Alguns conchostráceos mesozóicos do Brasil: Boletim da Sociedade Bras. de Geologia, v. 11, no. 2.1962. p. 21-32.
- Cardoso, R. N. Conchostráceos do Grupo Bahia: Brasil, Boletim do Instituto de Geologia, Escola Federal de Minas de Ouro Preto, v. 1, no. 2. 1966. 76 p.
- Chen Pei-ji; Shen Yan-bin. Fossil Conchostraca. Beijing: Science Press. [In Chinese.]. 1985.p. 241.
- Ferreira-Oliveira, L.G. e Rohn, R. Leaiid conchostracans from the uppermost Permian strata (Capitanian) of the Paraná Basin, Brazil: Chronostratigraphic and paleobiogeographic implications. Journal of South American Earth Sciences, no prelo.
- Gallego O.F. First record of the family Palaeolimnadiopseidae Defretin-LeFranc, 1965 (Crustacea–Conchostraca) in the Triassic of Argentina. Journal of South American Earth Science 18 (2). 2005. p. 223-231.
- Kozur H. W. Range charts of conchostracans in the Germanic Buntsandstein. In: Lucas, S.G. e Morales, M., (eds.) The nonmarine Triassic. New Mexico Museum of Natural History e Science Bulletin, 3. 1993. p. 249-253.
- Kozur H. W.; Seidel, G., 1983. Revision der Conchostracen-Faunendes unteren und mittleren Buntsandsteins. Teil I. Zeitschr. Geol. Wiss., 11: 295–423.
- Liu, S. Conchostracans in Baicheng District of Xinjiang. Xinjiang Geology, v.8, no. 2. 1990. p. 176-184.
- Mendes, J.C. Conchostráceos permianos do Brasil. In: LANGE, F.W. (ed.) Paleontologia do Paraná. Curitiba, Volume Comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná, Museu Paranaense. 1954. p.153-164, est.12-14.
- Novojilov N I. Superfamily Limnadioidea (Conchostraca).Moskva:Izdat "Nauka".1970. 237 pp.
- Raymond, P.E. The genera of fossil Conchostraca—an order of bivalved Crustacea. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard* 96(3). 1946. p. 217–307.
-

-
- Rohn, R. Caracteres diagnósticos dos conchostráceos fósseis - exemplos da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 58, n. 4. 1986. p. 596-596.
- Rohn, R. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) no Estado do Paraná e no norte do Estado de Santa Catarina. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Série Científica* 18. 1987. p. 27-66.
- Rohn, R. Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994. 250 p.
- Reed, F.R.C. Novos Phyllopodos Fósseis do Brasil. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil* 34. 1929. p. 2-16.
- Shen Yan-bin. Classification and evolution of Family Palaeolimnadiopseidae (Conchostraca). *Scientia Sinica, Series B*, 28 (8). 1985. p. 888-894.
- Tasch, P. Fossil Conchostraca of the Southern Hemisphere and Continental Drift; Paleontology, Biostratigraphy and Dispersal. *Geological Society of America Memoir* 165. 1987. p. 1-290.
-

LEGENDAS

Figura 1 – Localização dos afloramentos estudados.

Figura 2 – *Palaeolimnadiopsis subalata*. **A**- Exemplar URC AC 161 A; **B**- Exemplar URC AC 161 B; **C**- Exemplar URC AC 161 C; **D**- Exemplar URC AC 161 Ga; **E**- Exemplar URC AC 175 A; **F**- Exemplar URC AC 161 C (detalhe da ornamentação).

Figura 3 – Esquema da morfologia externa da carapaça de *Palaeolimnadiopsis subalata*

Figura 4 – *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov. **A**- Exemplar URC AC 161 E; **B** - Exemplar URC AC 175 B; **C** - Exemplar GP1T 1609 A; **D** - Exemplar URC AC 161 E (detalhe da ornamentação).

Figura 5 – Esquema da morfologia externa de *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov.

Figura 6 – *Falsisca brasiliensis* sp. nov. **A** - Exemplar URC AC 161 D; **B** - Exemplar URC AC 161 Gb; **C**- Exemplar GP1T 1509; **D**- Exemplar GP1T 1504.

Figura 7 – Esquema da morfologia externa *Falsisca brasiliensis* sp. nov.

Figura 8 – Litoestratigrafia e cronoestratigrafia do Grupo Passa Dois.

Artigo submetido à Revista Geociências USP Série Científica
**Conchostráceos monocarenados da Formação Rio do Rasto (Permiano,
Bacia do Paraná, Brasil)**

*Monocarinate conchostracans from Rio do Rasto Formation (Permian,
Paraná Basin, Brazil)*

Luis Gustavo FERREIRA-OLIVEIRA

UNESP - Rio Claro, CP 178, 13506-900 - Rio Claro-SP - Brasil

bolsista do CNPq, lgfo@rc.unesp.br

Rosemarie ROHN

UNESP - Rio Claro, UNESP – Depto. de Geologia Aplicada

Rio Claro, CP 178, 13506-900 - Rio Claro-SP - Brasil

rohn@rc.unesp.br

RESUMO

Os exemplares de conchostráceos monocarenados encontrados na Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Médio a Superior), são aqui reclassificados, sendo atribuídos à espécie *Monoleiolphus unicostatus* (Reed). As características da ornamentação, embora não constituam argumento suficientemente forte para a manutenção de duas subespécies anteriormente propostas, substanciam uma emenda à diagnose da espécie, juntamente com características adicionais verificadas para as carenas. Em *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) foi incluído adicionalmente um monocarenado neopermiano da Índia. Outras ocorrências do gênero, com espécies relativamente similares a *M. unicostatus* (Reed), estão no Carbonífero Superior dos Estados Unidos, Permiano Superior da Rússia e possivelmente no Carbonífero Superior do Cazaquistão. Apesar da distribuição paleogeográfica e cronoestratigráfica significativa destes conchostráceos monocarenados, eles são encontrados em abundância apenas na Formação Rio do Rasto, enquanto que formas bi- ou tricarenadas estão melhor representadas em outras bacias.

Palavras-chave: Conchostraca, leaiídeos, Monoleiolphidae, Permiano Médio a Superior, Bacia do Paraná

ABSTRACT

Monocarinate conchostracans found in the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin, Middle to Upper Permian), are here reclassified and attributed to *Monoleiolphus unicostatus* (Reed). Although the ornamentation characteristics do not constitute a sufficiently strong argument for the maintenance of the two previously proposed subspecies, they substantiate, in part, an emendation to the species diagnosis; additional characteristics of the carina were also taken into consideration. One Late Permian monocarinate conchostracan from India is additionally included in *Monoleiolphus unicostatus* (Reed). Further species of the genus, which are relatively similar to *M. unicostatus* (Reed), occur in the Upper Carboniferous of USA, in the Upper Permian of Russia and possibly in the Upper Carboniferous of Kazakhstan. Although the monocarinate conchostracans had a significative paleogeographic and chronostratigraphic distribution, they are found in abundance only in the Rio do Rasto Formation, whereas the bi- and tricarinate forms have a better record in other basins.

Keywords: Conchostraca, leaiids, Monoleiolphidae, Middle to Upper Permian, Paraná Basin

1 - INTRODUÇÃO

Os conchostráceos - pequenos crustáceos com carapaças bivalves - são bastante abundantes na Bacia do Paraná, principalmente na Formação Rio do Rasto (Permiano), e já permitiram propor um zoneamento bioestratigráfico (Rohn, 1994). Exemplares apresentando uma carena nas valvas são registrados nesta formação desde o início do século passado (Reed, 1929; Mendes, 1954; Cardoso, 1965; Rohn & Rösler, 1985; Rohn, 1987, 1994).

Conchostráceos monocarenados também são encontrados nos Estados Unidos (Raymond, 1946), na Rússia (Lutkevich, 1941, 1956), na Índia (Ghosh *et al.*, 1987) e no Cazaquistão (Novojilov, 1954). Até o momento, todos os conchostráceos monocarenados conhecidos são permo-carboníferos (Jones e Chen, 2000). Segundo Tasch (1963), a verdadeira função das carenas é desconhecida. Ele sugere que as carenas teriam contribuído para aumentar a resistência estrutural das valvas ou, menos provavelmente, para facilitar o movimento dos conchostráceos no ato de escavar o sedimento.

Os conchostráceos monocarenados da Formação Rio do Rasto já passaram por diversas classificações. No presente trabalho, os conchostráceos anteriormente estudados são revistos e novos exemplares são levados em consideração. Os resultados, juntamente com ampla pesquisa bibliográfica sobre os conchostráceos carenados, substanciam modificações na última classificação adotada.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisados os materiais estudados por Reed (1929), Rohn & Rösler (1985) e Rohn (1987; 1994), além de material coletado posteriormente em novos afloramentos. Estes fósseis estão depositados nas coleções paleontológicas do DNPM (sigla DNPM), da Universidade de São Paulo (sigla GP 1T) e na Universidade Estadual Paulista - Campus de Rio Claro (sigla URC AC).

Os exemplares foram analisados e fotografados com o auxílio de uma lupa estereoscópica com câmera digital acoplada, além de imagens obtidas em um microscópio eletrônico de varredura (MEV), para observação de detalhes morfológicos e ornamentação.

3 - GEOLOGIA E LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS

A Formação Rio do Rasto é a unidade superior do Grupo Passa Dois na faixa aflorante no Sul do Brasil e é subdividida nos membros Serrinha e Morro Pelado. O Membro Serrinha, com cerca de 250 m de espessura, é constituído por lamitos esverdeados a vermelhos e arenitos finos aproximadamente tabulares, às vezes com ondulações (Rohn, 1994). Apresenta um importante intervalo com rochas carbonáticas finas e coquinas no centro-norte do Estado do Paraná ao extremo-sul do Estado de São Paulo. A maior parte do Membro Serrinha pode ser interpretada como sendo de origem lacustre, localmente com desembocaduras de rios efêmeros (Rohn, 1994).

O Membro Morro Pelado, com aproximadamente a mesma espessura que a unidade sotoposta, é caracterizado por lamitos vermelhos, ritmitos e arenitos de granulometria relativamente fina. Vários arenitos lobados são interpretados como barras de desembocadura de rios efêmeros em lagos com pouca profundidade ou depósitos de rompimento de diques marginais. Fácies típicas de canais fluviais são raras (Rohn, 1994). Outros arenitos, às vezes lenticulares, são de origem eólica e sua frequência aumenta em direção ao topo do Membro Morro Pelado.

O registro fóssil é representado principalmente por vegetais pouco diversificados, raros moluscos bivalves, restos de peixes, raros tetrápodos, bem como conchostráceos relativamente abundantes e diversificados. Conchostráceos monocarenados ocorrem desde a parte inferior do Membro Serrinha até a parte superior do Membro Morro Pelado. Próximo ao topo da formação, onde depósitos de inundação e/ou lacustres efêmeros se alternam com depósitos de dunas eólicas, ocorre um intervalo relativamente pequeno (? 40 m) com maior

diversidade de conchostráceos, incluindo *Hemicycloleia mitchelli* Raymond, *Palaeolimnadiopsis* Raymond e *Falsisca* Novojilov.

Foram coletados conchostráceos monocarenados em diversos afloramentos nos estados do Paraná e Santa Catarina. A relação dos exemplares e a localização dos respectivos afloramentos encontram-se na tabela 1.

4- HISTÓRICO DA CLASSIFICAÇÃO DOS CONCHOSTRÁCEOS MONOCARENADOS

Reed (1929) foi o primeiro pesquisador a registrar conchostráceos com uma carena única posicionada entre o umbo e a margem póstero-ventral, criando a espécie *Leiaia unicastata* Reed, 1929. Estes conchostráceos são procedentes de Poço Preto, Estado de Santa Catarina, de camadas atualmente atribuídas à porção superior da Formação Rio do Rasto (Rohn, 1994). É importante notar que o gênero *Leiaia* Jones, a priori, foi erigido para designar conchostráceos com duas carenas radiais e não poderia incluir a espécie monocarenada.

Raymond (1946) descreveu um espécime dos Estados Unidos, de idade pensilvaniana, muito semelhante aos encontrados no Brasil. Por um acaso, tal espécime foi designado *Monoleiolphus unicastatus* Raymond, pois não chegou ao conhecimento do autor a existência da espécie similar brasileira com a mesma designação específica. Segundo a diagnose de *Monoleiolphus unicastatus* Raymond, esta espécie seria distinta da brasileira apenas quanto ao tamanho maior da valva e ao fato da carena supostamente iniciar-se um pouco após da porção umbonal e não alcançar a margem póstero-ventral. Entretanto, na ilustração do holótipo, o início da carena parece localizar-se bem próximo ao umbo.

Mendes (1954) estudou conchostráceos da Formação Rio do Rasto provenientes da Rodovia Prudentópolis-Guarapuava e de Poço Preto, também descrevendo e figurando formas similares a '*Leiaia*' *unicastata* Reed, 1929. O autor optou por incluir os espécimes estudados em *Monoleiolphus* Raymond, 1946 pelo fato do gênero *Leiaia* apresentar mais do que uma carena. Contudo, o epíteto "unicastata" de Reed (1929) teria prioridade por ter sido publicado primeiro. Respeitando as regras da gramática latina, a espécie monocarenada brasileira foi denominada por Mendes (1954) como *Monoleiolphus unicastatus* (Reed). Para diferenciar a espécie brasileira daquela norte-americana, Mendes (1954) propôs a

designação *M. raymondi* para a última. Contudo, um pouco antes da publicação de Mendes (1954), Kobayashi (1954) já havia verificado este problema, tendo apresentado a designação *Monoleiolphus conemaughensis* para o exemplar da Pensilvânia, que então teve prioridade em relação à proposta por Mendes (1954).

Tasch (1956) manteve o gênero *Monoleiolphus* para conchostráceos onde a carena não parte do umbo e criou a denominação *Monoleaia* para espécimes onde a carena se inicia no o umbo e alcança a margem póstero-ventral. Este gênero novo foi introduzido com base em '*Leaia*' *unicostata* Reed. *Monoleiolphus conemaughensis* Kobayashi estaria excluído do novo gênero.

No mesmo ano da publicação do trabalho de Tasch (1956), Novojilov (1956) criou o gênero *Inkus* com base em '*Leaia*' *unicostata* Reed. Entretanto, Tasch (1958) comentou que o nome *Monoleaia* teria prioridade porque a proposta da designação *Inkus* teria sido publicada alguns meses mais tarde.

Cardoso (1965), reexaminando os espécimes de '*Leaia*' *unicostata* de Reed (1929) e com base na classificação de Novojilov (1956), os considerou como *Inkus unicostatus*. Entretanto, conforme já mencionado, a designação *Monoleaia unicostata* (Reed) teria prioridade.

Rohn & Rösler (1985) fizeram uma minuciosa análise dos conchostráceos monocarenados da Formação Rio do Rasto, mantendo-os sob a designação de *Monoleaia unicostata*. Posteriormente, baseando-se na diferença da ornamentação nas bandas de crescimento, mais precisamente no diâmetro dos polígonos que constituem a ornamentação, Rohn (1987) subdividiu a espécie em duas subespécies, *M. unicostata micropolygonata* e *M. unicostata timboensis*.

Chen & Shen (1985) realizaram modificações na classificação da superfamília Leaiioidea, a qual inclui quatro famílias de conchostráceos carenados. Os conchostráceos que apresentam uma carena única foram reunidos na família Monoleiolphidae (que inclui os seguintes gêneros considerados válidos: *Monoleiolphus*, *Massagetes* e *Petschoria*). O gênero *Monoleaia* foi sinonimizado a favor de *Monoleiolphus*. O gênero *Leaia* foi mantido válido somente para conchostráceos bicarenados. Tasch e Jones (1979) consideraram que alguns espécimes muito mal preservados da Austrália também seriam monocarenados, os quais foram designados como *Monoleaia australiata* Tasch. No entanto, conforme a revisão realizada por Jones e Chen (2000), esta espécie corresponde a *Hemicycloleaia andersonae* (Tasch, 1979), o que exclui a única ocorrência de conchostráceos monocarenados na Austrália.

5- IMPORTÂNCIA TAXONÔMICA DA ORNAMENTAÇÃO NAS BANDAS DE CRESCIMENTO

A grande maioria das espécies de conchostráceos apresenta uma delicada trama entre as linhas de crescimento, comumente chamada de ornamentação. A ornamentação das carapaças é originada a partir de células da hipoderme, sendo que cada unidade do padrão de ornamentação (retículo, polígono, hachura, pontos, etc.) é originada de uma célula hipodérmica quando o material quitinoso é secretado (Kükenthal, 1927).

Rohn (1987) baseou-se, entre outros caracteres, nas diferenças entre os polígonos nas ornamentações das valvas das espécies *Monoleaia unicastata* para criar as subespécies *M. unicastata micropolygonata* e *M. unicastata timboensis*. A discussão abaixo objetiva substanciar parte da reclassificação taxonômica aqui sugerida para tais conchostráceos (vide capítulo “Sistemática Paleontológica”).

Kobayashi (1954) mostrou 20 padrões diferentes de ornamentação para conchostráceos recentes e quatro para fósseis. Entretanto, este autor verificou que a ornamentação não é a mesma em diferentes fases de crescimento dos conchostráceos. Segundo ele, várias espécies apresentam mais de um tipo de ornamentação durante o seu desenvolvimento ontogenético, podendo também variar em algumas espécies entre machos e fêmeas. Tasch (1969) observou que pode ocorrer um grande espectro de variação nos padrões de ornamentação das valvas entre espécies de um gênero, entre indivíduos de uma espécie, bem como num único indivíduo de uma determinada espécie.

De acordo com experiências realizadas pelos autores do presente trabalho em laboratório da UNESP - Rio Claro com a espécie vivente *Cyclestheria hislopi* Baird, mais de um padrão de ornamentação pode ser observado num mesmo indivíduo de acordo com seu estágio de desenvolvimento ontogenético. A ornamentação passa de muito finamente poligonal para pontuada. Na região umbonal de indivíduos adultos, após expansão e deformação da carapaça devido à geração de ovos, são formadas estrias (figura 1). As modificações são bastante sutis e só podem ser constatadas em imagens obtidas ao microscópio eletrônico de varredura. No caso dos conchostráceos fósseis, Defretin (1958) comentou que enquanto algumas espécies podem ser identificadas com base na ornamentação nas bandas de crescimento, outras não podem, o que faz com que este caráter taxonômico não possa ser utilizado com segurança em todos os casos. Tasch (1969), em vista das observações nos conchostráceos viventes, considerou a ornamentação como indicador taxonômico secundário para os fósseis. Tasch (1969) ressaltou que nenhuma classificação de

conchostráceos viventes se baseia na ornamentação das valvas. Entretanto, este fato é facilmente compreensível, uma vez que as partes internas dos organismos, muito raramente preservadas nos fósseis, fornecem muito mais parâmetros para a classificação do que a carapaça. Além disso, os conchostráceos viventes apresentam, em geral, ornamentação muito simples.

Por outro lado, algumas espécies fósseis, principalmente mesozóicas, apresentam padrões de ornamentação muito ricos, com forte relevo e extremamente complexos, às vezes, visíveis praticamente a olho nu. Em alguns casos, o próprio fato da ornamentação variar ao longo das valvas, mas segundo um padrão bem definido, já constitui uma característica diagnóstica de certos táxons (Rohn et al., 2005). Alguns autores utilizam-se da variedade de ornamentações para a distinção entre táxons fósseis, desde o nível de espécies até o de famílias (e.g., Baird, 1849; Novozhilov, 1954, Chen & Shen, 1985; Wang, 1989).

Baird (1849) foi um dos primeiros autores a valorizar a ornamentação como critério de classificação dos conchostráceos. Novozhilov (1954) propôs um padrão evolutivo baseado na ornamentação de espécies de conchostráceos, ressaltando sua importância não só taxonômica, mas também evolutiva. Wang (1989) apresentou uma proposta evolutiva da ornamentação em conchostráceos, classificando-a em seis padrões simples, os quais teriam combinado e evoluído para seis padrões compostos complexos.

Em vista das considerações apresentadas, deve-se ponderar a importância da ornamentação em cada caso. Pelo fato da ornamentação ser controlada pelas células hipodérmicas da carapaça, cada padrão está relacionado com determinado funcionamento durante a secreção da quitina, tendo, portanto, um controle genético definido. Ainda que fatores ambientais e ontogenéticos influenciem o funcionamento das células hipodérmicas, o padrão geral da ornamentação não pode se modificar completamente durante o crescimento das valvas. Espécies que apresentam ornamentação poligonal podem talvez apresentar variações nos tamanhos dos polígonos e quanto ao alongamento, mas não de um padrão poligonal para, por exemplo, o entrelaçado. As modificações no alongamento dos polígonos poderiam estar relacionadas com a largura relativa das bandas de crescimento (=espaço entre duas linhas de crescimento) acrescidas em cada ecdise. Bandas mais largas apresentariam polígonos mais alongados radialmente; bandas mais estreitas, polígonos mais equidiamétricos. A largura das bandas está relacionada com a disponibilidade de nutrientes e com a ontogenia (Kobayashi, 1954).

6- TAFONOMIA DOS EXEMPLARES ESTUDADOS DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO

Os exemplares analisados são moldes, sem preservação da carapaça original. Os fósseis muitas vezes são encontrados com as duas valvas unidas e fechadas, completamente sobrepostas ou um pouco deslocadas entre si, podendo também ser encontrados com as valvas em posição aberta ou, aparentemente, não mais conectadas entre si (Rohn, 1987). Cabe ser ressaltado que os conchostráceos vivos apresentam valvas soldadas entre si, as quais não se separam após a morte, exceto se forem propositalmente rasgadas. No caso dos conchostráceos monocarenados analisados, as valvas aparentemente não estavam soldadas entre si tão firmemente ou os moldes não permitiram verificar este aspecto claramente. Na porção dorsal de alguns exemplares monocarenados aparece uma faixa estriada longitudinalmente que pode estar relacionada a um processo articulatório entre as valvas (Rohn, 1987). Tasch (1969) também observou uma faixa estriada similar em algumas espécies fósseis, a qual estaria relacionada à articulação de valvas. Portanto, é possível que em algumas espécies permianas podia ocorrer a desarticulação das valvas.

Os exemplares analisados aparecem em diversas situações:

- assembléias monoespecíficas de valvas dispersas a relativamente concentradas;
- assembléias com duas ou mais espécies de conchostráceos;
- assembléias mono- ou poliespecíficas de conchostráceos dispersos a concentrados, junto com moluscos bivalves e/ou escamas de peixes também preservados como moldes;
- assembléias geralmente monoespecíficas junto com macrofitofósseis, estando os conchostráceos geralmente dispersos.

A associação dos conchostráceos com bivalves e escamas de peixes indica que os ambientes deposicionais tinham caráter relativamente perene e não se tratavam de corpos d'água temporários existentes somente nas estações chuvosas.

Nas assembléias estudadas, analisando-se um único horizonte de uma rocha sedimentar, os conchostráceos podem encontrar-se em diversos estágios de crescimento (Rohn & Rösler, 1985) ou apresentar tamanhos homogêneos e número aproximadamente igual de linhas de crescimento (Rohn, 1994). No primeiro caso, supõe-se que algum fator deva ter causado mortalidade em massa, afetando tanto os indivíduos jovens, como os adultos. Outra alternativa seria a mistura de carapaças de indivíduos que não morreram ao mesmo tempo em ambientes com taxas de sedimentação muito baixas; a presença de indivíduos jovens não necessariamente indica distúrbio ambiental, pois é normal que ocorram mortes naturais em distintos estágios ontogenéticos. No caso de assembléias com valvas de tamanhos

semelhantes, pode ter ocorrido alguma seleção das valvas por fatores hidrodinâmicos do ambiente de sedimentação ou ocorreu mortalidade em massa de uma população de uma única geração e, portanto, com indivíduos no mesmo estágio ontogenético.

A maioria dos moldes observados corresponde ao tipo “molde composto” porque tanto os moldes convexos, quanto os côncavos mostram as linhas de crescimento e a ornamentação, apresentando características idênticas. Se os moldes não fossem compostos, aqueles convexos seriam distintos dos côncavos. Os moldes estão bem preservados ou deformados, dependendo da litologia, da posição relativa das valvas em relação ao plano de acamamento e das características inerentes às próprias carapaças. Em argilitos, os moldes das valvas freqüentemente aparecem totalmente achatados; em siltitos e arenitos muito finos, os moldes são mais convexos ou côncavos.

O caráter da carena também depende do grau de compactação da matriz. Sedimentos mais grossos e com menos plasticidade geralmente geraram carenas com a forma de ripas (nos moldes compostos convexos) ou sulcos (nos moldes compostos côncavos). Somente nas rochas de granulação muito fina, como nos argilitos, ao invés da preservação de estruturas tridimensionais, os moldes completamente achatados mostram uma forte inflexão das linhas de crescimento na região onde estaria a carena.

Os moldes podem aparecer cromaticamente diferenciados devido ao seu recobrimento por óxidos e hidróxidos de ferro e manganês (cores avermelhadas, amareladas ou cinza escuras) ou por remoção de óxidos durante a percolação de água meteórica nas rochas, a qual passa preferencialmente entre as superfícies dos moldes (resultando em cores esbranquiçadas a esverdeadas em argilitos ou siltitos avermelhados). Em alguns casos, os moldes estão recobertos por uma película um pouco mais espessa de carbonato de cálcio. Estas películas não correspondem à carapaça original dos conchostráceos, pois sua composição original teria sido quitina e as feições externas das valvas estão impressas em ambas as superfícies das películas carbonáticas. Películas similares estão presentes também entre os moldes de escamas de peixes encontradas nestes mesmos níveis sedimentares. Tanto nos conchostráceos, como nas escamas, o carbonato de cálcio precipitou-se após a destruição completa da matéria orgânica dos organismos, quando a matriz sedimentar com os moldes já estava relativamente litificada (Rohn, 1987).

7- SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Ordem **Conchostraca** Sars, 1867

Subordem **Spinicaudata** Linder, 1945
Superfamília **Leaiodea** Raymond, 1946
Família **Monoleiolphidae** Novojilov, 1954
Gênero **Monoleiolphus** Raymond, 1946

Monoleiolphus unicostatus (Reed, 1929) Mendes, 1954

Figura 2

Sinonímia: *Leaia unicostata* Reed, 1929

Monoleiolphus unicostatus (Reed, 1929) Mendes, 1954

Monoleaia unicostata (Reed, 1929) Tasch, 1956

Inkus unicostatus (Reed, 1929) Novojilov, 1956

Monoleaia sp. in Ghosh *et. al.*, 1987

Monoleaia unicostata micropolygonata Rohn, 1987

Monoleaia unicostata timboensis Rohn, 1987

Espécie Tipo: *Leaia unicostata* Reed, 1929.

Holótipo: DNPM 1423

Crono e Litoestratigrafia: Permiano (Guadalupiano a Lopingiano inferior). Formação Rio do Rasto (membros Serrinha e Morro Pelado)

Distribuição geográfica: América do Sul (Brasil) e Índia.

Exemplares anteriormente estudados por Rohn & Rösler (1985) e por Rohn (1987): GP/1T 1317, 1337, 1359, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1517, 1503, 1505, 1518, 1520, 1521, 1522, 1526, 1527, 1536, 1537, 1538, 1539, 1543, 1546, 1547, 1558, 1559, 1560, 1562, 1565, 1566 1585, 1588, 1589, 1591, 1592, 1594, 1602, 1605, 1609, 1614, 1615 e 1616.

Novos exemplares estudados: URC AC 64, 65, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 83, 84, 85, 86, 89, 121, 128, 132, 139, 140, 141, 143, 144, 161, 162, 165, 167, 171, 172, 173, 174, 175 e 176.

Localidades fossilíferas: Centro-sul de Santa Catarina ao norte do Estado do Paraná, na área de afloramentos da Formação Rio do Rasto, em 46 localidades (vide a Tabela 1).

Diagnose emendada: Monoleiolphidae com carapaça suboval, umbo pequeno anterior, margem dorsal reta, uma carena única, estendida do umbo até a margem pósterio-ventral, às vezes com pequenos nós no cruzamento com as linhas de crescimento. Bandas de crescimento

relativamente largas com ornamentação caracterizada por polígonos predominantemente hexagonais a radialmente alongados pequenos a grandes (com dimensões até superiores à metade da largura das bandas de crescimento).

Emended diagnosis: Monoleiolphidae with suboval carapace, anterior small umbo, straight dorsal margin, one carina extended from the umbo to the postero-dorsal margin, sometimes with small nodes at the crossing with growth lines. Growth bands relatively broad with ornamentation characterized by hexagonal to elongated small to large polygons (with sometimes larger lengths than the half of the growth band widths).

Descrição: De acordo com os exemplares revisados e os novos analisados, a maior parte da descrição em Rohn (1987) continua válida, sendo aqui transcrita: “Conchostráceos com valvas de contorno suboval, cicladiforme; ângulo entre margem póstero-dorsal e posterior aproximadamente igual a 140° ; margem anterior um pouco menos convexa que a posterior e margem ventral suavemente encurvada; máxima altura na região mediana; margem póstero-dorsal retilínea a levemente arqueada, sendo arrematada por uma estreita faixa aproximadamente cuneiforme com delgados sulcos e saliências longitudinais nos exemplares GP/IT 1487, 1492, 1517, 1537, 1538, 1527, 1539, 1614, 1503b. Umbo em posição anterior, terminal, praticamente circular, relativamente pequeno, muito pouco elevado em relação à margem dorsal, comumente apresentando pequenas deformações no centro e no seu limite anterior. Costa retilínea a levemente arqueada, estendida de modo persistente ou com gradual enfraquecimento da margem póstero-dorsal, próximo ao umbo, em direção à margem póstero-ventral, manifestando-se, ou como um estreito e robusto hemicilindro, geralmente combinado com deformações, e/ou como um alinhamento de pequenas protuberâncias nodulares ou de fortes a sutis inflexões nas linhas de crescimento; caráter da costa variável numa mesma população de acordo com o indivíduo, com o seu desenvolvimento ontogenético ou com as suas respostas aos diversos processos tafonômicos; ângulo entre a costa e a margem póstero-dorsal aproximadamente igual a 21° a 30° , coincidindo com o ângulo da direção de máximo alongamento da valva. Linhas de crescimento estreitas, bem marcadas, espaçadas regular ou variavelmente (2,5 a 23,5 linhas/mm), comumente muito próximas entre si perto das margens ou, às vezes, também nas outras porções da valva; número máximo de linhas de crescimento observado igual a 31; dobras concêntricas entre as linhas de crescimento verificadas nos casos de deformação”.

Cabe ser ressaltado que os fósseis estão preservados como moldes compostos. Em alguns moldes pouco achatados, a carena parece ser uma estrutura sólida, como uma ripa que cruza a carapaça desde a região umbonal até a margem póstero-ventral, não sempre inteiramente evidente, podendo faltar na região umbonal ou próximo à margem.

Eventualmente existem pequenos nós onde a carena cruza as linhas de crescimento. Em exemplares mais achatados, às vezes do mesmo afloramento que os convexos/côncavos, as carenas parecem ser só uma dobra da carapaça. As linhas de crescimento nitidamente são contínuas na carena, mas apresentam uma forte inflexão dirigida distalmente (Figura 3). As partes mais encurvadas das inflexões podem ter aparência reforçada e devem corresponder aos nós daquelas carenas preservadas mais tridimensionalmente. Estas feições são bastante claras em imagens obtidas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) (figura x).

A ornamentação é constituída por polígonos principalmente hexagonais, ou também pentagonais ou trapezoidais, alongados radialmente, podendo variar em distintos indivíduos de uma única assembléia fossilífera. Os diâmetros dos polígonos variam de 1,0 μm a 9,0 μm , podendo alcançar mais do que a metade da largura das bandas de crescimento.

Discussão: Considerou-se válida a sinonimização de *Monoleaia* Tasch a favor de *Monoleiolphus* Raymond sugerida por Chen & Shen (1985) porque, de fato, a extensão da carena varia conforme fatores tafonômicos e não pode ser considerada como um critério para a separação dos dois gêneros. Ainda assim, é necessária alguma cautela, pois a espécie-tipo de *Monoleiolphus* Raymond baseia-se em três exemplares dos Estados Unidos, de idade pensilvaniana, portanto muito mais antiga que os conchostráceos monocarenados da Bacia do Paraná, os quais são permianos. Continua válido manter separados estes monocarenados ao nível específico, ou seja, o representante norte-americano *Monoleiolphus conemaughensis* Kobayashi e o brasileiro *Monoleiolphus unicastatus* (Reed). O último é menos oval e menos alongado, com linhas de crescimento relativamente mais espaçadas, abrangendo indivíduos com dimensões menores. Nos três exemplares analisados por Raymond (1946), além das diferenças quanto à carena (que se inicia a certa distância do bico e não alcança a margem ventral), não parece existir ornamentação poligonal.

A diagnose da espécie *Monoleiolphus unicastatus* (Reed) foi aqui emendada principalmente em vista das observações sobre a ornamentação. Mendes (1954), Kobayashi (1954), Tasch (1956), Novojilov (1956), Cardoso (1965) e Rohn & Rösler (1985) não levaram este aspecto em consideração. Rohn (1987), ao contrário, valorizou a ornamentação de modo

a desmembrar '*Monoleaia unicostata*' em duas subespécies: uma com polígonos muito grandes e a outra com polígonos hexagonais a alongados radialmente, bastante pequenos. Entretanto, conforme comentado anteriormente no presente trabalho, a ornamentação pode variar no âmbito de uma espécie e, no caso da ornamentação poligonal, os tamanhos dos polígonos provavelmente variaram como resposta a fatores ambientais. Houve também influência dos processos tafonômicos, os quais, em alguns casos, destruíram completamente a ornamentação. Adicionalmente, cabe ser ressaltado que uma das subespécies, '*Monoleaia unicostata timboensis*' foi seguramente reconhecida apenas nas proximidades do rio Timbó, em Poço Preto (SC). Rohn (1987) considerou que quase todos os outros exemplares estudados pertenceriam à outra subespécie, a qual ocorre inclusive no mesmo nível estratigráfico que aquele do rio Timbó. Portanto, a separação das subespécies não demonstrou utilidade na bioestratigrafia. Considerando-se a subjetividade geral na identificação de fósseis, em muitos casos, até ao nível taxonômico de "gênero", sugere-se abandonar a subdivisão dos monocarenados da Formação Rio do Rasto em subespécies.

Os exemplares de *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) são bastante semelhantes aos exemplares atribuídos a *Monoleaia* sp. em Ghosh *et al.* (1987), procedentes da Formação Pali, Permiano Superior, na Índia. As semelhanças são o formato suboval das valvas, a proporção entre a altura e o comprimento máximo das valvas (que para os exemplares brasileiros está entre 0,65 e 0,70 e no exemplar indiano registrado na Estampa I, figura 3b em Ghosh *et al.*, 1987 é de 0,69) e o número de linhas de crescimento, além da carena. Apenas a observação das fotografias de Ghosh *et al.* (1987), *a priori*, não seria suficiente para sugerir a inclusão de *Monoleaia* sp. em *Monoleiolphus unicostatus* (Reed), porém, no presente caso, a comparação é bastante segura.

Monoleiolphus unicostatus (Reed) possui várias características em comum com *M. monocarinatus* Lutkevich, do Tatariano da Rússia, diferenciando-se desta por apresentar ornamentação poligonal e não pontuada como na espécie russa, além da carena de *M. unicostatus* estar mais próxima da margem dorsal do que em *M. monocarinatus*.

Monoleiolphus unicostatus (Reed) assemelha-se também muito a *Massagetes karagandensis* Novojilov, 1954, do Carbonífero superior (Stephaniano) do Cazaquistão, porém não apresenta outra carena pequena, embrionária, em posição anterior. Seu umbo também é mais anterior do que em *Massagetes karagandensis*, sem existir um vértice entre a margem ântero-dorsal e a anterior. Tasch (1958) aceitou, com ressalvas, a validade da espécie *Massagetes karagandensis*. Rohn (1987) observou que em alguns conchostráceos monocarenados da Formação Rio do Rasto há uma linha de deformação

que coincide aproximadamente com a posição da suposta segunda carena de *Massagetes*, não se podendo descartar a hipótese de que a feição tenha origem apenas tafonômica. Também é interessante notar que numa população de conchostráceos viventes atribuídos ao gênero de *Eulimnadia*, coletados no Estado de Minas Gerais, alguns indivíduos (menos do que 1 %) apresentam uma carena incipiente, mas sem importância taxonômica (Ferreira-Oliveira *et. al.*, em preparação) (figura 4). Pelo fato da espécie-tipo de *Massagetes* Novojilov, 1954 ter sido observada apenas através de ilustrações (Novojilov, 1954), o gênero é provisoriamente mantido como sendo válido, mas a possibilidade de inclusão em *Monoleiolphus* Raymond não é descartada. Shen e Chen (1985) também comentaram que, na ilustração apresentada por Novojilov (1954), não se pode observar com clareza a protocarena em posição anterior, que caracteriza esta espécie e a diferencia de *Monoleiolphus*.

Figura 4 – Carena anterior incipiente em *Eulimnadia* sp.: **ma**: Cicatriz do músculo adutor; **c**: carena.

8 – PALEOBIOGEOGRAFIA E CRONOESTRATIGRAFIA

O gênero *Monoleiolphus* é encontrado em depósitos permianos no Brasil, na Índia e na Rússia (figura 5).

Na Formação Rio do Rasto, *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) é frequentemente encontrado associado a outras espécies de conchostráceos como *Palaeolimnadiopsis subalata* Reed, *P. riorastensis* Ferreira-Oliveira & Rohn, *Falsisca brasiliensis* Ferreira-Oliveira & Rohn e *Hemicycloleaia mitchelli* (Etheridge). Esta última espécie, encontrada somente na parte superior do Membro Morro Pelado, é importante por facultar correlações com o Tatariano ou Wuchiapingiano (Permiano superior) da Bacia de Sydney, Austrália e possivelmente Tatariano da Rússia, além de possíveis correlações com o Permiano Superior da África, Índia e Antártica. O intervalo de ocorrência de *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) é bem maior que o de *Hemicycloleaia mitchelli* (Etheridge), podendo corresponder ao Wordiano do Guadalupiano (Permiano médio) ao Wuchiapingiano do Lopingiano (Permiano superior).

Na Índia, ‘*Monoleaia* sp.’, aqui considerada como *Monoleiolphus unicostatus* (Reed), foi encontrada na Formação Pali junto a vegetais do gênero *Glossopteris* e outros

fósseis neopermianos. O conchostráceo foi usado como indicador da proximidade do limite permo-triássico (Ghosh et al., 1987).

Figura 5 – Distribuição geográfica do gênero *Monoleiolphus* no Permiano superior (modificado de Scotese, 2001).

Segundo Ghosh *et al.* (1987), o centro de dispersão dos leaídeos teria sido a Austrália, de onde teriam partido para a Antártica, América do Sul, África, Índia e China. Na realidade, os mais antigos são os mesodevonianos do sul da China e diversos representantes são encontrados também na Rússia e na América do Norte (Jones & Chen, 2000). Conforme a idade dos conchostráceos carenados mais antigos, o centro de dispersão seria a China, e aqueles com duas ou eventualmente três carenas tornaram-se praticamente cosmopolitas nos ambientes continentais do Carbonífero.

Tasch (1963) sugeriu que a redução do número de carenas nas valvas seria um fator evolutivo, de modo que o gênero '*Monoleaia*' teria florescido após o surgimento dos gêneros tri e bicarenados. Considerando-se válida a forma norte-americana *Monoleiolphus conemaughensis* Kobayashi, descrita inicialmente por Raymond (1946) e também *Massagetes karagandensis* Novojilov, 1954, do Carbonífero superior (Stephaniano) do Cazaquistão, as formas monocarenadas já teriam surgido no Carbonífero. No entanto, somente no Meso e Neopermiano tiveram distribuição paleobiogeográfica maior e apenas na Bacia do Paraná se tornaram muito abundantes. As formas tricarenadas, como *Hemicycloleaia*, aparentemente tiveram maior sucesso a partir do Carbonífero até quase o final do Permiano, exceto na Bacia do Paraná, onde foram muito raras. As condições ambientais no Gondwana Ocidental durante o Meso e Neopermiano possivelmente foram menos favoráveis para os tricarenados do que para os monocarenados, o que pode ter relação com o clima possivelmente mais seco na região da Bacia do Paraná (Rohn, 1994).

As formas carenadas do Mesozóico são completamente distintas das paleozóicas e não tem relação com os leaídeos. Atualmente, nenhuma espécie de conchostráceo apresenta carenas sobre as valvas ou, quando aparecem eventuais carenas (como em *Eulimnadia* de Minas Gerais), são muito reduzidas e têm um caráter aparentemente recessivo, sem importância taxonômica.

9 - CONCLUSÕES

Os exemplares de conchostráceos monocarenados encontrados na Formação Rio do Rasto são aqui reclassificados, sendo atribuídos à espécie *Monoleiolphus unicostatus* (Reed).

As variações na ornamentação, que fundamentaram a criação de duas subespécies, podem ser atribuídas a causas ecológicas, sugerindo-se abandonar a subdivisão nas duas subespécies *M. unicastata micropolygonata* e *M. unicastata timboensis*, propostas por Rohn (1987). Ainda assim, as características da ornamentação, assim como os nós observados na carena, substanciam emenda à diagnose da espécie. Diferenças no caráter da carena entre os exemplares estudados da Formação Rio do Rasto provavelmente são devidas a diferenças no grau de compactação das rochas.

Em *Monoleiolphus unicastatus* (Reed) também foi incluída a espécie *Monoleaia* sp. descrita por Ghosh et al. (1987) da Formação Pali da Índia. A espécie *Massagetes karagandensis* Novojilov, 1954 do Carbonífero superior (Stephaniano) do Cazaquistão possivelmente também pertence ao gênero *Monoleiolphus*, porém é necessário examinar o material-tipo para confirmar esta suposição. Exceto as ocorrências citadas por Raymond (1946) e Novojilov (1954) de conchostráceos monocarenados em depósitos carboníferos nos Estados Unidos e Cazaquistão, as outras ocorrências são meso a neopermianas. Não constitui problema a possibilidade de que *Monoleiolphus* talvez tenha apresentado distribuição geográfica que ultrapassou os limites do Gondawana durante o Permiano, pois outros leaiídeos tiveram distribuição ainda maior neste intervalo de tempo. No entanto, *Monoleiolphus* parece ter sido o elemento dominante das faunas de conchostráceos da Bacia do Paraná, enquanto que em outras regiões, como na Austrália, *Hemicycloleia* parece ter sido mais importante.

10 - AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Dr. Thomas R. Fairchild (IG/USP) e à Dra Rita de Cássia Cassab (DNPM) por terem facilitado acesso aos exemplares das coleções respectivamente do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Somos também muito gratos à Elaine Karina Vaz pelo auxílio na observação de conchostráceos vivos e ao CEA-UNESP, onde foram realizados experimentos em aquários. A pesquisa foi financiada, em parte, pelo CNPq, PRH-05 (ANP) and FAPESP (05/55027-4).

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- Chen Pei-ji & Shen Yan-bin, 1985. Fossil Conchostraca. p. 241. Beijing: Science Press.
- Cardoso, R. N., 1965. Sobre a ocorrência de Monoleiolphinae e Afrograptidae, conchostráceos carenados. Bol. DGM, 221, 35p.
- Ghosh, S.C, Datta, A., Nandi, A. & Mukhopadhyay, S., 1987. Estherid zonation in the Gondwana. *Palaeobotanist*, 36: 143-153.
- Jones, P.J, Chen, P.J., 2000. Carboniferous and Permian Leaiioidea (Branchiopoda: Crustacea) from Australia: Taxonomic Revision and Biostratigraphic Implications. *Records of the Australian Museum* 52, 223-244.
- Kobayashi, T., 1954. Fossil Estherians and allied fossils. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, section 2* 9(1): 1–192.
- Mendes, J. C. M., 1954. Conchostracos permianos do sul do Brasil. *Paleontologia do Paraná, Curitiba. Comissão de Comemoração do Centenário do Paraná*, pp. 153-164.
- Novojilov, N.I., 1956. Iskopaemye dvustvorchatye listonogie rakoobraznye Kuznetskogo basseina. *Voprosy Geol. Kuzbassa* 1, 109-112.
- Raymond, P.E., 1946. The genera of fossil Conchostraca—an order of bivalved Crustacea. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard* 96(3): 217–307.
- Reed, F.R.C., 1929. Novos Phyllopodos Fósseis do Brasil. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil* 34, 2-16.
- 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. *Boletim do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Série Científica* 18, 27-66.
- Rohn, R., 1994. Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 250 p.
-

-
- Scotese, C. R. Atlas of Earth History, PALEOMAP Project, Arlington, Texas. 2001. 52 pp.
- Tasch, P. 1956. Three general principles for a system of classification of fossil Conchostracans. *J. Paleontol.* 30:1248-1257.
- Tasch, P. 1958. Novojilov's classification of fossil conchostracans—a critical evaluation. Part I Family Leaiidae. *Journal of Paleontology* 32:1094-1106.
- Tasch, P., & P.J. Jones, 1979. Carboniferous and Triassic Conchostraca from the Canning Basin, Western Australia (paper 1). In *Carboniferous, Permian and Triassic conchostracans of Australia: three new studies*, P. Tasch & P.J. Jones, pp. 3-20. *Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin* 185: 1-47.
- Tasch, P., 1979. Permian and Triassic Conchostraca from the Bowen Basin (with a note on a Carboniferous leaiid from the Drummond Basin), Queensland. Carboniferous, Permian, and Triassic conchostracans of Australia; three new studies. *Bulletin of the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics* 185, 31-47.
- Kukenthal, W. 1927. *Handbuch der Zoologie* 3: 305-398.
-

TABELA 1

BR 116 (Entre Santa Cecília e Monte Castelo, SC)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRA</i>
km 103,4	URC AC 128 E 89

BR 280 (Estrada Canoinhas – Porto União, SC)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
km 23,6	URC AC 69
km 35,15	URC AC 65
km 15,5 (Poço Preto)	URC AC 73, 75

Estrada de acesso entre a BR 476 e a PRT 153 (região de União da Vitória, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
km 4,5	URC AC 167
km 5	URC AC 140
km 6,25	URC AC 139

PRT 153 (Paulo Frontin – Dorizon – Mallet - Rio Azul – Rebouças, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
Estrada Rio Azul – Paulo Frontin, a 1,6 km de Dorizon	GP/1T 1490A, B, 1491 A, B, 1492 A, B, C
Estrada Rio Azul – Paulo Frontin, a 5,1 km ao sul de Mallet	GP/1T 1493bA, bB, aE, aF, cG, cH, cl
Estrada Rio Azul – Paulo Frontin, a 2,7 km de Dorizon	GP/1T 1517aA, aB, aC, aD, bE, bF, bG;
km 78,5 (a 1,1 km do trevo para Paulo Frontin)	URC AC 173
km 77,8	URC AC 141
km 75,4	URC AC 132

Acesso a Mallet pelo bairro Colônia Quatro	GP/1T 1317Y, Z, 1487E, X, Y, Z, 1488Z, 1489A, B
km 59,5 (Mallet)	URC AC 144
km 55,55 (Mallet)	URC AC 143

BR 277 (Irati - Relógio, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
km 294,0	GP/1T 1592
km 296,2	GP/1T 1603
km 296,7	GP/1T 1518
km 297,5	GP/1T 1604

BR 373 (Prudentópolis – Relógio, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
km 102,8	GP/1T 1520
km 104,2	GP/1T 1605
km 104,4	GP/1T 1521
km 105,6	GP/1T 1591
km 297	GP/1T 1337, 1359Z, 1518

PR 487 (Rio Ivaí – Cândido de Abreu – Três Bicos) e PR 239 (Três Bicos – Laranjeiras – Reserva, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
13,2 km a oeste de C. Abreu - PR 487	URC AC 83,84,85,86
12,8 km a oeste de C. Abreu - PR 487	URC AC 70
9,7 km a oeste de C. Abreu - PR 487	URC AC 71
7,8 km a oeste de C. Abreu - PR 487	URC AC 72,76
13,9 a 14,2 km a leste de C. Abreu - PR 487	URC AC 173, 174 E 175
24,4 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 78
25,7 a 28 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 79
32,6 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 162,165

35,4 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 161
37,3 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 121
40,7 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 171,172,176
44,6 km a leste de C. Abreu - PR 239	URC AC 64

BR 376 (Rodovia do Café, trecho Ortigueira-Serra do Cadeado, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
km 266,1	GP1T 1536A
km 268,5	GP1T 1537aA, aB, dC, 1538A, B, C, D, 1539 A, B, C, D
km 269,8	GP/1T 1543 a/bB, aC
km 272,7	GP/1T 1546aA, aG
km 273,8	GP/1T 1547fk, jP, aR

Estrada entre Lambari e o trevo da PR 90 (região de Sapopema, PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
1,1 km do trevo com a PR 90	URC AC 149
1,5 km do trevo	URC AC 119,146,147,148,158,159,160
2,0 a 2,7 km do trevo	URC AC 100,101,102,103,115,116,117

Estrada de Santo Antonio da Platina-Platina-Conselheiro Zacarias (PR)

<i>LOCALIZAÇÃO</i>	<i>AMOSTRAS</i>
15,2 km do trevo da BR 153	URC AC 108

Artigo submetido para publicação em uma edição especial da Revista Brasileira de Paleontologia

Discussão sobre a distribuição circumtropical de *Cyclestheria hislopi* (Branchiopoda, Crustacea) e implicações na Paleontologia

Discussion about the circumtropical distribution of *Cyclestheria hislopi* (Branchiopoda, Crustacea) and implications on Paleontology

Luis Gustavo FERREIRA-OLIVEIRA
UNESP - Rio Claro, CP 178, 13506-900 Rio Claro-SP
bolsista do CNPq, lgfo@rc.unesp.br

Rosemarie ROHN
UNESP - Rio Claro, rohn@rc.unesp.br

Resumo

Cyclestheria hislopi Baird faz parte de um grupo de crustáceos límnicos com carapaça externa bivalve, denominados conchostráceos. Indivíduos viventes de diversas ilhas e continentes circumtropicais são morfologicamente idênticos, porém esta enorme distribuição é discutível. As características reprodutivas e ecológicas da espécie restringem sua dispersão a corredores de água doce e muitas populações encontram-se isoladas por mares há milhões de anos. Apresenta-se a hipótese de que *C. hislopi* não corresponda a uma única espécie. No caso de conchostráceos fósseis, problemas taxonômicos e paleobiogeográficos similares são muito prováveis, agravados pelo fato de serem preservadas apenas as suas carapaças externas.

Palavras-chave: *Cyclestheria*, conchostráceos, ambientes límnicos, paleobiogeografia.

Abstract

Cyclestheria hislopi Baird belongs to a limnic crustaceans group, with external bivalve carapaces that are known as conchostracans. Extant individuals of several circumtropical islands and continents are identical in morphology, but this very wide distribution is questionable. The reproductive and ecological characteristics of the species restrict its dispersal to fresh water corridors and many populations have been isolated by seas and oceans for millions of years. A proposed hypothesis is that *C. hislopi* corresponds not to a single species. For fossil conchostracans, similar taxonomic and paleobiogeographic problems are very probable and aggravated by the preservation of only the external carapace.

Keywords: *Cyclestheria*, conchostracans, limnic environments, paleobiogeography.

1. Introdução

Cyclestheria hislopi Baird, 1859 é um crustáceo típico de corpos d'água continentais que foi registrado em regiões circuntropicais de vários países, inclusive no Brasil. Trata-se de um conchostráceo com carapaça bivalve simples e bastante similar a carapaças fósseis, algumas inclusive do Paleozóico. Algumas populações de *C. hislopi* vivem em áreas cercadas por mares ou oceanos, que constituem barreiras geográficas à sua dispersão. O presente trabalho discute o potencial de dispersão da espécie, bem como questiona sua unidade genética. O assunto abordado permite refletir sobre o potencial das espécies fósseis similares constituírem ferramentas seguras nas reconstruções paleogeográficas e correlações estratigráficas.

2. Considerações taxonômicas

Cyclestheria hislopi Baird, 1859 é a única espécie da Família Cyclestheridae, que por sua vez é a única família da Subordem Cyclestherida (Martin et al., 2001). *Cyclestheria*, juntamente com crustáceos da Subordem Spinicaudata, eram anteriormente incluídos na Ordem Conchostraca Sars, 1867. Os conchostráceos (também denominados filópodes), os cladóceras (as pulgas-d'água), os anostracas e os notostracas pertencem à Classe Branchiopoda, cujos representantes apresentam o corpo com tagmose mínima, por vezes não se distinguindo as várias partes. Na cabeça encontram-se as antenas, um par de olhos compostos ou, por vezes um único olho naupliar; os apêndices bucais (um par de mandíbulas e um de maxilas) são unirramosos, mas os outros segmentos são do tipo filópode. O corpo é coberto por uma fina cutícula, mas todos os representantes com exceção dos anostraca (*e.g.*, a *Artemia*) possuem uma carapaça quitinosa que, por vezes, cobre todo o corpo. Nos conchostráceos, a carapaça é bivalve e cobre o corpo parcialmente.

A morfologia dos cláspes de *Cyclestheria* é típica dos Spinicaudata. MARTIN & CASH-CLARK (1995) sugeriram que a presença de cláspes nos primeiros toracópodos poderia ser uma sinapomorfia entre os conchostráceos e os cladóceras, dos quais possivelmente seriam um grupo-irmão. Esta relação de grupo-irmão entre *Cyclestheria* e Cladocera é suportada pelo seqüenciamento do gene 18S rDNA, além de caracteres morfológicos (CREASE & TAYLOR, 1998; TAYLOR *et al.*, 1999; SPEARS & ABELE, 2000).

OLESEN (1998, 2000, 2002) fez estudos filogenéticos visando definir as posições taxonômicas dentro da Classe Branchiopoda e, seguindo a sugestão de AX (1999), adotou o nome “Cladoceromorpha” para designar a subordem que compreende Cladocera + *Cyclestheria*. Desta forma, a Subordem Spinicaudata seria um grupo parafilético, devido à posição de *Cyclestheria* nesta análise filogenética ser incerta.

Raymond (1946) atribuiu valvas permianas subcirculares ou subesféricas, similares a *Cyclestheria*, a *Cyclestherioides*. Novojilov (1953) e Kobayashi (1954) endossaram tal gênero para fósseis, porém, posteriormente, Novojilov (1958,1961) incluiu formas permianas em *Cyclestheria* [e.g., *C. krivickii* Novojilov, 1958; *C. kazachorum* (Novojilov, 1953) Novojilov, 1961]. Cabe salientar-se que a taxonomia de conchostráceos fósseis baseia-se apenas na morfologia externa das valvas, enquanto que nas formas viventes as características dos órgãos internos são fundamentais para a classificação. Este fato inviabiliza a inclusão de exemplares fósseis em gêneros viventes. Ainda assim, não se pode descartar que *Cyclestherioides* Raymond, 1946 esteja na linha evolutiva de *Cyclestheria*.

3- Distribuição geográfica e limitações ambientais

Cyclestheria hislopi tem uma distribuição circumtropical, ocorrendo em latitudes de aproximadamente 30° N a 35° S. Foram registradas ocorrências de *Cyclestheria hislopi* na África (THIELE, 1900, DADAY, 1910, 1913), Namíbia (BARNARD, 1924), Nigéria (GREEN, 1962; BIDWELL E CLARKE, 1977; HARE AND CARTER, 1987; EGBORGE OZORO, 1989), Tanzânia (FRYER, 1957), Gana (PETR, 1968), Zanzibar (STUHLMANN, 1888), Estados Unidos (SISSOM, 1975), Austrália (SAYEE, 1903; DADAY, 1926; TIMMS, 1979, 1986), Colômbia (ROESSLER E SANCHEZ, 1986; ROESSLER 1995), Índia (GURNEY, 1906; MICHAEL, 1968; NAIR, 1968; NAYAR AND NAIR, 1968; BATTISH, 1981; VENKATARAMAN, 2003), Cuba (BREHM, 1948, STRASKRABA, 1969; BOTNARIUC AND VILLA BAYÉS, 1977), Tailândia (JUNK, 1977), México (MARTINEZ *et al.*, 1997), Sri Lanka (MENDES & FERNANDO, 1962; FERNANDO, 1974), Argentina (HALLOY, 1981), Malásia (MARTIN *et al.*, 2003), Sumatra, Java, Sulawesi (OLESEN *et al.*, 1996, baseado em BREHM, 1939; MARTIN *et al.*, 2003) e Camboja (MARTIN *et al.*, 2003) (Fig. 1).

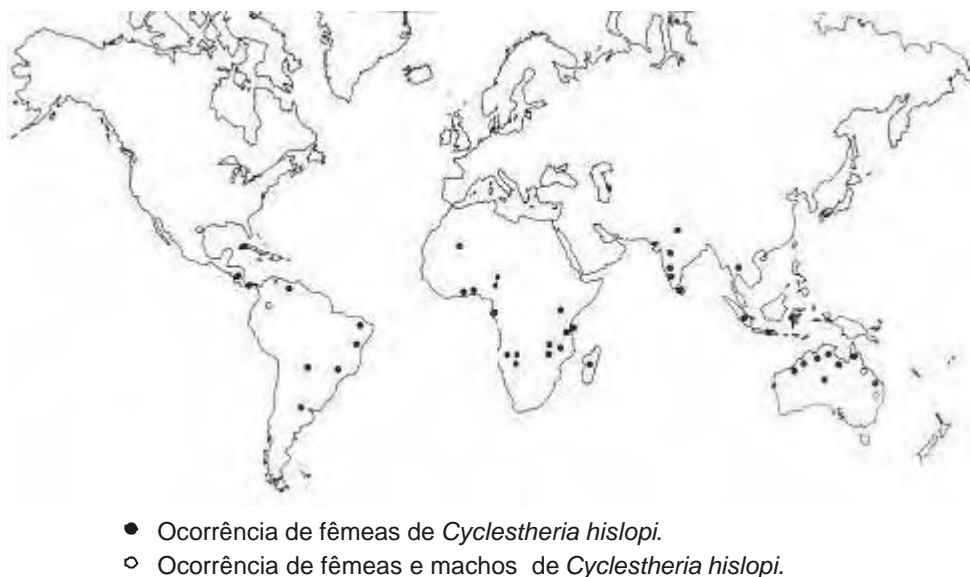


Fig. 1 – Distribuição geográfica de *C. hislopi*.

No Brasil, *Cyclestheria hislopi* foi registrada nos estados do Pará (FERREIRA, 1984), Amazonas, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Mato Grosso e São Paulo (WELTNER, 1898; LUTZ *et al.*, 1918; LUTZ, 1929; BREHM & THOMSEN, 1936; BREHM, 1937; JUNK, 1973). O presente trabalho derivou do estudo de *C. hislopi* procedente da Lagoa do Óleo, na Estação Experimental de Jataí, no Município de Luis Antônio – SP.

Experimentos realizados com exemplares de *C. hislopi* da Lagoa do Óleo em aquários no CEA – UNESP (FERREIRA-OLIVEIRA *et al.*, em preparação) demonstraram que eles não toleram salinidades acima de 1 ppm por mais de 13 dias. Em relação à temperatura, os conchostráceos desenvolvem-se bem entre 20 e 30° C. Embora a ocorrência de peixes ou pulgas d'água (cladóceras) num corpo d'água tenha sido considerado um fator limitante à presença de conchostráceos (TASCH, 1969) tal interpretação pode ser equivocada para *C. hislopi*. Somente outras espécies de conchostráceos, mais propensas à predação ou sensíveis à competição, desenvolvem-se em corpos d'água efêmeros.

4. Exemplos de dispersão de invertebrados continentais aquáticos

Em vista da ampla distribuição de *C. hislopi*, cabem alguns comentários sobre a dispersão de invertebrados aquáticos de regiões continentais. Invertebrados de água doce possuem várias características que promovem uma rápida dispersão. Muitos invertebrados apresentam algum tipo de reprodução assexuada (BELL, 1982), que

permite propagação clonal e evita o problema limitante do acasalamento. Através de partenogênese, um único indivíduo pode originar uma população local. Outros invertebrados utilizam-se de diapausa para persistirem em ambientes instáveis, onde a água pode secar, congelar ou apresentar outras variações. A diapausa é responsável pela resistência dos ovos ao congelamento, condições secas e ingestão por predadores (MELLORS, 1975, DODSON & FREY, 2001). Ovos em diapausa, que frequentemente são bem menores do que sementes de alguns vegetais, são transportados pelo vento por distâncias consideráveis. Por exemplo, tempestades de poeira na região subsaariana da África têm criado nuvens de poeira visíveis do espaço, que são carregadas por ventos alísios através do Oceano Atlântico até a América do Sul, depositando grandes quantidades de areia muito fina e microorganismos na Bacia Amazônica (GRIFFIN *et al.*, 2002).

Grandes tempestades são capazes de transportar grandes peixes por terra a longas distâncias (BAJKOT, 1949). O transporte por fluxos d'água é um importante fator de dispersão de invertebrados. Muitos lagos são conectados por redes de rios que facilitam a dispersão. MICHELS *et al.* (2001) mostraram que populações de *Daphnia ambigua* (pulgas d'água ou cladóceras) podem apresentar maior similaridade genética em regiões afastadas que dispõem de corredores hídricos do que em regiões próximas sem comunicação por água, sugerindo que a dispersão ocorre principalmente em condições aquáticas. Algumas espécies como os cladóceras *Daphnia lumholtzi* e *D. pulex* são amplamente distribuídas em vários continentes (BENZIE, 1988). Contudo, ações humanas podem ter contribuído na introdução de certas espécies em novas áreas ou avaliações sobre a abrangência geográfica dos táxons podem ter sido exageradas devido a erros de identificação (FREY, 1982; DUMONT, 1997). A influência do homem é bem exemplificada através da ocorrência de *C. hislopi* no Texas, em altas latitudes, onde a espécie provavelmente foi introduzida juntamente com a importação de gado (SISSOM, 1980). Situações similares de transporte ocorrem com anostracas que sobrevivem no trato digestivo de anfíbios migratórios (BOHONAK & WHITEMAN, 1999). Embora existam exemplares de crustáceos com ampla dispersão continental e cosmopolitismo, a maior parte das espécies do zooplâncton de ambientes límnicos se restringe a um determinado continente (FREY, 1982). Os exemplos de dispersão comentados, em princípio, não explicariam os mecanismos que levaram à grande distribuição de *C. hislopi*.

5. Modos de reprodução e dispersão dos conchostráceos

Os conchostráceos reproduzem-se sexuada ou assexuadamente e produzem ovos. O desenvolvimento dos ovos pode ser externo, como ocorre na maioria das espécies, ou interno, como ocorre com *C. hislopi*. No caso de desenvolvimento externo, os ovos comumente constituem cistos resistentes a ressecamento, como ocorre em *Eulimnadia* sp. (Timms, 1993). Tais cistos podem ser facilmente transportados por ventos e pela água e facultam dispersões por grandes distâncias. Por outro lado, *C. hislopi* normalmente reproduz-se por partenogênese e seus ovos eclodem no interior da carapaça do progenitor, sem a existência de estágio de ovos livres.

Quando há um evento estressante no habitat de *C. hislopi*, como, por exemplo, o ressecamento súbito do corpo d'água, verificam-se modificações histológicas e estruturais nas carapaças de algumas fêmeas que reforçam a sua estrutura, tornando-a opaca pela maior concentração de quitina. Ocorre a formação de um efípio primitivo, que poderia ser considerado como uma possível forma de resistência dos ovos. Porém, após a reidratação de efípios, não foi verificada a eclosão dos ovos em laboratório, nem em condições naturais no campo (ROESSLER, 1995; FERREIRA-OLIVEIRA *et. al*, em preparação). Esta constatação sugere a inexistência de formas de resistência viáveis para esta espécie, descartando-se a dispersão de ovos por ventos. Portanto, o transporte por corredores hídricos continentais, com água doce, deve ser o único meio de dispersão de *C. hislopi*.

É interessante o fato de que a reprodução de *C. hislopi* também pode ser sexuada. Foram encontrados machos no Texas, na Austrália e possivelmente na Colômbia (Roessler, 1995). Os machos são morfologicamente distintos das fêmeas (figura 2).

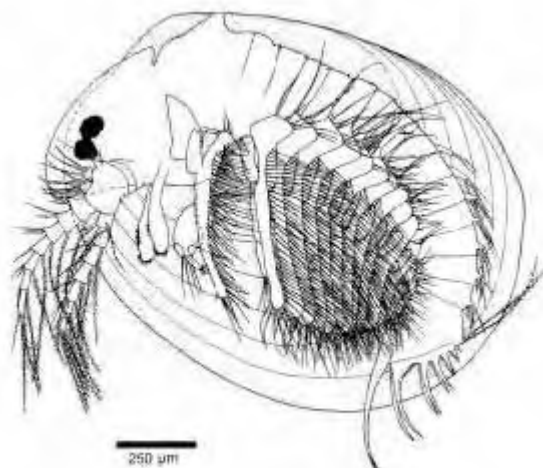


Fig. 2 – Macho adulto de *Cyclestheria hislopi*, da Colômbia. Vista lateral, com uma das carapaças removidas (OLESEN et al., 1996).

6. Discussão

A distribuição circumtropical de *C. hislopi* é particularmente interessante pois dois fatores limitariam a dispersão desta espécie: a intolerância a salinidades acima de 1 ppm (o que impossibilita a dispersão pelo mar) e a ausência de estágios de resistência, como por exemplo, cistos resistentes a ressecamento (que poderiam ser facilmente transportados por ventos e pela água).

LUTZ (1929) comentou ser admirável a constância com que foram mantidas as características desta espécie por inúmeras gerações e através de grandes distâncias, enquanto que outros conchostráceos não só originaram variedades, mas também um grande número de gêneros e famílias. Segundo HALLOY (1981), a menos que se descubram formas de resistência nesta espécie, a distância entre as populações seria explicável por afastamento passivo, causado pela movimentação tectônica dos continentes.

Contudo, o isolamento de diversas áreas insulares onde vive *C. hislopi* deu-se entre 100 e 70 milhões de anos atrás. Seria pouco provável que populações de áreas tão distantes como da Malásia (na sua porção insular), Zanzibar, Madagascar, Indonésia, Cuba e Sri Lanka, isoladas entre si e com características ecológicas e climáticas tão distintas, conservassem as mesmas características morfológicas sem que ocorressem adaptações evolutivas ou especiação. Como o processo de especiação ocorre a partir do desenvolvimento de barreiras ao intercâmbio gênico entre segmentos de uma população

ancestral e do acúmulo de diferenças genéticas entre cada segmento, deveriam ser detectadas variações morfológicas.

Também seria muito improvável que cada população isolada tivesse evoluído paralelamente e de modo idêntico em todas as áreas.

Na realidade, admite-se que *C. hislopi* esteja distribuída em inúmeras áreas porque todas as populações apresentam morfologias similares de acordo com os critérios de classificação estabelecidos para a espécie. Estes critérios talvez não sejam suficientemente detalhados para reconhecer possíveis espécies distintas. Outra possibilidade é que indivíduos fenotipicamente idênticos poderiam ser genotipicamente distintos.

O fato de existirem de machos em apenas algumas localidades (Texas, nos Estados Unidos, na Austrália e na Colômbia), sob condições ambientais propícias, também corrobora a possibilidade de variação genotípica. Segundo SASSAMAN (1995), o ciclo de vida de espécies que adquiriram reprodução partenogenética e desenvolvimento direto não deveria incluir o nascimento de eventuais machos e sim, alternar entre produzir ovos com desenvolvimento direto e ovos em diapausa, dependendo de determinadas condições ambientais.

7. Investigações futuras

Dando continuidade à presente pesquisa, pretende-se realizar análises genéticas de indivíduos de *C. hislopi* de várias regiões do globo, priorizando o estudo de populações que possuem machos.

Weeks & Duff (2002) realizaram a primeira comparação genética entre indivíduos do gênero *Eulimnadia*. Eles compararam os padrões genotípicos multilocus (usando seis loci de alozimas) de 2277 conchostráceos de nove populações nos Estados Unidos. Sete destas populações foram morfológicamente identificadas e atribuídas à espécie *Eulimnadia texana* Packard e duas à espécie *Eulimnadia diversa* Mattox.

Ambas populações eram tipicamente hermafroditas e com alto índice de endogamia (com coeficientes entre 0,33 a 0,98). Uma das duas populações de *E. diversa* mostrou ser um híbrido entre *E. diversa* e *E. texana*, apresentando padrões eletroforéticos semelhantes às duas espécies, apesar de que, morfológicamente, guardam as características de *E. diversa*. Um fenograma (gerado usando-se distâncias de coancestralidade e um algoritmo (*neighbor-joining*) colocou esta população híbrida em

uma posição intermediária entre as duas espécies estudadas. Taxas de migração destas duas espécies puderam ser estimadas a partir desta análise.

O resultado desta pesquisa de Weeks & Duff (2002) reforça a necessidade de uma análise genética da população mundial de *C. hislopi*.

Os resultados serão importantes para reavaliar supostas espécies pandêmicas fósseis. Se *C. hislopi*, de fato, não tiver distribuição circumtropical, é bastante provável que diversas espécies fósseis também tenham apresentado uma distribuição paleogeográfica mais restrita. O valor dos conchostráceos fósseis em determinadas correlações estratigráficas deve ter sido superestimado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Elaine Karina Vaz pelo auxílio na observação e análise da espécie em estudo e ao CEA-UNESP, onde foram realizados os experimentos em aquários. Esta pesquisa foi parcialmente financiada pelo CNPq (bolsa de doutoramento, processo 142265/2004-7) e pelo projeto FAPESP 05/55027-4.

Referências Bibliográficas

- AX, P., 1999. Das system der Metazoa II. Ein lehrbuch der phylogenetischen Systematic: 1-383.
- BAIRD, W. 1859. Description of some new recent Entomostraca from Nagpur, collected by the Rev S. Hislop. Proceedings of the Royal Society of London 63: 231-234, plate 63, fig. 1.
- BAJKOT, A. D. 1949. Do fish fall from the sky? Science 109: 402.
- BARNARD, K. H. 1924. Contributions to a knowledge of the fauna of South-West Africa. 11: Crustacea Entomostraca Phyllopoda. Ann, South African Museum 20: 21 3-230.
- BATTISH, S. K. 1981. On some Conchostracans from Punjab with the description of three new species and a new Subspecies. Crustaceana 40 (2): 178-196.
- BELL, G. 1982. The masterpiece of nature: The evolution and genetics of sexuality. University of California Press.
- BENZIE, J. A. H. 1988. The systematics of Australian Daphnia (Cladocera: Daphniidae): Species descriptions and keys. Hydrobiologia 166: 95-161.
- BIDWELL, A. & CLARKE, N. V., 1977. The invertebrate fauna of Lake Kainji Nigeria. Niger. Field. 42 (3): 104-110.
-

- BOHONAK, A. J. & WHITEMAN, H. H., 1999. Dispersal of fairy shrimp *Branchinecta coloradensis* (Anostraca): Effects of hydroperiod and salamanders. *Limnol. Oceanogr.* 44: 487-493.
- BOTNARIUC, N. & VILLA BAYES, N. 1977. Contribution a la connaissance de la biologie de *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Crustacea, Conchostraca) de Cuba. In T. Orghidan, A. Nunez Jeminez, *et al.* (Eds), *Resultats des expéditions biospeleologiques cubano-roumaines a Cuba 2.*:257-262.
- BREHM, V., 1937. Brasilianische Cladoceren, gesammelt von Dr. O. Schubart 2. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie u Hydrographie* 35: 497-512.
- BREHM, V. 1939. Einige Phyllopoden und Ostracoden aus Belgischen Congo.-*Rev.* 2001. *Bot. Afr.* 321: I 1 1-1 19.
- BREHM, V. 1948. Datos para la fauna de agua dulce de Cuba. *Publ. del Inst. Biol. Apl.* 5: 95-112.
- BREHM, V. & THOMSEN, R., 1936. Brasilianische Phyllopoden und Argoliden, gesammelt von Herrn Dr. O. Schubart. *Zoologischer Anzeiger* 116: 211-218.
- CREASE, T. J. & TAYLOR, D.J., 1998. The origin and evolution of variable-region helices in V4 and V7 of the small-subunit ribosomal RNA of branchiopod crustaceans. *Molecular Biology and evolution*, 15 (11): 1430-1446.
- DADAY, E., 1910. Untersuchungen uber die Susswasser-Mikrofauna Deutsch-Ostafrikas.-*Zoologica. Sluttg.* 23: 1-3 14.
- DADAY, E., 1913. Phyllopada. *Voy. Alluad. Afr. Orient. Crust.* 1: 1-9.
- DADAY, E., 1926. Monographie systematique des Phyllopodes Conchostraces. Troisieme Partie (Suite).-*Ann. Sci. nat. Zool. Shr.* 109: 1-81.
- DODSON, S. I. & FREY, D. G., 2001. Cladocera and other Branchiopoda, p. 850-914. In J. H. Thorp and A. P. Covich [eds.], *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates*. Academic Press.
- DUMONT, H. J. 1997. Cladoceran studies: Where do we go from here? *Hydrobiologia* 360: 301-303.
- EGBORGE, A. B. M. & OZORO, N., 1989. *Cyclestheria hislopi* (Baird. 1895) (Branchiopoda: Conchostraca) in Yewa River.-Nigeria. *Arch. Hydrobiologia* 1151: 137-148.
- FERNANDO, C. H. 1974. Guide to the Freshwater Fauna of Ceylon (Sri Lanka), Supplement 4.-*Bul. Fish. Res. Stn.. Sri Lanka (Ceylon).* 251-2: 27-81.
- FERREIRA, E. J. G., 1984. A ictiofauna da represa hidrelétrica de Curuá-Uná, Santarém,
-

- Pará, 2: Alimentação e hábitos alimentares das principais espécies . Amazoniana 9: 1-16.
- FREY, D. G., 1982. Questions concerning cosmopolitanism in Cladocera. Arch. Hydrobiologia 93: 484-502.
- FRYER, G., 1957. Freelifving freshwater Crustacea from Lake Nyasa and adjoining waters. Part I I Cladocera and Conchostram-Arch. f. Hydrobiologia 532: 223-239.
- GREEN. J. 1962. Zooplankton of the River Sokoto. The Crustacea. Proc. Zool. Soc. Lond. 1383: 415-453.
- GRIFFIN, D. W., KELLOGG, C. A., GARRLSON, V. H. & SHINN, E. A., 2002. The global transport of dust. Am. Sci. 90: 228-235.
- GURNEY, R., 1906. On some freshwater Entomostraca in the collections of the Indian Museum. Calcutta. J. Asiat. Soc. Beng. 2: 273-281.
- HALLOY, S., 1981 . Notas sobre *Cyclestheria hislopi* (Baird) (CrustaceaConchostraca) encontrado en Argentina. Acta zool. lilloana 362: 5-9.
- HARE, L. & CARTER, J. C. H., 1987. Zooplankton populations and the diets of three Chaoborus species (Diptera Chaoboridae) in a tropical lake. Freshwarer Biology. 17: 275-290.
- JUNK, W. J., 1973. Investigations on the ecology and production-biology of the "floating meadows" (Paspalo - Echinochloetum) on the Middle Amazon. Part. II. The aquatic fauna in the root zone of floating vegetation. Amazoniana 4(1): 9-102.
- JUNK, W. J., 1977. The invertebrate fauna of the floating vegetation of Bung Borafet, a reservoir in Central Thailand. Hydrobiologia 53: 229-238.
- LUTZ, A., 1929. Dos phyllopodos observados no Rio Grande do Norte. Suppl.-Mem. Inst. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro 5: 3-9.
- LUTZ, A., SOUZA ARAÚJO, H.C. & DE FONSECA FILHO O. DA, 1918. Viagem scientifica no Rio Paraná e a Assuncion com volta por Buenos Aires, Montevideo e Rio Grande. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 10 (2): 104-173.
- MARTIN, J. W. & DAVIS, G. E., 2001. An updated classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series, 39: 1-124.
- MARTIN, J. W., BOYCE, S. L. & GRYGIER, M. J., 2003. New records of *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859) (Crustacea: Branchiopoda: Diplostraca: Cyclestherida) in Southeast Asia. The Raffles Bul. Of Zoology, 51 (2): 215-218.
- MARTIN, J. W. & C. CASH-CLARK, 1995. The externa! morphology of the onychopod "cladoceran" genus *Bythotrephes* (Crustacea. Branchiopoda. Onychopoda, Cercopagididae), with notes on the morphology and phylogeny of rbe order Onychopoda. Zoo]ogica Scripta, 24: 6]90.
-

-
- MCKENZIE, K. G. 1981. Palaeobiogeography of some salt lake faunas. *Hydrobiologia*, 82: 407-418.
- MELLORS, W. K., 1975. Selective predation of ephippial *Daphnia* and the resistance of ephippial eggs to digestion. *Ecology* 56: 974-980.
- MENDES, A. S. & FERNANDO, C. H., 1962. A guide to the freshwater Fauna of Ceylon.- *Bull. Fish. Res. Sin. Ceylon* 12: 1-160.
- MICHAEL, R. G., 1968. Fluctuation in the relative abundance of the weed fauna of a tropical freshwater fish pond. *Hydrobiologia* 31: 37-59.
- MICHELS, E., COTTENLE, K., NEYS, L., DE GELAS, K., COPPIN, P. & DE MEESTER, L., 2001. Geographical and genetic distances among zooplankton populations in a set of interconnected ponds: A plea for using GIS modelling of the effective geographical distance. *Mol. Ecol.* 10: 1929-1938.
- NAIR, K. K. N., 1968. Observations on the biology of *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Conchostraca: Crustacea). *Arch. Hydrobiologia* 65: 96-99.
- NAYAR, C. K. G. & NAIR, K. K. N., 1968. On a collection of conchostraca (Crustacea, Branchiopoda) from south India, with the description of two new species. *Hydrobiologia* 32: 219-224.
- OLESEN, J., MARTIN, J. W. & ROESSLER, E. W., 1996. External morphology of the male of *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859) (Crustacea, Branchiopoda, Spinicaudata), with a comparison of male claspers among the Conchostraca and Cladocera and its bearing on phylogeny of the 'bivalved' Branchiopoda. *Zoologica Scripta*, 25(4): 291-316.
- PETR, T., 1968. Population changes in aquatic invertebrates living on two water plants in a tropical man-made lake. *Hydrobiologia* 32: 449-485.
- RAYMOND, P. C., 1946. The genera of fossil Conchostraca an order of bivalved Crustacea. *Bull. Mus. Comp. Zool. Hun.* 963: 214-307
- ROCHA, O. & GÜNTZEL, A. 2001. Invertebrados de água doce. Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século 20. Projeto Biot. Fapesp. Vol. 4.
- ROESSLER, E. W., 1995. Review of Colombian Conchostraca (Crustacea) - ecological aspects and life cycles - family Cyclestheriidae. *Hydrobiologia* 298: 113-124.
- ROESSLER, E. W. & SANCHEZ, M., 1986. Estudios sobre los 'Entomostraceos' de Colombia. 1. Contribuciones al conocimiento de la historia natural de *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859). (Arthropoda. Crustacea, Conchostraca), con énfasis en aspectos bioecológicos y del ciclo vital. *Caldasia* 1468-70: 679-707.
- SASSAMAN, C., 1995. Sex determination and evolution of unisexuality in the Conchostraca. *Hydrobiologia* 298: 45-65.
-

-
- SAYEE, O. A., 1903. The Phyllopora of Australia, including descriptions of some new genera and species. Proc. R. Soc. Vict. 152: 224-261.
- SISSOM, S. L., 1975. Notes on ecology and life history of *Cyclestheria hislopi*, an Australian immigrant in Texas. American Zoologist 15: 815.
- SISSOM, S. L., 1980. An occurrence of *Cyclestheria hislopi* in North America. Tex. J. Sci. 322: 175-176.
- SPEARS, T. & ABELE, L. G., 2000. Branchiopod monophyly and interordinal phylogeny inferred from 18S ribosomal DNA. Journal of Crustacean Biology, 20 (1): 1-24.
- STRASKRABA, M., 1969. Lista de los Crustaceos dulceacuicolas de Cuba y sus relaciones zoogeograficas. Academia de Ciencias de Cuba Instituto de Biologia.-Serie Biologia No. 8: 1-37.
- STUHLMANN, F., 1888. Vorläufiger Bericht über eine mit Unterstützung der Königlichen Akademie der Wissenschaften unternommenen Reise nach Ost-Afrika zur Untersuchung der Süßwasserfauna. Sitzungsber. K. Acad. Wiss. 49: 1255-1269.
- TAYLOR, D. J., T. J. CREASE & W. M. BROWN, 1999. Phylogenetic evidence for a single long-lived clade of crustacean cyclic parthenogens and its implications for the evolution of sex. Proceedings of the Royal Society of London, (B) 266: 791-797.
- THIELE, J., 1900. Ueber einige Phyllopoden aus Deutsch Ost-Afrika.- Zool. Jahrb. Syst. 13: 564-576.
- TIMMS, B.V., 1979. The benthos of some lakes in northeastern Queensland. Proc. Roy. Soc. Queensland. 90: 57-64.
- TIMMS, B.V., 1986. *Cyclestheria hislopi* (Conchostraca) in Australia. Crustaceana 51 (3): 302-305.
- WEEKS S. C., R. J. DUFF. 2002. A genetic comparison of two species of clam shrimp in the genus *Eulimnadia*: an electrophoretic approach. Hydrobiologia. 486:295-302.
- WELTNER, W., 1898. Sitzung vom 20 December 1898. Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin 89: 199.
-

8 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:

8.1 - TÁXONS REVISTOS

São apresentadas breves discussões sobre a classificação de cada táxon de conchostráceo da Formação Rio do Rasto, tanto os tratados nos artigos submetidos à publicação, como outros importantes gêneros ou espécies que merecerão estudos detalhados futuros. Também são apresentadas algumas informações sobre a paleobiogeografia e idades. As denominações de conchostráceos usadas nos títulos de cada capítulo abaixo seguem as classificações adotadas por Rohn (1987).

Gênero *Cyzicus* Aldoin

Considerando-se as classificações taxonômicas propostas e adotadas por Tasch (1969, 1987), o gênero *Cyzicus* teria registros desde o Devoniano até os dias atuais, com distribuição global. No entanto, de acordo com outras classificações (e.g., Chen & Shen, 1985 e outros), o gênero *Cyzicus* nos conchostráceos fósseis precisaria ser desdobrado em diversos outros gêneros (e.g., *Pseudestheria*, *Euestheria*, *Lioestheria*), o que diminuiria significativamente a distribuição geográfica e estratigráfica de cada um.

Os exemplares da Formação Rio do Rasto atribuídos ao gênero *Cyzicus* sp., com margem dorsal aproximadamente reta, umbo pequeno, bandas de crescimento sem ornamentação ou com finíssimos grânulos (Figura 27), provavelmente pertencem ao gênero *Pseudestheria* Raymond, cuja idade é eopermiana a mesotriássica (Holub & Kozur, 1981).

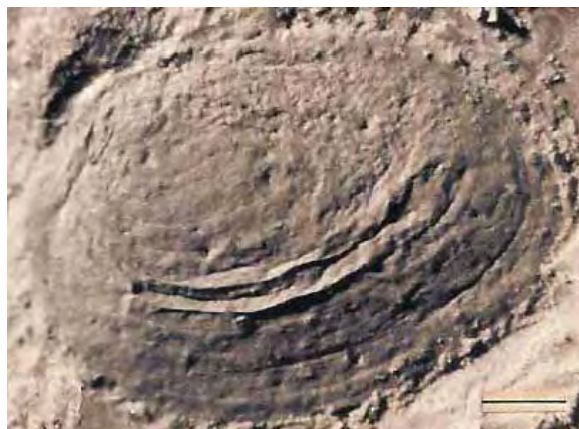


Figura 27 – Exemplar de ‘*Cyzicus* sp’. (escala = 1 mm)

Alguns exemplares mal preservados atribuídos a *Asmussia* sp. também devem corresponder a *Pseudestheria* sp.

Alguns raros exemplares, figuras 26 e 27 em Rohn (1987), atribuídos a *Cyzicus* (*Euestheria*) sp., com linhas de crescimento muito próximas, ornamentação constituída por pequenos polígonos e tamanho das valvas relativamente grande (bem maior do que os considerados como *Cyzicus* sp.), são reclassificados como *Euestheria?* sp. Este táxon é discutido com mais detalhe no capítulo sobre *Paranaleaia*.

***Paranaleaia supina* Rohn**

Rohn (1987) classificou esta espécie dentro da Família Leaiidae Raymond com base na fraca carena apresentada em alguns poucos exemplares que se estende da margem póstero-dorsal, próximo ao umbo, em direção a uma porção acentuadamente convexa da margem póstero-ventral. Entretanto, segundo Jones e Chen (2000), conchostráceos apresentando apenas uma carena pertencem à Família Monoleiophidae, e não Leaiidae.

Num trabalho de campo realizado no decorrer desta pesquisa, logrou-se encontrar um grande número de exemplares que puderam ser atribuídos a *Paranaleaia supina* Rohn devido aos seguintes caracteres: valvas subovais alongadas, com umbo tipicamente terminal, anterior, pequeno, bastante encurvado no bico, com linhas de crescimento dispostas não muito densamente (Figura 28). No entanto, em nenhum exemplar foi constatada a carena. Conclui-se, portanto, que a estrutura verificada em raros exemplares estudados por Rohn (1987) não seja, de fato, uma carena. Deste modo, descarta-se a hipótese de que *Paranaleaia supina* Rohn seja um monocarenado.

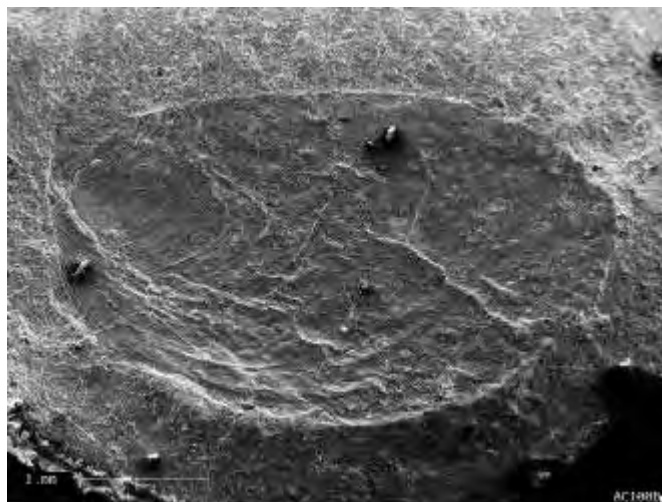


Figura 28 – Eletromicrografia de '*Paranaleaia supina*' Rohn.

Imagens de *Paranaleaia supina* feitas ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) revelam a presença de espinhos em forma serrada sobre as linhas de crescimento (Figura 29). Shen (2003) comentou que espinhos sobre linhas de crescimento eram tradicionalmente considerados elementos diagnósticos da família Afrograptidae, porém ele pôde constatar espinhos similares em 32 espécies de conchostráceos vivos e em 22 gêneros de conchostráceos fósseis, nem todos relacionados a essa família. Portanto, os espinhos seriam bastante comuns e outros critérios, além deste, precisariam ser usados para classificar os conchostráceos que apresentam tal característica.

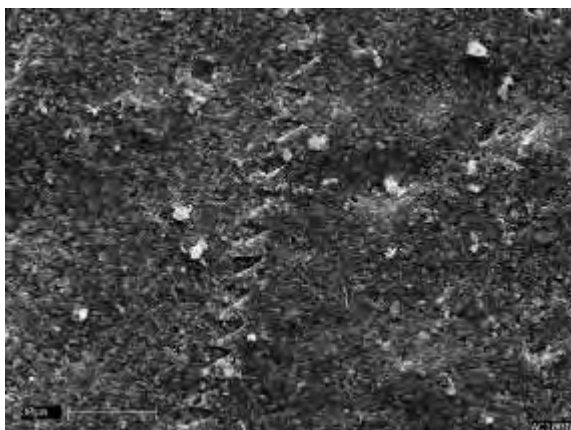


Figura 29 – Detalhe dos espinhos em forma serrada em '*Paranaleaia supina*' Rohn.

As imagens ao microscópio eletrônico de varredura também mostraram ornamentação constituída por minúsculos polígonos hexagonais. A forma peculiar das valvas distingue *P. supina* da maioria dos conchostráceos ilustrados na literatura disponível, porém uma classificação provavelmente mais correta seria o gênero *Euestheria* Depéret e Mazeran, da família Euestheriidae Defretin, 1965. O gênero *Euestheria* Depéret e Mazeran também reúne espécies com forma suboval, umbo pequeno bem proximal e ornamentação constituída por pequenos polígonos. *Paranaleaia supina* assemelha-se também a *Pseudestheria*, porém a presença dos minúsculos polígonos ao invés de grânulos na ornamentação é um argumento contrário a esta hipótese. Holub & Kozur (1981) interpretaram *Pseudestheria* com ancestral a *Euestheria*.

Portanto, sugere-se classificar preliminarmente *Paranaleaia supina* como *Euestheria? supina* (Rohn). A distribuição cronoestratigráfica de *Euestheria*, segundo Tasch (1969), é do Devoniano ao Cretáceo superior. Kozur (1982) ressaltou que formas relacionadas a *Euestheria* com ornamentação poligonal grande apareceram apenas no Mesozóico. A ornamentação poligonal muito pequena de *Euestheria? supina* coaduna com a provável

idade permiana. Segundo Liu (1990), *Euestheria* teria aparecido no final do Tatariano, porém Shen et al. (2002), comentaram que o gênero teria distribuição do Triássico ao Jurássico. Nota-se que é necessário a revisão deste gênero. Na presente tese, considera-se provisoriamente que alguns representantes já apareceram no final do Permiano.

Gênero *Asmussia* Pacht

Na Formação Rio do Rasto são comuns conchostráceos quase circulares com umbo subcentral que foram inicialmente denominados *Estheria regularis* Reed, sinonimizados para *Orthothemos regularis* (Reed) por Raymond (1946), classificação aceita por Mendes (1954), e finalmente para *Asmussia regularis* (Reed) por Rohn (1987). A classificação em *Asmussia* foi justificada pela ornamentação poligonal das bandas de crescimento e também pelo fato de Tasch (1969) ter colocado *Orthothemos* em sinonímia com *Asmussia*. Tasch (1987), que publicou sem conhecer o trabalho de Rohn (1987), considerou *Orthothemos regularis* como *Cyzicus (Lioestheria) regularis* (Reed). Descarta-se, aqui, a relação com “*Lioestheria*” Depéret & Mazeran, pois este gênero apresentaria uma pequena protuberância (nó) e um pequeno segmento radial no umbo (Kozur et al., 1981), além de ornamentação lisa a finamente granular (Holub & Kozur, 1981). O gênero *Asmussia* foi inicialmente descrito para o Devoniano, porém ele seria conhecido até o Cretáceo (Tasch, 1987). Assim como no caso de *Cyzicus* - gênero válido para alguns conchostráceos atuais, mas provavelmente não correto para representantes permianos, *Asmussia* também parece incluir um número demasiado de espécies e necessita de revisão.

Diversos exemplares de *Asmussia regularis* (Reed) (Figura 30) que possuem ornamentação reticulada, apresentam bandas de crescimento limitadas por duas finíssimas linhas ao invés de uma (linhas de crescimento “duplas”). Estes caracteres são comuns ao gênero *Concherisma* Novozhilov e Varentsov, do Permiano da Rússia. Contudo, *Asmussia regularis* têm forma mais circular, enquanto que *Concherisma* apresenta forma mais comprimida dorso-ventralmente. Por falta de opção mais adequada, os exemplares da Formação Rio do Rasto são provisoriamente mantidos em *Asmussia*, indicando-se, porém, a incerteza (*Asmussia? regularis*).

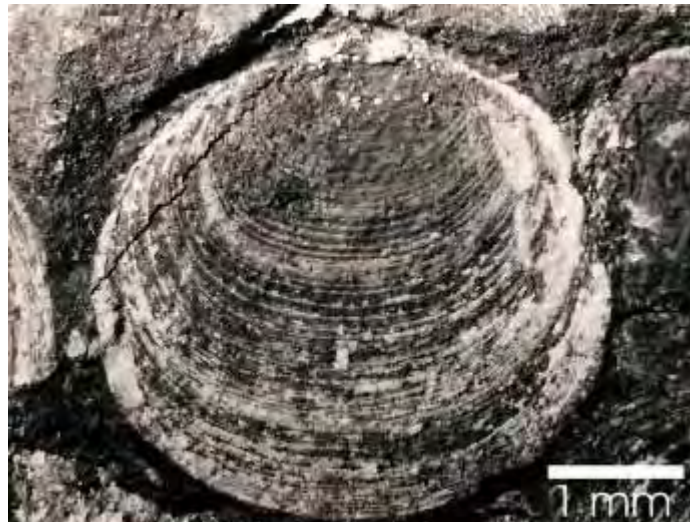


Figura 30 – Exemplar de *Liograptia?* (*Magniesteria*) Novozhilov (= *Asmussia regularis* Reed)

Outros exemplares atribuídos a *Asmussia regularis* (Reed) e alguns classificados como *Asmussia* sp. em Rohn (1987), precisam ser desmembrados porque não apresentam linhas de crescimento duplas, nem ornamentação poligonal claramente visível. As linhas de crescimento são muito numerosas (até mais do que 50), dispostas muito próximas entre si e possuem uma fina pontuação. A pontuação nas linhas é mais suave do que os pequenos espinhos em *Euestheria supina* (“*Paranaleaia*” *supina*). A forma das valvas é subcircular, as margens póstero e ântero-dorsal são mais ou menos retilíneas e curtas, o umbo é pequeno, subcentral e um pouco elevado em relação à margem dorsal. Estes exemplares guardam grande semelhança com *Liograptia* (*Magniesteria*) Novozhilov, inclusive com a espécie *Liograptia* (*Magniesteria*) *strictocostata* Novozhilov, 1946, do Tatariano da Rússia. Os exemplares da Formação Rio do Rasto diferem apenas no espaçamento das linhas, na ornamentação e no tamanho maior da valva. Esta diferença de tamanho pode ter causas ontogenéticas ou de dimorfismo sexual, de modo que as semelhanças entre as espécies são bastante significativas. Kozur (1982) informou que *Liograptia* (*Magniesteria*) seria cosmopolita no Triássico.

Shen et al. (2002) sugeriram que o subgênero “*Magniesteria*” deveria fazer parte de *Euestheria* e não *Liograptia* porque a ornamentação consistiria num minúsculo reticulado, sem elementos radiais. Quanto às linhas de crescimento, citaram que seu padrão seria serreado e não pontilhado. No caso dos exemplares de “*Asmussia*” *regularis* aqui discutidos, não foi possível reconhecer a ornamentação e, conforme já mencionado, o padrão das linhas não chega a ser serreado. Levando-se em consideração que pontos,

espinhos ou um padrão serreado nas linhas de crescimento seriam comuns entre os conchostráceos (Shen, 2003), a utilização deste critério para a identificação do subgênero *Magniestheria* deixa de ser importante. Desta forma, em caráter preliminar, os exemplares são reclassificados como *Liograpta?* (*Magniestheria*)? sp.

Alguns exemplares de *Liograpta* (*Magniestheria*) sp. apresentam películas carbonáticas sobrepostas aos moldes, que não devem representar as carapaças originais, pois feições externas das valvas aparecem impressas sobre ambas as superfícies. Estas películas carbonáticas devem ser causadas pela precipitação do material no espaço entre os moldes compostos devido à percolação de fluidos saturados em carbonato durante a diagênese (Rohn, 1987).

***Leaia pruvosti* Reed**

A espécie *Leaia pruvosti* Reed foi detalhadamente discutida num dos artigos submetidos para publicação. A espécie é sinonimizada a favor de *Hemicycloleaia mitchelli* Etheridge (Figura 31).

Hemicycloleaia mitchelli era anteriormente conhecida no Tatariano superior (Wuchiapingiano, Permiano Superior) da Bacia de Sydney, Austrália oriental, e corrobora a interpretação de que os estratos com leaiídeos da Formação Rio do Rasto não podem ser mais jovens que o Permiano. *H. mitchelli*, também encontrada no Tatariano da Rússia, possivelmente foi um dos conchostráceos melhor distribuídos, mais euríticos e conservadores do final do Paleozóico do Gondwana (sendo ainda necessário confirmar os registros da África, Índia e Antártica).



Figura 31 – Exemplar de *Hemicycloleaia mitchelli* Etheridge (= *Leaia pruvosti* Reed)

***Monoleaia unicostata* (Reed)**

Monoleaia unicostata (Reed), num dos artigos aqui anexados, foi sinonimizada a favor de *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) (Figura 33).

Na Formação Rio do Rasto, *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) é frequentemente encontrado associado a outras espécies de conchostráceos como *Paranaleaia supina* Rohn, *Palaeolimnadiopsis subalata* Reed, *P. riorastensis* Ferreira-Oliveira & Rohn, *Falsisca brasiliensis* Ferreira-Oliveira & Rohn e *Hemicycloleaia mitchelli* Etheridge.

O intervalo de ocorrência de *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) é bem maior que o de *Hemicycloleaia mitchelli* (Etheridge), pois ocorre desde a porção inferior do Membro Serrinha até a porção superior do Membro Morro Pelado, podendo corresponder ao Wordiano-Wuchiapingiano.

Na Índia, '*Monoleaia* sp.', aqui considerada como *Monoleiolphus unicostatus* (Reed), foi encontrada na Formação Pali junto a vegetais do gênero *Glossopteris* e outros fósseis neopermianos. O conchostráceo foi usado como indicador da proximidade do limite permo-triássico (Ghosh et al., 1987). Uma forma similar a *Monoleiolphus unicostatus* também ocorre no Permiano superior da Rússia.

Considerando-se válida a forma norte-americana *Monoleiolphus conemaughensis* Kobayashi, descrita inicialmente por Raymond (1946), as formas monocarenadas já teriam surgido no Pensilvaniano. No entanto, somente no Meso e Neopermiano tiveram distribuição paleobiogeográfica maior e apenas na Bacia do Paraná se tornaram muito abundantes.



Figura 32 – Exemplar de *Monoleiolphus unicostatus* (Reed) (= *Monoleaia unicostata* Reed).

Gêneros *Gabonestheria* Novozhilov, *Cornia* Lutkevitch e *Paleolimnadia* Raymond

Segundo Tasch (1987), os gêneros *Cornia* e *Palaeolimnadia*, encontrados na Formação Rio do Rasto, dispersaram-se para os cinco continentes no Hemisfério Sul durante o Paleozóico. *Cornia* seria um gênero encontrado no Permiano superior do Brasil, na Formação Rio do Rasto e no Permiano da Austrália (Sirius Creek, Queensland). Com exceção destas ocorrências citadas, todas as outras ocorrências de *Cornia* seriam atribuídas ao Triássico.

As ocorrências mais antigas de *Palaeolimnadia* estariam no Permiano superior do Brasil (Formação Rio do Rasto) e da Austrália (Bacia de Sydney) e também substanciariam correlações. Jones & Chen (2000) consideraram válida a ocorrência de *Palaeolimnadia* na Formação Boolaroo (Tatariano superior, Austrália).

Gabonestheria facultaria correlações entre a África, a Índia e a Formação Rio do Rasto. Tasch (1987) introduziu a espécie *Gabonestheria brasiliensis* Tasch.

Rohn (1987) também identificou os três gêneros na Formação Rio do Rasto e constatou que todos são raros. A identificação de *Palaeolimnadia* provavelmente está correta. Contudo, os exemplares atribuídos a *Gabonestheria* (Figura 33) e *Cornia* devem pertencer ao gênero *Megasitum* Novozhilov porque a saliência na região umbonal das valvas é apenas um abaulamento da carapaça e não um espinho sólido (Holub & Kozur, 1981).

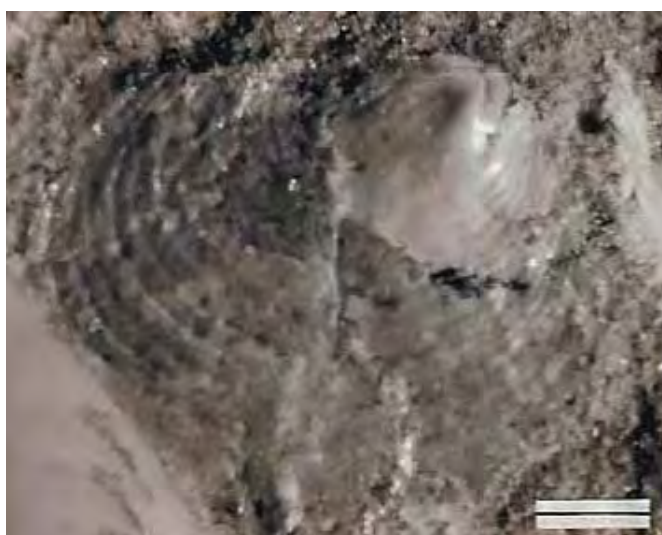


Figura 33 – Exemplar de *Megasitum* sp. Novozhilov (= *Gabonestheria brasiliensis* Tasch)

Os exemplares assemelham-se também a *Lioestheria*, porém não apresentam um elemento radial no umbo junto à protuberância circular (Kozur et al., 1981). O gênero

Megasitum é conhecido no intervalo do Permiano inferior ao superior da Europa (Holub & Kozur, 1981) e no Tatariano da Plataforma Russa (Jones & Chen, 2000). É necessário revisar as formas de *Gabonestheria* da África e da Índia para verificar as possibilidades de correlação.

***Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed) Raymond**

Um dos artigos submetidos à publicação, em anexo, trata da reanálise do material fóssil de Rohn (1987) e o estudo de exemplares adicionais coletados no âmbito da presente tese. Nem todos exemplares com recurvamento das linhas de crescimento próximo à margem póstero-dorsal podem ser incluídos em *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed), nem dentro da Família Palaeolimnadiopseidae. De acordo com a forma da carapaça e do tamanho do umbo, estes exemplares são reclassificados em três espécies (Figura 34). As carapaças de formato subelíptico com umbo pequeno e em posição subanterior são mantidas em *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed, 1929) Raymond, 1946. As carapaças subcirculares com umbo pequeno em posição subcentral correspondem à nova espécie *Palaeolimnadiopsis riorastensis*. Umbo de pequeno tamanho é uma característica da Família Palaeolimnadiopseidae. As valvas de formato elíptico com umbo grande e anterior são atribuídas à nova espécie *Falsisca brasiliensis*, da Família Perilimnadiidae, que é caracterizada pela presença de grandes umbos. O gênero *Palaeolimnadiopsis* tem uma grande distribuição cronoestratigráfica, porém o gênero *Falsisca* é restrito ao Permiano superior – Triássico inferior, da Europa e da Ásia. Na Bacia Tungus da Rússia, as espécies de *Falsisca* aparecem no final do Tatariano, acima das ocorrências de *Hemicycloleia* (conforme esquema de Jones & Chen, 2000). O gênero *Falsisca* não havia sido encontrado antes no Gondwana.

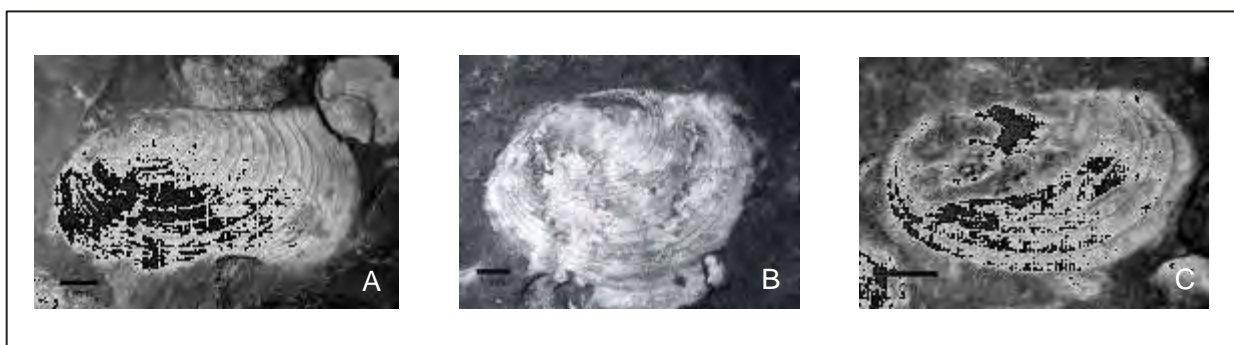


Figura 34 – A: *Palaeolimnadiopsis subalata*(Reed) Raymond; B: *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov; C: *Falsisca brasiliensis* sp. nov.

***Acantholeaia regoi* Almeida, *Acantholeaia* sp. Almeida e *Unicarinatus octavioi* Cardoso**

Três morfotipos caracterizados por minúsculas valvas preservadas como moldes, encontrados no Grupo Passa Dois foram anteriormente identificados como conchostráceos. No entanto, estes fósseis, na realidade, são bivalves (Mollusca). Os dois morfotipos originalmente classificados como *Acantholeaia regoi* Almeida (Figura 35), encontrados nas formações Corumbataí e Teresina do Grupo Passa Dois, correspondem a *Holdhausiella elongata* Mendes, 1952 e *Holdhausiella* cf. *H. elongata* Mendes, 1952. O terceiro morfotipo, supostamente da Formação Irati, foi primeiramente classificado como *Unicarinatus octavioi* Cardoso (Figura 36) e mais tarde sinonimizado para *Monoleiolphus* sp. De acordo com o presente estudo, ele corresponde ao bivalve ?*Leinzia*. A litologia da respectiva amostra e o local de coleta sugerem correção também na procedência litoestratigráfica, a qual deveria ser a Formação Teresina (e não a Formação Irati).



Figura 35 – Exemplo de *Holdhausiella elongata* Mendes (= *Acantholeaia regoi* Almeida).

As identificações incorretas dos fósseis influenciaram, em parte, interpretações anteriores do Grupo Passa Dois. Os conchostráceos são crustáceos de água doce e vivem somente em ambientes continentais. Desta forma, a sucessão sedimentar tem sido considerada como absolutamente continental. Entretanto, as formações Corumbataí e Teresina provavelmente foram depositadas num mar interior com salinidades variáveis controladas pelo clima e outros fatores. Os bivalves, embora endêmicos à Bacia do Paraná,

coadunam melhor com estas condições ambientais porque seus ancestrais provavelmente foram marinhos.



Figura 36 – Exemplar de ?*Leinzia* (= *Unicarinatus octavioi* Cardoso).

Rohn 1987	Presente trabalho
<i>Cyzicus</i> sp.	<i>Pseudestheria</i> Raymond
<i>Asmussia</i> sp. (em parte)	
<i>Cyzicus</i> (<i>Euestheria</i>) sp.	<i>Euestheria?</i> sp.
<i>Paranaleaia supina</i> Rohn	<i>Euestheria?</i> <i>supina</i> (Rohn)
<i>Asmussia regularis</i> (Reed) (em parte)	<i>Asmussia?</i> <i>regularis</i> (Reed)
<i>Asmussia regularis</i> (Reed) (em parte)	<i>Liograpt?</i> (<i>Magniestheria</i>) sp.
<i>Asmussia</i> sp. (em parte)	
<i>Leaia pruvosti</i> Reed	<i>Hemicycloleaia mitchelli</i> Etheridge
<i>Monoleaia unicastata</i> (Reed)	<i>Monoleiolophus unicastatus</i> (Reed)
<i>Gabonestheria brasiliensis</i> Tasch	<i>Megasitum</i> sp.
<i>Cornia</i> sp.	
<i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> (Reed)	<i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> (Reed)
	<i>Palaeolimnadiopsis riorastensis</i> sp. nov.
	<i>Falsisca brasiliensis</i> sp. nov.

Tabela 2: Lista dos táxons de conchostráceos da Formação Rio do Rasto conforme as reclassificações aqui sugeridas.

8.2 - ANÁLISE CRÍTICA DOS CARACTERES MORFOLÓGICOS USADOS NA IDENTIFICAÇÃO DE CONCHOSTRÁCEOS FÓSSEIS

Conchostráceos vivos são identificados com base na morfologia interna de seus órgãos, porém nos fósseis estas partes não são preservadas. Os conchostráceos fósseis são comumente preservados na forma de moldes, que preservam apenas as características externas das valvas como, por exemplo, formato externo das valvas, presença de carenas, número e densidade relativa das linhas de crescimento e, quando a preservação permite, a ornamentação nas bandas de crescimento. Apenas com estes caracteres os pesquisadores tentam identificá-los e classificá-los.

Kobayashi (1954), porém, ao tentar encontrar alguma característica das carapaças que pudesse servir para distinguir-se entre as famílias de conchostráceos vivos *Cyzicidae* e *Leptestheriidae*, ou mesmo um gênero de outro, concluiu que é “*praticamente impossível se distinguir famílias e gêneros com base apenas em características externas*”.

Rohn (1981) sugeriu os seguintes conjuntos de feições para a distinção das diversas categorias taxonômicas: 1) superfamília e/ou família: elementos radiais (costas ou carenas) e seu ponto de origem em relação ao umbo; recurvamento das linhas de crescimento na região posterior; 2) subfamília e/ou gênero; posição, forma e tamanho relativo do umbo; 3) gênero (e subgênero): caráter da margem dorsal; contorno geral; número de elementos radiais; 4) espécie (ou gênero, subgênero, ou subespécie): relações morfométricas; ornamentação nas bandas de crescimento, na margem dorsal e nos elementos radiais; natureza das linhas de crescimento (e número absoluto de linhas nos indivíduos considerados adultos).

Na verdade, é necessário estabelecer uma hierarquia de caracteres que permita a classificação dos conchostráceos fósseis, porém, também se faz imprescindível analisar cada um destes caracteres criteriosamente, antes de utilizá-los para esta finalidade.

Inicialmente, ao desenvolver a presente pesquisa, tentou-se realizar uma análise filogenética da Superfamília *Leaioidea* (que, por apresentar de uma até cinco carenas sobre as valvas, é um dos grupos com maior número de caracteres taxonômicos nas valvas), utilizando-se das características disponíveis nas carapaças preservadas. Segundo Heaney (1995), a metodologia cladística pode ser usada no estudo de grupos de invertebrados fósseis, mesmo naqueles considerados “*character-depauperate*”, cujos restos preservados correspondem apenas às partes duras, como as valvas dos conchostráceos. Contudo, os cladogramas resultantes mostraram baixa resolução, apresentando politomias. Interpreta-se

que os caracteres não foram suficientes em número, além de serem variáveis numa única assembléia fossilífera devido a vários fatores, não permitindo uma análise cladística com boa resolução. A seguir, cada caráter e sua problemática são comentados:

8.2.1 - Ângulo entre as carenas:

Leguizamón (1974) propôs que as espécies de *Leaia* deveriam ser diferenciadas de acordo com o ângulo entre a margem dorsal e a carena anterior (α) e o ângulo formado entre a margem dorsal e a carena posterior (β) (Figura 37). Porém, estes ângulos podem variar devido a fatores tafonômicos (por exemplo, deformação das carapaças) e a variação angular intraespecífica às vezes apresenta-se maior do que as diferenças angulares entre duas espécies. A distância entre o ponto de emergência das carenas no umbo, a forma das carenas (retas ou curvadas) e sua persistência desde o umbo até a margem ventral também podem variar devido à compactação dos sedimentos e à posição original das carapaças na matriz antes da diagênese.

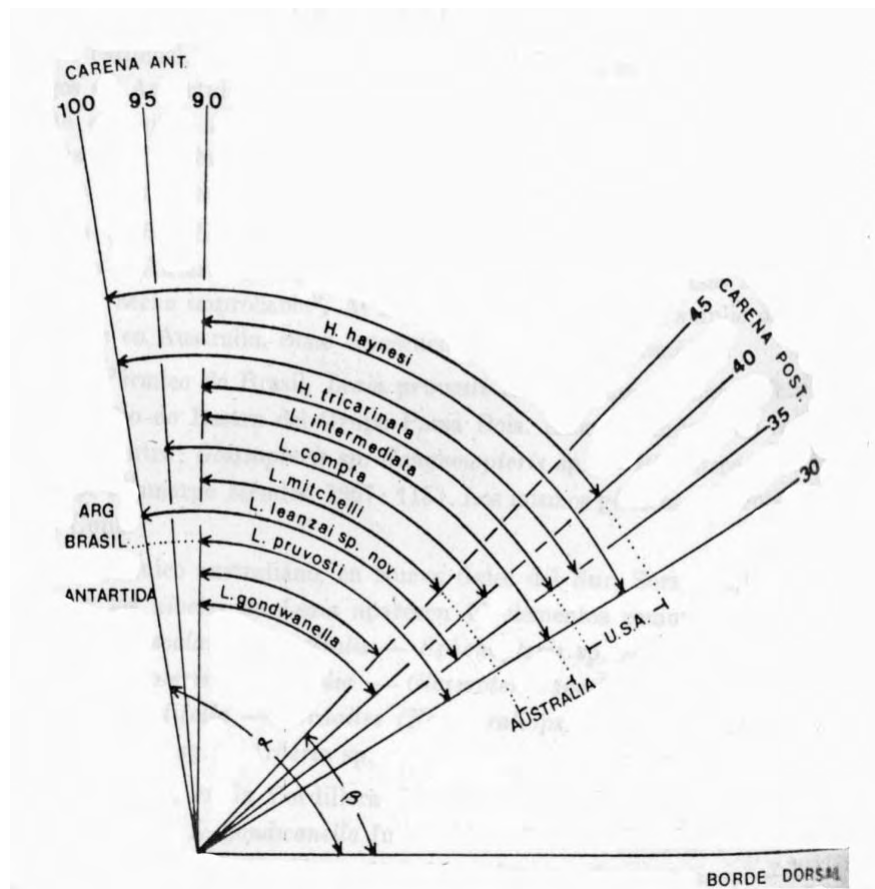


Figura 37 – Proposta de classificação de leaiídeos com base nos ângulos das carenas (Leguizamón, 1974)

Foi realizado no laboratório de cerâmicas da Unesp – Rio Claro um teste de compressão, onde moldes de conchas com simulação de carenas foram decalcados em uma matriz argilosa e submetidos a pressões de diferentes intensidades. Foi possível observar que, à medida que a compressão sobre o sedimento aumentava, o valor angular entre as carenas diminuía, devendo ocorrer o mesmo fato em condições naturais (Figura 38).



Figura 38 – Teste de compressão

8.2.2 - Número e densidade relativa das linhas de crescimento:

Conforme observado por vários autores (Kobayashi, 1954; Tasch, 1969, Frank, 1988), o número e a densidade relativa das linhas de crescimento podem variar em uma população e mesmo em apenas um indivíduo, devido a fatores de estresse ambiental.

Em um experimento desenvolvido nesta pesquisa foi observado que conchostráceos da espécie *Cyclestheria hislopi* Baird, ao sofrerem um estresse causado pelo ressecamento súbito do aquário no qual estavam sendo cultivados, passaram rapidamente por vários processos de ecdise. As novas bandas de crescimento, por terem sido geradas em um espaço de tempo muito curto, apresentaram uma largura muito pequena, aumentando enormemente a densidade das linhas de crescimento na região ventral das valvas.

8.2.3 - Formato externo das valvas:

Kobayashi (1954) observou a espécie *Euestheria kyongsangensis* Kobayashi & Kido e verificou que existem pelo menos quatro formas baseadas no formato externo das valvas, cuja variação seria possivelmente causada pelo dimorfismo sexual. Na verdade, exemplares de *Cyclestheria hislopi* Baird cultivados em aquário, analisados antes e depois da maturidade sexual, demonstraram uma forte variação no formato externo das valvas. A

partir da produção de ovos houve sensível arqueamento da margem dorsal, permitindo assim que os náuplios ganhassem espaço sob a carapaça do progenitor (Figura 39). Concluiu-se que o formato externo das valvas pode variar não apenas devido ao dimorfismo sexual, mas também por fatores ontogenéticos, devendo assim ser utilizado com cautela e apenas em casos de amostragens suficientemente representativas.

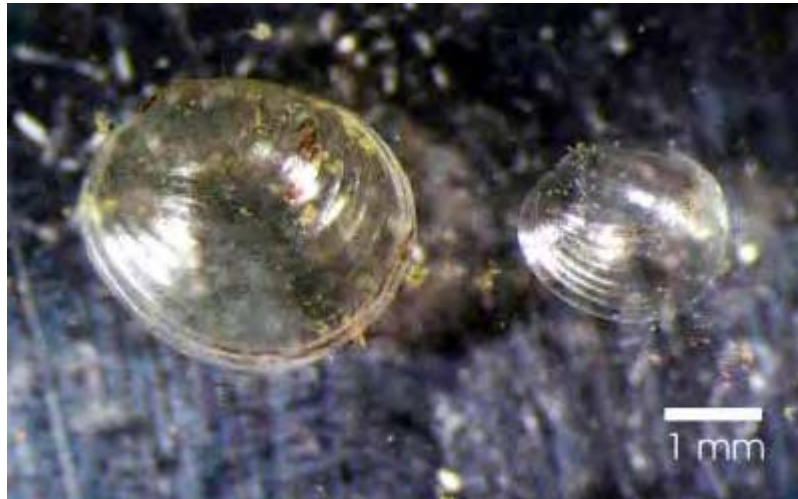


Figura 39 – Comparação entre o formato da margem dorsal da carapaça de um indivíduo da adulto da espécie *Cyclestheria hislopi* Baird (à esquerda) e um indivíduo jovem (à direita), antes da maturidade sexual.

8.2.4 - Ornamentação nas bandas de crescimento

De acordo com experiências realizadas com a espécie vivente *Cyclestheria hislopi* Baird, mais de um padrão de ornamentação pode ser observado num mesmo indivíduo de acordo com seu estágio de desenvolvimento ontogenético (Figura 40). A ornamentação passa de muito finamente poligonal para pontuada. No caso dos conchostráceos fósseis, Defretin (1958) comentou que, enquanto algumas espécies podem ser identificadas com base na ornamentação nas bandas de crescimento, outras não podem, o que faz com que este caráter taxonômico não possa ser utilizado com segurança em todos os casos. Recomenda-se cuidado ao utilizar-se deste caráter para distinções infragenéricas, principalmente quando se dispõe de um número pequeno de exemplares, ou apenas de exemplares não muito bem preservados. Tasch (1969) ressaltou que nenhuma classificação de conchostráceos viventes se baseia na ornamentação das valvas. Entretanto, este fato é facilmente compreensível, uma vez que as partes internas dos organismos, muito raramente

preservadas nos fósseis, fornecem muito mais parâmetros para a classificação do que a carapaça. Além disso, os conchostráceos vivos apresentam, em geral, ornamentação muito simples.

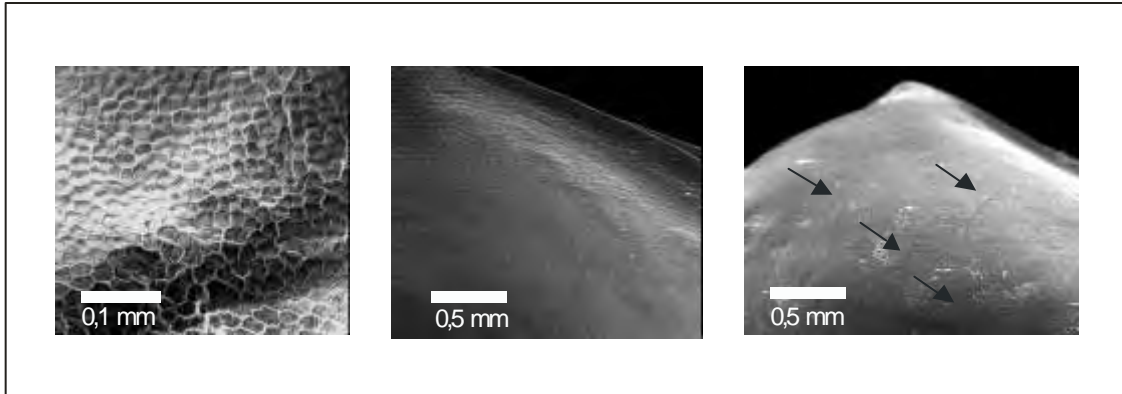


Figura 40 – Variação do padrão de ornamentação em *C. hislopi* Baird. À esquerda, ornamentação de um indivíduo recém-nascido; ao centro, ornamentação de um adulto; à direita, as setas indicam a presença de estrias na região umbonal da valva de um indivíduo adulto.

8.3 – CONSIDERAÇÕES PALEOECOLÓGICAS E PALEOAMBIENTAIS

8.3.1 - Ocupação de corpos de água temporários e permanentes:

Segundo Tasch & Zimmerman (1962) e Tasch (1969), os conchostráceos apenas viveriam em poças e corpos d'água temporários. O número de linhas de crescimento e estimativas do intervalo de tempo decorrido entre duas ecdises facultariam calcular a duração do corpo de água efêmero. Entretanto, de acordo com outros autores (e.g., Frank, 1988) e as observações de conchostráceos cultivados no contexto do presente trabalho, foi constatado que conchostráceos vivem também em corpos d'água permanentes, como lagos e lagoas conectadas a rios. Os conchostráceos da espécie *Cyclestheria hislopi*, observados nos experimentos, procedem da Lagoa do Óleo, que é um corpo de água permanente. A hipótese de Tasch & Zimmerman (1962) de que as ecdises ocorreriam em intervalos de tempo regulares também apresenta problemas. Os experimentos realizados nos aquários demonstraram que o ressecamento súbito de um corpo d'água desencadeia mecanismos fisiológicos que diminuem o intervalo de tempo entre as ecdises.

No caso do Membro Serrinha, os depósitos que apresentam os conchostráceos geralmente são tabulares, têm grande extensão lateral e raramente exibem gretas de contração ou evidências de ressecamento (Rohn, 1994). As litofácies sugerem que os ambientes deposicionais eram lagos relativamente permanentes. Adicionalmente, alguns depósitos com conchostráceos também apresentam moldes de bivalves, os quais não teriam existido em corpos de água efêmeros.

No caso do Membro Morro Pelado, os pelitos ricos em conchostráceos freqüentemente são lenticulares, alguns apresentam gretas de contração e muito mais raramente ocorrem moluscos bivalves (Rohn, 1994). Neste caso, é mais provável que os ambientes de vida dos conchostráceos tenham sido efêmeros.

8.3.2 - Coabitação entre conchostráceos e peixes predadores:

Tasch (1969), considerou que conchostráceos existiriam somente em corpos d'água sem peixes, pois eles constituiriam presas fáceis para a alimentação dos predadores. Esta hipótese foi apresentada juntamente com a outra referente ao caráter efêmero dos corpos d'água, pois em águas temporárias não existiriam predadores.

Olsen (1984) admitiu a possibilidade de que os conchostráceos vivessem em corpos d'água com peixes desde que eles apresentassem densa vegetação de macrófitas, oferecendo proteção contra a predação.

Ao contrário do exposto, diversos exemplos de corpos d'água da atualidade mostram que a distribuição de conchostráceos e peixes não é exclusiva, nem excepcional. Timms (1979) registrou *Cyclestheria hislopi* no lago Barrine, de 65 m de profundidade, localizado em Queensland, o qual contém peixes. Na Lagoa do Óleo da bacia do rio Mogi-Guaçu, onde foi coletado o conchostráceo vivente *Cyclestheria hislopi*, usado nos experimentos da presente tese, também há peixes. Adicionalmente, diretamente associados aos conchostráceos há crustáceos pertencentes à subordem Cladocera, à Classe Maxillopoda, Subclasses Ostracoda e Copepoda, e à Classe Malacostraca, Subclasse Eumalacostraca, Superordem Peracarida e da Ordem Amphipoda.

Na Formação Rio do Rasto, a associação dos conchostráceos a restos de peixes, além de bivalves, gastrópodes, ostrácodos e vegetais fósseis (Rohn, 1987, 1994), pode representar, portanto, uma situação natural do ambiente de sedimentação e não obrigatoriamente uma associação tafonômica.

8.3.3 - Coabitação de populações de duas espécies do mesmo gênero em um mesmo corpo d'água:

Foi observada a presença de cistos de duas espécies pertencentes ao gênero *Eulimnadia* Packard, no solo coletado em uma única localidade no município de Nova Lima, Estado de Minas Gerais (Figura 41). Este fato é importante, pois confirma a possibilidade de que duas espécies pertencentes ao mesmo gênero possam coabitar um mesmo corpo d'água.

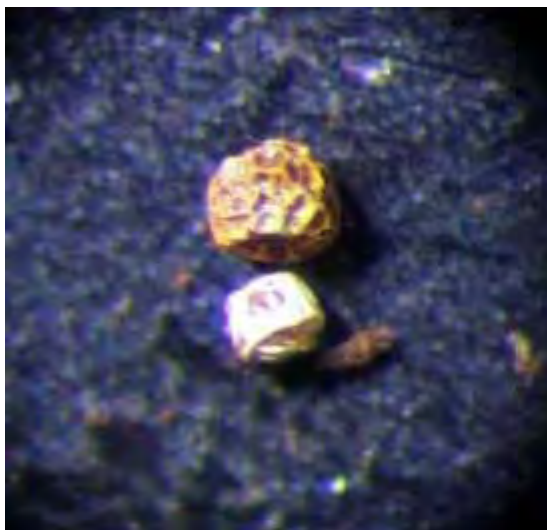


Figura 41 – Cistos de duas espécies do gênero *Eulimnadia* Packard, coletados em um mesmo ponto em Nova Lima, Estado de Minas Gerais. (aumentado 50 X).

No caso da Formação Rio do Rasto, é comum a ocorrência de diversos gêneros num único horizonte, podendo também existir duas espécies de um gênero. Um exemplo é a associação de *Palaeolimnadiopsis subalata* e *Palaeolimnadiopsis riorastensis* observada em Poço Preto, próximo ao rio Timbó (SC). Adicionalmente, cabe lembrar que a existência de um ou mais gêneros num nível depende da classificação taxonômica adotada. Por exemplo, se for adotada a classificação de Tasch (1969), um grande número de espécies poderia ser acomodado em *Cyzicus* e, portanto, duas ou mais espécies deste gênero poderiam encontrar-se numa única amostra; utilizando-se classificações mais refinadas, tais espécies poderiam pertencer a gêneros distintos.

8.3.4 – Salinidade e condições químicas da água:

Conchostráceos podem habitar corpos d'água permanentes, cuja salinidade seja suficientemente baixa, de acordo com a tolerância de cada espécie. Raros conchostráceos

viventes toleram alterações de salinidade, o que permite inferir que os paleoambientes nas localidades onde são encontrados conchostráceos fósseis deveriam corresponder a corpos d'água doce.

No caso da Formação Rio do Rasto, a presença de conchostráceos em diversos níveis constitui um dos principais argumentos de que os ambientes deposicionais aquáticos eram continentais. Também há anfíbios e determinados bivalves como *Palaeomutela* que corroboram tal hipótese.

Um dos experimentos realizados com dez indivíduos de *Cyclestheria hislopi* consistiu em permitir o ressecamento da água do aquário. Nos últimos estágios de ressecamento, os indivíduos entraram prematuramente no estágio reprodutivo e produziram mais do que uma centena de descendentes. Após o ressecamento total da água, formou-se um pavimento com alta concentração de carapaças dos indivíduos mortos. Em diversos descendentes havia ovos que teoricamente poderiam eclodir se colocados novamente em meio aquoso, porém não se obteve sucesso em tal procedimento. Embora não tenha sido possível detectar mudanças de salinidade da água nos últimos estágios do ressecamento da água, certamente ocorreu alguma modificação química que funcionou como gatilho para iniciar o processo de acelerada reprodução dos indivíduos.

O experimento é interessante para discutir o significado de algumas enormes concentrações de conchostráceos na Formação Rio do Rasto (até 9 valvas por centímetro quadrado, segundo Rohn, 1987). Tais horizontes poderiam ter alguma relação com mortalidades em massa causadas por modificações químicas no ambiente. Uma alternativa seria um ligeiro aumento da salinidade da água (ou da alcalinidade) causado por intensa evaporação. Outras alternativas para as grandes concentrações também precisam ser levadas em consideração: a) mortalidade em massa por instalação abrupta de condições temporariamente anóxicas por eutrofização da água (embora a maior parte da Formação Rio do Rasto deva ter sido depositada em condições oxidantes); b) mortalidade em massa por esfriamento abrupto da água; c) concentração temporal de carapaças (*time averaging*) quando ocorriam intervalos com baixíssimas taxas de sedimentação, embora as carapaças não devam ter permanecido muito tempo expostas sobre o substrato em condições oxidantes porque elas são pouco resistentes a necrófagos e a decompositores; d) concentração hidráulica das carapaças por fluxos, ondas e outros processos, porém não como bioclastos mais “pesados” que os sedimentos, concentrados nas bases dos depósitos, mas como os últimos elementos depositados após cada evento energético porque as carapaças flutuam facilmente; em Santo Antônio da Platina, km 42 da BR 153, há

exemplos de pelitos e arenitos muito finos ligeiramente ondulados com grandes concentrações de conchostráceos, provavelmente formadas sob influência de ondas.

8.4 – BIOESTRATIGRAFIA, CRONOESTRATIGRAFIA E PALEOBIOGEOGRAFIA

8.4.1 – Bioestratigrafia

Tendo em vista a reclassificação de alguns táxons da Formação Rio do Rasto, o esquema bioestratigráfico de Rohn (1994) é modificado (Figura 42):

- A primeira zona é chamada **Zona *Pseudestheria* sp.**, com o limite inferior definido pelo aparecimento de *Pseudestheria* sp. e o limite superior pelo aparecimento de *Monoleiolphus unicostatus*. Esta zona abrange apenas o Membro Serrinha da Formação Rio do Rasto.

- A **Zona *Monoleiolphus unicostatus* (Reed)**, com limite inferior determinado pelo aparecimento da espécie que lhe dá nome e limite superior com o aparecimento de *Euestheria*, compreende a parte média do Membro Serrinha e contém as espécies *M. unicostatus*, *Megasitum* e *Pseudestheria* sp.1.

- A terceira zona, **Zona *Euestheria? supina* (Rohn)**, tem seu limite inferior no aparecimento desta espécie e o superior no desaparecimento de *Monoleiolphus unicostatus*. Esta zona abrange o topo do Membro Serrinha e um pouco mais da metade do Membro Morro Pelado. A **Subzona *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed)**, proposta em Rohn e Rösler (1990) foi redefinida como uma subzona da Zona *Euestheria? supina* (Rohn) e tem seu limite inferior marcado pelo aumento significativo de ocorrências da espécie *Palaeolimnadiopsis subalata*, coincidindo aproximadamente com o nível de ocorrência de *Palaeolimnadia* sp., *Paleolimnadiopsis riorastensis* e *Falsisca brasiliensis*. O limite superior da subzona é definido pelo desaparecimento de diversas espécies, principalmente da espécie *Monoleiolphus unicostatus*. Ela abrange a porção inferior à média do Membro Morro Pelado.

• O intervalo final do zoneamento, a porção superior do Membro Morro Pelado, é marcado pelo escasseamento e má preservação dos poucos conchostráceos presentes, ocorrendo raramente na BR 376 até o contato da Formação Rio do Rasto com a Formação Pirambóia.

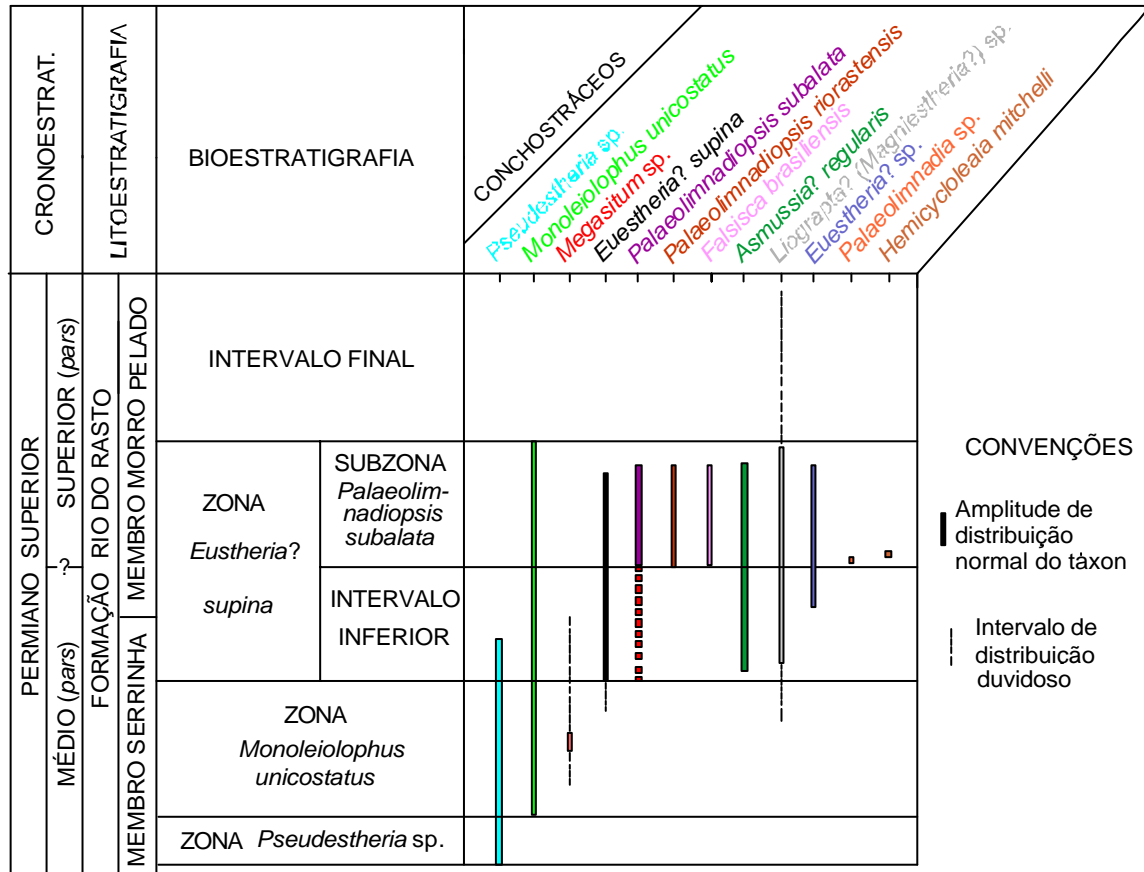


Figura 42 - Esquema bioestratigráfico modificado de Rohn (1994) neste trabalho.

8.4.2 – Cronoestratigrafia

Em primeiro lugar, é necessário tecer algumas considerações sobre as escalas de tempo geológico. No Brasil, adotava-se tradicionalmente a escala de tempo da Plataforma Russa, na qual o Neopermiano era subdividido em Kazaniano e Tatariano. Jin et al. (1997) publicaram a primeira proposta que é adotada na escala oficial do IUGS (Wardlaw et al., 2004 in Gradstein et al., 2004). Segundo este esquema, os antigos Kazaniano e Tatariano estariam totalmente compreendidos no Guadalupiano (= Permiano Médio); o Lopingiano (=Permiano Superior) não apresentaria o Tatariano e corresponderia, em grande parte, a uma discordância na Plataforma Russa, Estados Unidos e na Alemanha. No entanto, Menning et al. (2006) reajustaram a escala de modo que o Tatariano seria equivalente a uma grande parte do Guadalupiano e Lopingiano, não existindo tão grandes discordâncias nas bacias citadas. Cisneros et al. (2005), no estudo de tetrápodes da Formação Rio do Rasto, apresentaram um esquema em que o Tatariano chegaria ao topo do Lopingiano. No presente trabalho, uma vez que estão sendo tentativamente realizadas correlações com bacias russas, é adotado o esquema de Menning et al. (2006) (figura 43).

A presença de *Hemicycloleia mitchelli* Etheridge na Formação Rio do Rasto, nas bacias de Sydney (Formação Boolaroo) e de Bowen (Fort Cooper Coal Measures), no Lebedeviano (=Tatariano superior) da Bacia Tungus da Rússia e provavelmente no Severodviniano (~ Tatariano médio-superior) da Plataforma Russa permite inferir que o intervalo com tal espécie corresponda ao Tatariano médio-superior, o que corresponde aproximadamente ao limite Guadalupiano-Lopingiano, abrangendo talvez uma parte do Andar Wuchiapingiano. Esta correlação concorda com parte da proposta de Cisneros et al. (2005), onde todos os tetrápodos da Serra do Cadeado (PR) estariam no Andar Wuchiapingiano.

Monoleiolphus unicostatus (Reed) também sugere correlações interessantes: com a Formação Pali do Permiano superior da Índia (Ghosh et al., 1987) e possivelmente com o Tatariano da Plataforma Russa, onde ocorre uma forma muito similar denominada *Monoleiolphus monocarinatus* Lutkevich.

Embora *Palaeolimnadia* sp. da Formação Rio do Rasto seja muito raro e mal preservado, pode-se ressaltar que *Palaeolimnadia glabra* ocorre na Formação Boolaroo da Austrália e no Lebedeviano da Bacia Tungus junto com *Hemicycloleia*. Segundo Tasch (1987) as ocorrências de *Palaeolimnadia* da Austrália e do Brasil seriam as mais antigas do gênero.

Liograptus (*Magnietheria*) é um táxon principalmente triássico e jurássico, mas os primeiros representantes são do Tatariano (Novozhilov, 1946). O mesmo pode ser afirmado para *Euestheria* (Shen et al., 2002), havendo certa discrepância entre os autores quanto à sua amplitude. No caso da Formação Rio do Rasto, estes táxons foram identificados com bastante incerteza, de modo que as respectivas idades sugeridas não têm muito peso nas interpretações.

Os outros gêneros identificados como *Falsisca*, *Palaeolimnadiopsis*, *Megasitum*, *Pseudestheria* e possivelmente *Asmussia* apresentam amplitudes estratigráficas relativamente grandes no Permiano e não são muito úteis para a interpretação da idade.

De qualquer modo, os dados permitem concluir que a Formação Rio do Rasto está contida inteiramente no Permiano. Para a estimativa da idade da porção basal, a melhor informação provém da correlação do Membro Serrinha com a Formação Gai-As da Namíbia através dos bivalves *Leinzia similis*, considerando-se que logo acima dos últimos bivalves da Namíbia há cinzas vulcânicas datadas em $265,5 \pm 2,2$ Ma (~ topo do Wordiano). A base do membro deve estar no Wordiano (Guadalupiano). O topo da Formação Rio do Rasto, conforme os dados referentes aos conchostráceos aqui discutidos, deve estar no Wuchiapingiano (Lopingiano).

8.4.3. Paleobiogeografia

A figura 44 mostra um mapa com as ocorrências fossilíferas dos principais táxons discutidos nas correlações.

Rohn (1987, 1994) foi relativamente conservadora ao procurar correlacionar a Formação Rio do Rasto com depósitos sedimentares de outras bacias através dos fósseis. Em parte, o procedimento baseou-se nos conhecimentos em macrofitofósseis, os quais facultam correlações geralmente no âmbito do Gondwana; as floras do Hemisfério Norte teriam sido muito distintas e normalmente não são levadas em consideração nas correlações.

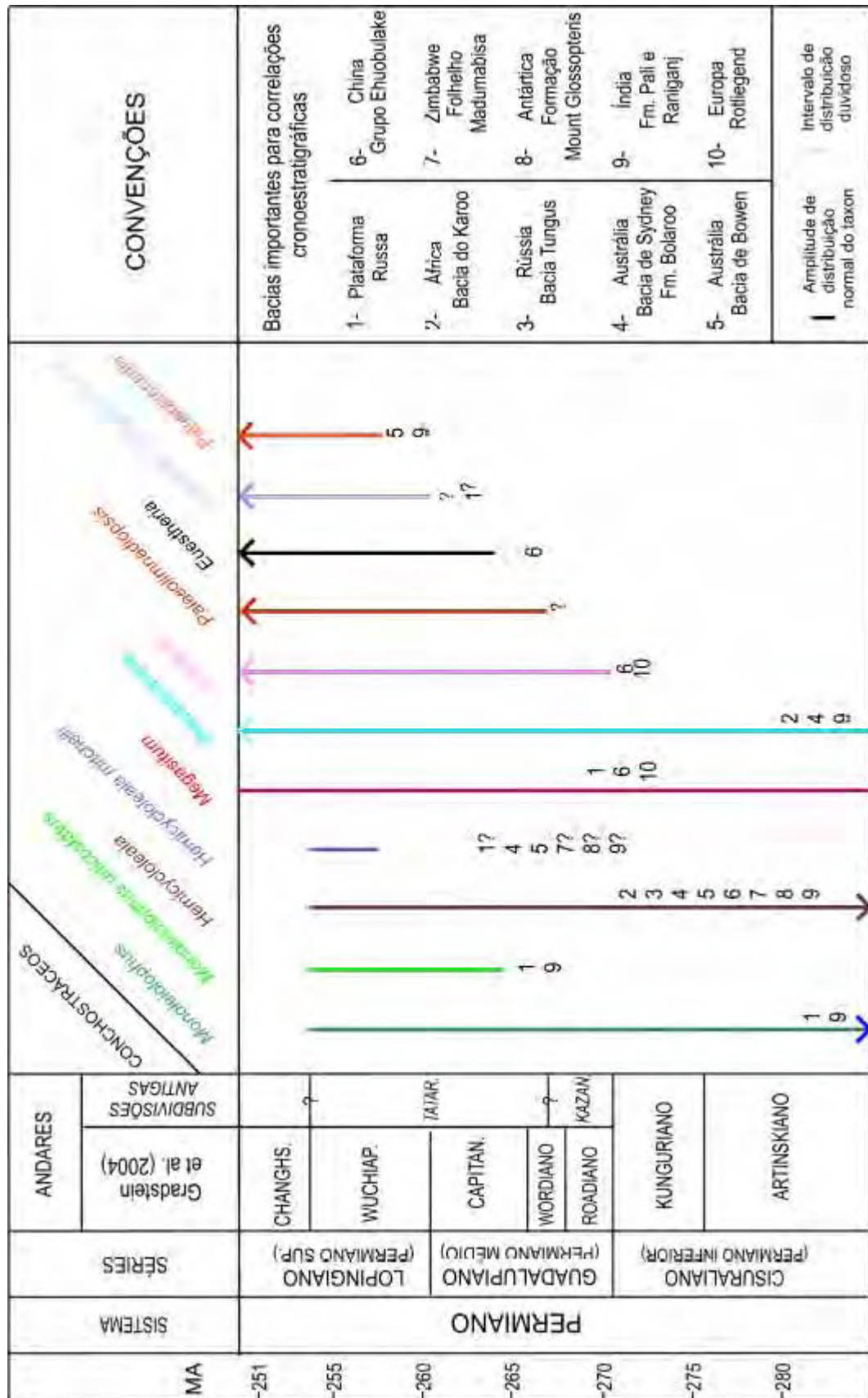


Figura 43 – Correlações cronoestratigráficas entre bacias sedimentares importantes.

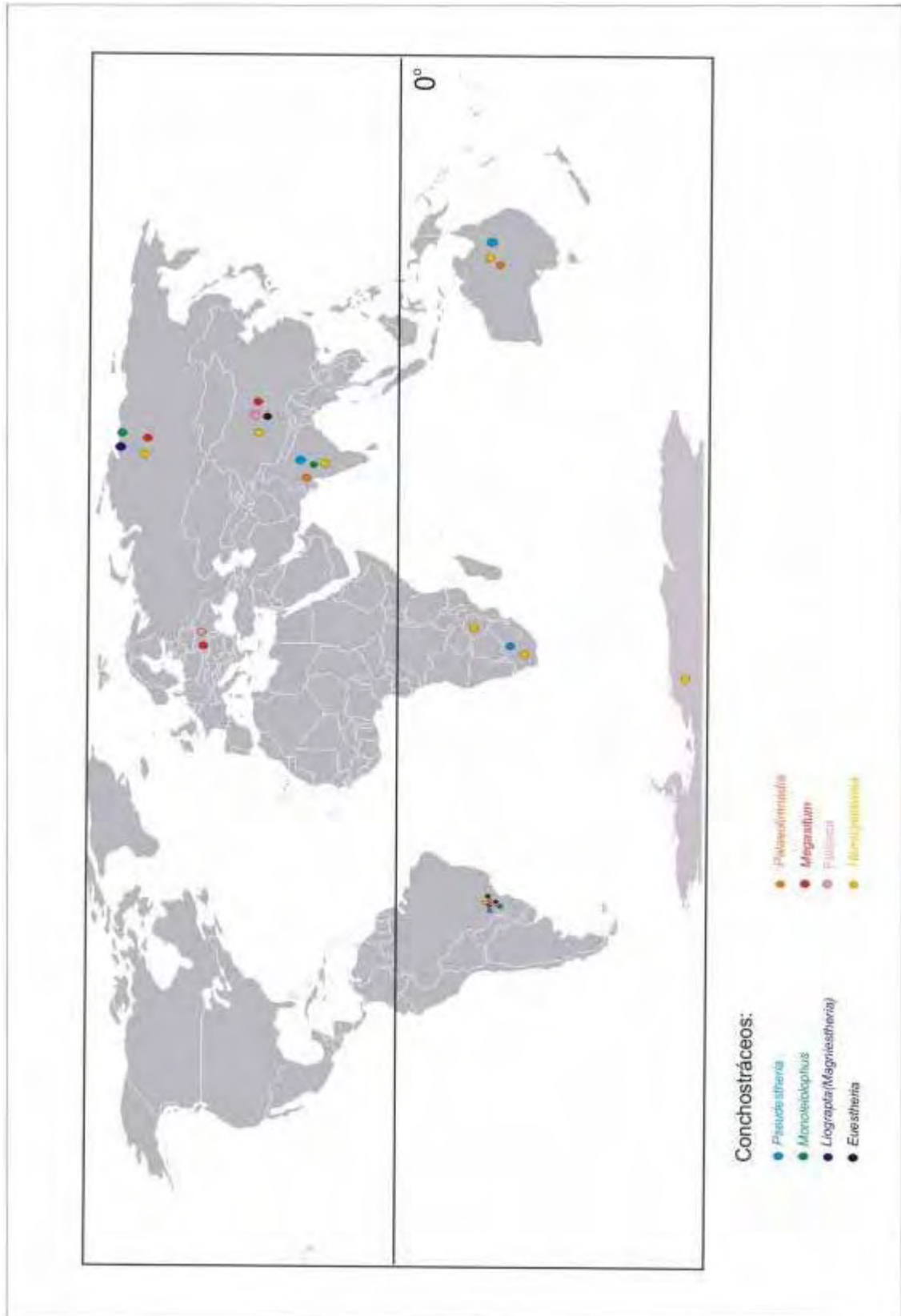


Figura 44 - Ocorrências fossilíferas dos principais táxons discutidos nas correlações.

Tasch (1987) e Ghosh et al. (1987), no estudo de conchostráceos, por outro lado, já discutiram rotas de dispersão que incluem tanto o Gondwana, quanto os continentes setentrionais. Heinz Kozur (comunicação verbal à orientadora em 2000) afirmou que conchostráceos fósseis são ótimos para correlações entre depósitos continentais distantes, de modo que correlações entre depósitos da Bacia do Paraná e da Europa ou China seriam possíveis.

De fato, tendo em vista que muitas espécies de conchostráceos produzem ovos resistentes, suportando ressecamento e transporte pelo vento por vários anos, eles provavelmente se dispersavam com muita facilidade. No caso do Meso e Neopermiano, as condições de dispersão provavelmente eram mais promissoras do que em diversos outros intervalos de tempo porque os continentes estavam reunidos numa grande massa continental denominada Pangea. Adicionalmente, o clima nos continentes provavelmente era relativamente quente e em muitas áreas a temperatura permanecia acima de 0°C, inclusive no inverno. Condições relativamente secas em várias áreas continentais interiores deve ter sido outro fator que favoreceu o desenvolvimento dos conchostráceos, enquanto outros organismos se extinguiram. É importante ressaltar que os conchostráceos da Formação Rio do Rasto aparecem mais diversificados na parte superior, onde há mais fácies de dunas eólicas; outros fósseis são escassos neste intervalo.

Hemicycloleaia mitchelli distribuiu-se amplamente no Gondwana e no Hemisfério Norte durante o Neopermiano. Os conchostráceos deste gênero provavelmente dispersaram-se entre a Sibéria e Austrália oriental via China. Esta hipótese fundamenta-se na interpretação de que uma placa tectônica, que hoje faz parte da China, colidiu pelo menos uma vez durante o final do Paleozóico com o Gondwana na região da Austrália e também colidiu com uma outra placa da China em posição mais setentrional. Deste modo, deve ter havido uma ponte continental que facultou a dispersão dos leaiídeos e de outras espécies de conchostráceos entre o Hemisfério Norte e o Gondwana. *Hemicycloleaia mitchelli* possivelmente ocorre também na África, Antártica e Índia, além da Bacia do Paraná. A partir do Gondwana Oriental, *Hemicycloleaia* dispersou-se para a porção Ocidental. Aparentemente, não teve tanto sucesso na Bacia do Paraná como na Austrália, tendo em vista o registro escasso.

Outros táxons da Formação Rio do Rasto não permitem realizar interpretações tão detalhadas, porém é significativo que *Monoleiolphus unicastatus* tenha registro também na Índia e possivelmente na Rússia. Ainda assim, esta espécie aparentemente foi mais abundante e persistente na Bacia do Paraná. O Gondwana Ocidental provavelmente era

mais seco que o Gondwana Oriental (conforme interpretações da flora, Rohn, 1994), o que pode ter influenciado a alta frequência de *Monoleiolphus* e a baixa de *Hemicycloleaia*.

Palaeolimnadia também foi encontrada na Austrália, Rússia e na Bacia do Paraná e deve ter apresentado dispersão similar à interpretada para *Hemicycloleaia*.

As espécies de *Palaeolimnadiopsis* e *Falsisca* não são substancialmente distintas de formas da Europa, Rússia e China, sendo possível que, futuramente, diversas espécies venham a ser sinonimizadas. Além da rota via China, deve-se investigar possíveis rotas entre a região da Bacia do Parnaíba e da Europa, pois estas apresentam semelhanças paleoflorísticas (Capretz et al., 2006). Outras investigações necessárias são a respeito de *Megasitum*, *Euestheria*, *Pseudestheria*, *Liograptia* (*Magniestheria*).

Entre os conchostráceos da Formação Rio do Rasto, a espécie mais endêmica parece ter sido *Euestheria? supina* (=“*Paranaleaia*” *supina*). Tal espécie parece ser muito distinta de todas usadas para comparação da literatura e apresenta padrão serreado peculiar nas linhas de crescimento. Foi bastante abundante, talvez apenas ligeiramente menos frequente que *Monoleiolphus*.

Nas considerações apresentadas é preciso ressaltar que faltam quase completamente informações sobre conchostráceos neopermianos da África e de outros países da América do Sul (na Argentina, os conchostráceos registrados são mais antigos ou mais novos). Portanto, poderiam existir correlações melhores do que as realizadas com o Hemisfério Norte.

Considerando-se o relativo sucesso de *Hemicycloleaia* na ocupação de diversas bacias, com espécies relativamente conservadoras e euritópicas, bem como o sucesso de outros leaídeos, é marcante o seu desaparecimento no final do Paleozóico. Desta forma, os leaídeos provavelmente também foram afetados pela crise biótica próximo ao limite permotriássico e podem ser importantes para interpretações sobre o evento. *Monoleiolphus*, *Pseudestheria* e aparentemente *Megasitum* também desapareceram no final do Permiano, porém os dois últimos podem ter originado outros gêneros, dando continuidade às linhagens. Gêneros como *Falsisca*, *Palaeolimnadiopsis*, *Euestheria*, *Palaeolimnadia* e *Liograptia* (*Magniestheria*) continuaram existindo no Mesozóico.

9 - CONCLUSÕES

- São considerados válidos, após análise neste trabalho, os seguintes táxons de conchostráceos fósseis da Formação Rio do Rasto: *Hemicycloleaia mitchelli* Etheridge, *Monoleiolphus unicostatus* (Reed), *Palaeolimnadiopsis subalata* (Reed), *Palaeolimnadiopsis riorastensis* sp. nov., *Falsisca brasiliensis* sp. nov., *Pseudestheria* sp. *Euestheria? supina* (Rohn), *Euestheria? sp.*, *Asmussia? regularis* (Reed) e *Liograpt? (Magniestheria) sp.*
 - Muitos caracteres morfológicos das carapaças dos conchostráceos como, por exemplo, curvatura das carenas, origem das carenas no umbo, ângulo entre as carenas, proporção entre o comprimento e a altura das carapaças, curvatura da margem dorsal, número e largura das bandas de crescimento, densidade relativa das linhas de crescimento e ornamentação podem variar devido a fatores tafonômicos, ecológicos e ontogenéticos, não sendo considerados como caracteres diagnósticos totalmente confiáveis, nem podem ser usados para análises filogenéticas de alta resolução.
 - Os gêneros *Acantholeaia* Almeida e *Unicarinatus* Cardoso correspondem a moluscos bivalves e não a conchostráceos.
 - Os conchostráceos são bons indicadores de ambientes deposicionais de água doce e aparentemente são bons indicadores de modificações químicas da água quando sofreram mortalidade em massa e formaram um pavimento com grande abundância de carapaças.
 - Antigos paradigmas referentes à paleoecologia de conchostráceos e usados para interpretações ambientais puderam ser avaliados. Desta forma, os conchostráceos não necessariamente vivem em corpos de água temporários, nem em corpos d'água sem peixes predadores; duas espécies de um gênero podem viver associadas. Tais conclusões são importantes na interpretação da Formação Rio do Rasto, cuja parte inferior representa condições ambientais provavelmente lacustres. A parte superior evidencia fases mais áridas com ressecamento dos corpos d'água mais frequentes.
-

-
- Os conchostráceos aqui identificados e reclassificados permitem correlações cronoestratigráficas com outras bacias sedimentares, especialmente da Austrália e Rússia, podendo-se interpretar que a Formação Rio do Rasto deve estar compreendida principalmente no Permiano médio, porém abrangendo parte do Permiano superior.
 - No Meso e Neopermiano, os conchostráceos aparentemente experimentaram ampla dispersão ao longo das áreas continentais da Pangea. *Hemicycloleaia mitchelli*, embora rara na Formação Rio do Rasto, provavelmente foi uma das espécies que teve a maior distribuição geográfica, talvez seguida por *Monoleiolphus unicostatus*. Em termos de gêneros, diversos sugerem alguma possível comunicação com a Austrália e/ou a Rússia e China. *Euestheria? supina* deve ter sido uma das espécies mais endêmicas. Ainda faltam dados para discussões paleobiogeográficas para diversas áreas do Gondwana.
-

10- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M.. *Acantholeaia*, um novo gênero de *Leaiadidae*. **Not. Prel. Est.**, DNPM, DGM. V. 51, p.1-10, 1950.

BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados**. Ed. Roca. São Paulo. 1179 p., 1990.

BARTONEK, J. C.; MURDY, H. W. Summer foods of Lesser Scaup in subarctic taiga. **Arctic**. V. 23, p. 35-44, 1970.

BERNARDES DE OLIVEIRA, M.E.C. Tafoflora eogondvânica da Camada Irapu, Formação Rio Bonito (Grupo Tubarão), SC. São Paulo, **Tese de Dout.**, Inst.Geociênc., Univ. São Paulo. São Paulo, 2 v., 301 p., 1977.

BIGARELLA J.J et al. Striated surfaces and related features developed by Gondwana ice sheets (State of Paraná, Brazil).**Palaeoeco. Palaeoclim. Palaeoeco.** V. 3, p. 265-276, 1967.

BISHOP, J. A. Aspects of the post-larval life history of *Limnadia stanleyana* King (Crustacea: Conchostraca). **Australian Journal of Zoology**. V. 16: 885-895.

BISHOP, J. A. Seasonal occurrence of a branchiopod crustacean, *Limnadia stanleyana* King (Conchostráceos) in Eastern Australia. **Journal of Animal Ecology**. V. 36, p. 77-95, 1967.

BOCK, W., American Triassic Estherids. **Jour. Pal.** V. 27, no 1, p. 62-76, 1953.

BOTNARIUC, N. Contribution à la connaissance des Phyllopo des Conchostraces de Roumanie. **Notationes Biologicae**. Bucarest, V. 5 (1-3), p. 68-165, 1947.

BRTEK, J.,Anostraca, Notostraca, Conchostráceos and Calanoida of Slovakia: **II. Zb. Slov. Nar. Muz.** V. 23, p. 117-150, 1977.

BRUSCA, R.C.; BRUSCA, G.J. **Invertebrates**. Sinaur Associatés Inc. p. 604-607, 1990.

CANNON, H.G. On the development on a estherid crustacean. **Philosophical Transaction of Royal Society of London**. London, v. 212, ser. B., p. 395-430, 1924.

CAPRETZ, R.L. et al. Paleofitogeografia no Brasil durante o Permiano: considerações sobre os vegetais fósseis de Tocantins (Bacia do Parnaíba). In: **Congresso Nacional de Botânica**, 57. Gramado. Resumos, CD-ROM (COD 1321), 2006.

CARDOSO, R.N. Sobre a ocorrência no Brasil de Monoleiolphinae e Afrograptidae, conchostráceos carenados. **Bol. DNPM, DGM**. V. 221, 35 p., 3 est., 1965.

CARVALHO, I.S. Os Conchostráceos Fósseis das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 319 p., 1993.

CHEN, P. J.; HUDSON, J.D. The Conchostracan fauna of the Great Estuarine Group, Middle Jurassic, Scotland. **Palaeontology**. V. 15, Part 3, p. 515-545, 1991.

CHEN. P. J.; SHEN. Y.B. An introduction to fossil Conchostráceos. **Science Press**. Beijing, 241 p., 1985.

CISNEROS, J.C. et al.. Pareiasaurids from the Rio do Rasto formation, Southern Brazil: biostratigraphic implications for Permian faunas of the Paraná Basin. **Revista Brasileira de Paleontologia**. Vol. 8, n. 1, p. 13-24, 2005.

FERREIRA, E. J. G. A ictiofauna da represa hidrelétrica de Curuá-Uná, Santarém, Pará, 2: Alimentação e hábitos alimentares das principais espécies . **Amazoniana**. V. 9, p. 1-16, 1984.

FRANÇA, A. B. et al. Phanerozoic correlation in southern South América. In: Tankard, A.J., (Ed), **Petroleum basins of South América**. American Association of Petroleum Geologists Memoir. V. 62, p. 129-161, 1995.

FRANK, P. W. Conchostraca. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. V62: 399-403.

GHOSH, S.C. et al. Estherid zonation in the Gondwana. **Palaeobotanist**. V. 36, p. 143-153, 1987.

HOLUB, V.; KOZUR, H. Revision einiger Conchostracen-Faunen des Rotliegenden und biostratigraphische Auswertung der Conchostracen des Rotliegenden. **Geol.Paläont. Mitt. Innsbruck**, V. 11, n. 2, p.39-94, 1981.

HOWELL, B. F. New Cambrian conchostracans from Wyoming and Newfoundland, brachiopods from Vermont, and worm, hydrozoan and problematicum from Newfoundland. **Journal of Paleontology**. V. 37 n.1, p. 264-267, 1963.

JIN, Y.-G. et al. An operational scheme of Permian chronostratigraphy. **Palaeoworld**. V. 4, p. 1-14, 1994.

KELLY, R. W. Nataliy factors of selected species of phyllopods. **Thesis**. Univ. Missouri. Missouri, 200 p., 1965.

KOBAYASHI, T. Fossil estherians and allied fossils. **Journal of the Faculty of Science**, University of Tokyo. Tokyo, v. 9, n. 2, p.1-192, 1954.

KOZUR, H. Beiträge zur Taxonomie und stratigraphischen Auswertung der Untertriassischen Conchostracen. **Geol.Paläont.** Mitt.Innsbruck. V.11, n.11, p. 355-398, 1982.

KOZUR, H. et al. Revision von "*Estheria*" (*Lioestheria*) *lallyensis* Depéret & Mazeran, 1912 und '*Euestheria*' *autunensis* Raymond, 1946. **Z. geol. Wiss.** Berlin, v.9, n.12, p. 1437-1445, 1981.

KOZUR, H.W.; SEIDEL. G. Revision der Conchostracen Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins. **Teil I. Zeitschrift Geologische Wissenschaften**. Berlin, v. 11, n. 3, p. 295-423, 1983.

LAGES, L. C. A Formação Irati (Grupo Passa Dois, Permiano, bacia do Paraná) no furo de sondagem FP-01-PR (Sapopema, PR). **Dissertação de Mestrado**. UNESP, Rio Claro, 117 p., 2004.

LANGER, M.C. The First Record of Dinocephalians in Southern America: Late Permian (Rio do Rasto Formation) of the Paraná Basin, Brazil. **N. Jb. Geol. Paläont. Abh.** V. 215, n. 1, p. 69-95, 2000.

LAVINA, E. L. Geologia sedimentar e paleogeografia do Neopermiano e Eotriássico (intervalo Kazaniano-Scythiano) da bacia do Paraná. **Tese de doutoramento**. Inst. Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 333 p., 1991.

LEGUIZAMÓN, R. R. Hallazgo del Genero *Leaia* (Conchostraco) en el Permico Argentino. **Actas del Primer Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía**. Tomo I , p. 357-369, 1974.

LIU, S. Conchostracans in Baicheng District of Xinjiang. **Xinjiang Geology**. Xinjiang, v.8, n 2. p. 176-184, 1990.

MARANHÃO, M. S. A. S. Fósseis das formações Corumbataí e Estrada Nova do Estado de São Paulo: subsídios ao conhecimento paleontológico e bioestratigráfico. **Tese de doutoramento**. IG-USP, São Paulo, 2 vols., 361 p., 1995.

MARCUS, V.; WEEKS, S.C. The effects of pond duration on the life history of an ephemeral pond crustacean *Eulimnadia texana*. **Hydrobiologia**. V. 359, p. 213-221, 1997.

MARTIN, J. W.; DAVIS, G. E. An updated classification of the Recent Crustacea. **Natural History Museum of Los Angeles County Science Series**. Los Angeles, v. 39, p. 1-124, 2001.

MATTOX, N. T. A new *Eulimnadia* from the rice fields of Arkansas with a key to the American Species of the genus. **Tulane Studies in Zoology**. V. 2, p. 3-10, 1954.

MATTOX, N. T. Notes on the life story and description of a new species of conchostráceosn phyllopod *Caenestheriella gynecia*. **Trans. Am. Microsc. Soc.** V. 69, p. 50-53, 1950.

MATTOX, N. T.; VELARDO, J. T. Effect of temperature on the development of the eggs of a conchostracan phyllopod *Caenestheriella gynecia*. **Ecology**. V. 31, n.4, p. 497-506, 1950.

MCKENZIE, K. G. Palaeobiogeography of some salt lake faunas. **Hydrobiologia**. V. 82, p. 407-418, 1981.

MELLO, L. H. C. Análise Cladística dos Bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil: Implicações Taxonômicas, Evolutivas e Paleobiogeográficas. **Dissertação de Mestrado**. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo, 160 pp., 1999.

MENDES, J.C. Conchostráceos permianos do Brasil. In: LANGE, F.W. (Ed.) **Paleontologia do Paraná**. Volume Comemorativo do 1o Centenário do Estado do Paraná, Museu Paranaense. Curitiba, p.153-164, est.12-14, 1954.

MENNING, M., et al. Global time scale and regional stratigraphic reference scales of Central and West Europa, East Europa, Tethys, South China, and North America as used in the Devonian-Carboniferous-Permian Correlation Chart 2003 (DCP 2003). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**. V. 240, p. 318-372, 2006.

MEZZALIRA, S. Dados sobre água subterrânea nas Séries Passa Dois e Tubarão do Estado de São Paulo. **Bol. Soc. Bras. Geol.** V. 7, n.1, p. 49-72, 1 map., 1958.

MEZZALIRA, S. Nota preliminar sobre as recentes descobertas paleontológicas no Estado de São Paulo no período 1958-1959. **Notas Prévias**. V. 2, p.1-9, 1959.

MEZZALIRA, S. Os fósseis do Estado de São Paulo. Inst.Geológico, Secr. Meio Ambiente, **Série Pesquisa**. São Paulo, 142 p., 13 est., 1989.

MILANI, E. J. Evolução Tectono-Estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a Geodinâmica Fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. **Tese de Doutorado**, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 255p., 1997.

MILANI, E. J. et al. Bacia do Paraná. **Bol. Geoci. Petrobrás**. V.1, p. 69-82, 1994.

NORTHFLEET, A. A. et al. Reavaliação dos dados geológicos da bacia do Paraná. **Bol. Téc. Petrobrás**. V. 12, n.3, p. 291-346, 1969.

NOVOZHILOV, N.I. New Phyllopora from the Permian and Triassic deposits of the Nordvick-Khatanga region: **Nedra Artiki** n. 1, p. 172-202, 1946.

NOVOZHILOV, N.I. Dvustvorchatye listonogie rakoobraznye— Leaiidy iz Kamennougol'nykh otlozhenii Kazakhstana. **Doklady Akademiiy Nauk SSSR**. V. 96, n.6, p. 1241-1244, 1954.

NOVOZHILOV, N.I. Iskopaemye dvustvorchatye listonogie rakoobraznye Kuznetskogo basseina. **Voprosy Geol. Kuzbassa**. V. 1, p. 109-112, 1956.

OELOFSEN, B. W.; ARAÚJO, D. C. Palaeological implications of the distribution of mesosaurid reptiles in the Permian Irati sea (Parana Basin), South America. **Revista Brasileira de Geociências**. V. 13 , n.1, p.1-6, 1983.

OLESEN J. A. A phylogenetic analysis of the Conchostraca and Cladocera (Crustacea, Branchiopoda, Diplostraca). **Zoological Journal of the Linnean Society** . V. 122, p. 491-536, 1998.

OLESEN, J. et al. External morphology of the male of *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859) (Crustacea, Branchiopoda, Spinicaudata), with a comparison of male claspers among the Conchostráceos and Cladocera and its bearing on phylogeny of the 'bivalved' Branchiopoda. **Zoologica Scripta**. V. 25, n. 4, p. 291-316, 1996.

OLSEN, P. E. Comparative paleolimnology of the Newarr Supergroup: A study of ecosystem evolution. **Ph.D. Thesis**, Yale University. 2 vol., 1984.

PAI, P. G. On post-embryonic stages of phyllopod crustaceans, Triops (Apus), Streptocephalus and Estheria. **Proceedings of the Indian Academy of Science**. Section B, v. 48, p. 229-250, 1959.

PAUL, M. A.; NAYAR, C. K. G. Studies on a natural population of *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Conchostraca: Crustacea). **Arch. f. Hydrobiologia**. V. 532, p. 173-179, 1977.

PETROV, B.; MARINCEK, M. Age-Influenced morphological changes in *Leptestheria saetosa* Marincek et Petrov, 1992 (Conchostraca, Crustacea). **Hydrobiologia**. V. 298, p. 245-252, 1995.

RAYMOND, P.E. The genera of fossil Conchostráceos—an order of bivalved Crustacea. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**. Harvard, v. 96, n.3, p. 217–307, 1946.

REED, F.R.C. Novos Phyllopodos Fósseis do Brasil. **Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil**. Rio de Janeiro, v. 34, p. 2-16, 1929.

REIBLE, P. Die Conchostraken (Branchiopoda, Crustacea) der Germanischen Trias. **Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie Abhandlungen**. V. 114, n. 2, p. 169-244, 1962.

ROCHA, O.; GÜNTZEL, A. Invertebrados de água doce. Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século 20. **Projeto Biota**. Fapesp. São Paulo, v. 4., 2001.

ROCHA, O. et al. Diversity of faunas in sand dunes lakes of Lençóis Maranhenses, Brazil, 1: The zooplankton community. **An. Acad. Bras. Ciên.** V. 70 n. 4, p. 719-726, 1998.

ROHN, R. Caracteres diagnósticos dos conchostráceos fósseis – exemplos da Formação Rio do Rasto (Permiano Superior, Bacia do Paraná). **Anais Acad. Bras. Ciências.** V. 58, n. 4, p. 596, 1981.

ROHN, R. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior) no Estado do Paraná e no norte do Estado de Santa Catarina. **Boletim do Instituto de Geociências.** Universidade de São Paulo, Série Científica. São Paulo, v. 18, p. 27-66, 1987.

ROHN, R. Bioestratigrafia e paleoambientes da Formação Rio do Rasto na borda leste da Bacia do Paraná (Permiano Superior, Estado do Paraná). São Paulo, **Dissertação de Mestrado.** Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2 vol. 331p., 1988.

ROHN, R. Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná. **Tese de Doutorado.** Universidade de São Paulo. São Paulo, 250p., 1994.

ROHN, R.; STOLLHOFEN, H. The Permian age of the Passa Dois Group (Paraná Basin, southern Brazil) re-affirmed. **31st Internat. Geol. Congress.** Rio de Janeiro. 2000.

ROHN, R., RÖSLER, O. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior): Bioestratigrafia e Implicações Paleambientais. **Rev. Bras. Geociências.** V. 19, n.4, p. 486-493, 1990.

ROHN, R.; RÖSLER, O. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto no sul do Estado do Paraná. **Congresso Brasileiro de Paleontologia.** MME-DNPM. Rio de Janeiro, Ser. Geol., v. 27 (Paleont./Estrat., 2), p. 481-490, 1985.

ROHN, R.; RÖSLER, O. Middle to Upper Permian phytostratigraphy of the Eastern Paraná Basin. **Revista Universidade Guarulhos, Geociências**. Guarulhos, v. 5 (n^o especial), p. 69-73, 2000.

ROHN, R., RÖSLER, O. Middle to Upper Permian phytostratigraphy of the Eastern Paraná Basin. **Revista Universidade Guarulhos, Geociências**. Guarulhos, v. 5, p. 69-73, 2001.

ROYAN, J.P. Studies on the gut contents of *Leptestheriella maduraiensis* (Conchostráceos: Branchiopoda) Nayar & Nayar. **Hydrobiologia**. V. 51, n. 3, p. 209-212, 1976.

RZOSKA, J. Observations on tropical rainpools and general remarks on temporary waters. **Hydrobiologia**. V. 17, p. 265-286, 1961.

SCHNEIDER, R. L. et al. Revisão estratigráfica da bacia do Paraná. **Cong. Bras. Geol.** 28, v. 1, p. 41-65, 1974.

SHEN, Y. Review of the classification of the Family Afrograptidae (Crustacea: Conchostraca). **Acta Paleontologica Sinica**. Beijing, v. 42, n.4, p. 590-597, 2003.

SHEN, Y. et al. Studies on Permo-Triassic of Madagascar. 4. Early Triassic Conchostracans from Madagascar. **Atti Soc. It. Sci. Nat.** Museo civ. Stor. nat. Milano, v.143, n. 1, p. 3-11, 2002.

STRENGTH, N. E. Successional variation of sex ratios in *Eulimnadia texana* Packard (Crustacea, Conchostraca). **Southwest. Nat.** V. 22, p. 205-212, 1977.

TASCH, P. Branchiopoda, In: Moore, R.C. (Ed.) **Treatise on Invertebrate Paleontology**. Geological Society of America and University of Kansas. Kansas, Part R., Arthropoda, No. 4, Vol. 1, p. R128-R191, 1969.

TASCH, P. Conchostracan dispersal between South America, Africa and Antarctica. **Antarct. J.** United States, v. 17, n. 5, p. 45-46, 1982.

TASCH, P. Permian and Triassic Conchostracans from the Bowen Basin (with a note on a Carboniferous leaiid from the Drummond Basin), Queensland. Carboniferous, Permian, and Triassic conchostracans of Australia; three new studies. **Bulletin of the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics**. V. 185, p. 31-47, 1979.

TASCH, P. Taxonomy and evolutionary significance of two new conchostracan genera from the midcontinent Wellington Formation. **Journal of Paleontology**. V. 36, n. 4, p. 817–821, 1962.

TASCH, P. The Significance of "Serrate Dorsal Margin" in Living and Fossil Conchostracans Valves. **Wichita State University Bulletin**. V. 41, p. 3-7. 1965.

TASCH, P. Three general principles for a system of classification of fossil conchostracans. **Journal of Paleontology**. V. 30, n. 5, p. 1248–1257, 1956.

TASCH, P.; ZIMMERMAN, J. R. Comparative ecology of living and fossil conchostráceosns in a seven-county area of Kansas and Oklahoma: **Wichita Univ. Bull.** Univ. Studies, v. 47, no. 36, p. 3-14, 1961.

TASCH, P.; ZIMMERMAN, J. R. The Asthenohymen- Delopterum Bed – a New Leonardian Insect Horizon in the Wellington of Kansas and Oklahoma, **J. Paleontol.** V. 36, n. 6, pp. 1319–1333, 1962.

TIMMS, B.V. The benthos of some lakes in northeastern Queensland. **Proc. Roy. Soc. Queensland**. V. 90, p. 57- 64, 1979.

TOLEDO, C. E. V. Análise Paleoiictiológica da Formação Corumbataí na região de Rio Claro, Estado de São Paulo. **Dissertação de Mestrado**. IGCE - UNESP. Rio Claro, 146p., 2001.

WANG, SI-EM. Mechanics and the evolution and functional morphology of conchostracan carapace. **Science in China**. Beijing, Series B. vol. 32 , n.5, p. 631-640, 1989.

WARDLAW, B.R. et al. The Permian Period. In: Gradstein, F.M. (Ed.) **A Geologic Time Scale 2004**. Cambridge University Press, Cambridge, p. 249-270, 2004.

WEBB, J.A. A Reappraisal of the Palaeoecology of conchostracans (Crustacea, Branchiopoda). **Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Abhandlungen**. Berlin, v. 158 , n.2, p. 259-275, 1979.

WETZER, R.. Mongolia Expedition 2002 Database. Disponível em <http://isopods.nhm.org/people/wetzer/>. Acesso em 28 de agosto de 2004.

11- ANEXO 1

Lista de localidades de onde procede o material em estudo e suas principais características litológicas e paleontológicas (modificado de Rohn, 1994).

Convenções:

Unidades estratigráficas: RR= Formação Rio do Rasto; SE= Membro Serrinha; MP= Membro Morro Pelado; PIR= Formação Pirambóia

Coleções paleontológicas:

Amostras GP/_E ou GP/_T: depositadas no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo;

GP/1E ou GP/1T: invertebrados

GP/2E ou GP/2T: vertebrados

GP/3E ou GP/3T: megafósseis vegetais

Amostras URC- __: depositadas no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista)

URC.AC.: artrópodes (conchostráceos e ostracodes)

URC.MB.: moluscos bivalves

URC.CR.: carófitas

URC.E.: esfenófitas

URC.L.: licófitas

URC.PE.: glossopterídeas

URC.PT.: pteridófilas/filicíneas

URC.CO: coníferas *s.l.*

URC.P.: peixes

URC.I.: icnofósseis

URC.Cl.: lâminas petrográficas

Obs.: Os gêneros e espécies de conchostráceos encontram-se em **negrito** na coluna “Conchostráceos e fósseis associados”.

SC 425 (entre Otacílio Costa e a BR 470, SC)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 34,8	RR	pequena interc. mais aren. fossilífera	URC. PE.94(2); PE.95(1); PT.22(1); AC.105(1); MB.355(2); P.230(1)	<i>Glossopteris</i> cf. <i>G.browniana</i> , <i>Pecopteris</i> , <i>Sphenopteris</i> , caules indet., bivalves indet., <i>Asmussia</i> ?, escamas e dentes de paleonisciformes
km 39,0	RR	lam.verm. c/intercal. de aren.tabul. decimétr. e lobo de suspensão	URC. MB.353(11); AC.106(1); AC.104(1)	<i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> , <i>Euestheria</i> sp., escamas de paleonisciformes
km 40,5	RR	lam. e aren. c/ond. cavalgantes	URC. AC.87(22); AC.88(1)	<i>Euestheria</i> sp., <i>Pseudestheria</i> sp. 2 ?
km 40,7	RR	idem anterior	URC. AC.98(6)	<i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia</i> sp.?, escamas de paleonisciformes
km 41,9	RR	aren. mto. fino e lobo de suspensão (?)	URC. AC.97(7)	<i>Euestheria</i> sp.
km 45,9	RR	lam.verm	URC. AC.94(3)	<i>Euestheria</i> sp.
km 46,4	RR	lam.verm. c/ ligeira lam. pl.-paral.	URC. AC.95(2); AC.96(2)	<i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia</i> sp.
km 48,6	RR	lam.verm.	URC. AC.99(5); AC.93(12); P.227(2)	<i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia</i> sp.

BR 470 (entre Pouso Redondo e o trevo da BR 116, SC)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 204,4	RR- MP	lam. verm. e aren. tabul. c/ ligeira lamin.pl.-paral., fossilífero	URC. AC.66(1); MB.332(2)	Cf. <i>Palaeomutela</i> ? <i>platinensis</i> , conchostráceos indet., escamas de paleonisciformes.
km 204,7	RR- MP	a) aren.fin. alt. verm. c/ vegetais fragmentados; b) silt.aren. verm. fossilífero c/ ligeira lamin. pl.-paral.	URC. E.46(4); E.62(7); PT.14(3); PT.13(4); AC.68(2); AC.67(14); P.226(2); PE.79(1); PE.92(13);	a) <i>Paracalamites</i> , <i>Pecopteris</i> <i>dolianitii</i> , <i>Pecopteris</i> spp., <i>Dizeugotheca</i> , <i>Glossopteris</i> <i>surangei</i> ?, <i>G. leptoneura</i> ?, <i>G.browniana</i> ? b) <i>Pseudestheria</i> sp. 2, <i>Asmussia regularis</i> ??, <i>Pecopteris dolianitii</i>
km 204,9	RR- MP	lam. verm./verd. com intercalações de lobos de suspensão e, próximo ao topo, aren. mto.finos tabul. c/ ligeira lam. pl.-paral., fossilíferos	URC. MB315(9); AC.53(6); MB.346(12); E.58(2); PE.87(1); AC.90(2); PE.87(1)	a) parte inferior: <i>Glossopteris</i> , <i>Sphenopteris</i> , <i>Paracalamites</i> , todos fragmentados e mal preservados, <i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia regularis</i> ?, escamas de peixes. b) <i>Terraia</i> ? sp.1, <i>Pyramus</i> ? <i>emerita</i> , cf. <i>Religiicola</i> .
km 204,9 a 205,1	RR- MP	cont. anterior, c/ provável nível de paleossolo e aren. fin. eól.		<i>Euestheria</i> sp., <i>Monoleiolphus</i> <i>unicostatus</i> , <i>Cyzicus</i> (<i>Euestheria</i>) <i>langei</i> ?
km 206	RR- MP	idem anterior com pequena intercal. aren. fin. eólico; aren. fin. tabul. calcíf. fossilífero	URC. PT.37(2); AC.152(2); AC.92(6); AC.135(4); PT.36(4); E.82(1)	<i>Pecopteris cadeadensis</i> , <i>Dizeugotheca</i> ?, <i>Paracalamites</i> , fragmentos de caules, <i>Asmussia</i> cf. <i>A.regularis</i> , escamas de paleonisciformes.

km 206,6 a 207,1	RR- MP	cont. aren. fin. eólicos espessos, sucedidos por duas ou mais seqüências "engrossando para cima" (4-8m), c/ lobos de suspensão na parte superior e, às vezes, sobrepostos de aren. de canal fluvial e aren.eól.; algumas partes calcíferas	GP/3E 5477; a 5541; URC. E.31; E.33; E.36(15); E.37(14); E.40(1); E.41(12); AC.63(1); P.208(2); E.35(2); MB.322(7); E.34(6); E.69(2); AC.62(4)	em lamitos finamente laminados a rítmicos, na parte basal de uma das seqüências "engrossando para cima": abundantes <i>Paracalamites</i> e outros caules de esfenófitas, <i>Dichophyllites?</i> , estróbilos de esfenófitas, <i>Glossopteris</i> , <i>Palaeomutela?</i> <i>platinensis</i> , <i>Asmussia regularis</i> ??, escamas de paleonisciformes.
---------------------	-----------	--	---	---

BR 116 (entre Santa Cecília e Monte Castelo, SC)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 103,4	RR-SE	aren. fin. espessos (3-6m) c/ estr. pl.-paral., ondul., possível biot. e lam.cinz./verm.	URC. AC.128(18); AC89(26)	<i>Megasitum sp.</i> , <i>Pseudestheria sp. 1.</i> , cf. <i>Monoleiophus unicastatus</i> , escamas de paleonisciformes e crossopterígeos
km 104,2	RR-SE?	aren.fin. espessos (3-6m) mac. ou ond. cavalg. e lam. verm. c/ lamin.pl.-paral.		Aflor. "São Pascoal" de TASCH (1987)? que apresentaria <i>Megasitum sp.</i> , <i>Pseudestheria sp. 1.</i>
km 104,4	RR- MP	aren. fin. espesso alt.		conchostráceos e <i>Paracalamites</i>
km 106,3	RR- MP	aren. c/ond. cavalg., tabul. ou c/ estratos inclinados (barra de desembocadura?); lam. verm. fossil.	URC. AC.145(4)	<i>Asmussia</i> cf. <i>A.regularis</i> ; provável afloramento "Station 3" de TASCH (1987) c/ diversos outros conchostráceos

BR 280 (estrada Canoinhas-Porto União, SC)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
23,6 km	RR-SE	aren. mto. fin./silt. em estratos paralelos (1-4cm) repetindo-se por 4-5m.	URC. AC.69(15); E.47(2); P.212(2); PE.80(2); PE.81(7); PT.15;	<i>Glossopteris</i> cf. <i>G. surangei</i> , <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. riorastensis</i> , <i>Glossopteris</i> spp., <i>Paracalamites</i> , <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escamas de paleonisciformes
24,3 km	RR-SE	aren.mac. alt. na parte inf. e lam. verm mac ou c/ lamin.pl.-paral. fossil.	URC. MB.333(13);	parte inf.: <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> , <i>Terraia?</i> sp.1, <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escamas de paleonisciformes e de crossopterígeos, raros ostracodes; parte sup.: <i>Sphenopteris</i> e restos vegetais fragmentados
26,1 km	RR	aren. fin./silt. alt.		conchostráceos mal preservados
35,15	RR	lam. mac. ou c/ lamin.pl.-paral. e aren. decimétr. mac.c/ pequenos clastos na base	URC. AC.65(2); E.44(29); E.45(11); PT.12(5);	<i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Dicophyllites?</i> , caules indet., cf. <i>Monoleiolphus unicostatus</i> ,
13,0 km	RR- MP	lam. verm. mac. ou c/ ligeiras ond. cavalg.; lobo de suspensão	URC. E.55(1)	<i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Asmussia</i> cf. <i>A.regularis</i> , cf. <i>Palaeolimnadiopsis</i>

15,5 km (Poço Preto, próximo ao rio Timbó)	RR- MP	lam. verm. e ritm. fin. e lobos de suspensão; níveis fossilíferos próximos aos lobos de suspensão	GP/1T 134, 1501-09; GP/3T 1635-38; URC. AC.73(14); AC.75(1); E.53(7); E.54(1); E.56(1); MB.335(6); MB336(17);	a) nível mais baixo: <i>Palaeomutela? platinensis</i> , <i>Euetheria sp.</i> , <i>Monoleiophus unicastatus</i> , <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> , <i>Leaia pruvosti</i> , <i>Asmussia regularis ?</i> , <i>Paracalamites sp.2</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> b) <i>Paracalamites sp.2</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> c) <i>Asmussia regularis ?</i> , cf. <i>Palaeomutela? platinensis</i> , asa de inseto, <i>Pecopteris</i> .
27,2 km	RR- MP	lam. verm. mac. ou c/ lamin.pl.-paral., fossilíf., lobos de suspensão, paleossolo?	GP/3T 1691; URC. E.49(21);	<i>Paracalamites sp.2</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> , caules indet., cf. <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i>

BR 476 (entre União da Vitória e Fluvópolis, PR)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 220,9	RR- MP	aren. fin. alt. espessos (1-5m) e lam. verm. mac. ou c/ ligeira lamin.pl.-paral. e ritmitos de lam. e aren.	GP/3E 4121-28; GP/1T 1500; GP/3T 1633-34, 1682, 1687-90, 1778;	<i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. riorastensis</i> , <i>Paracalamites sp.2</i> e <i>Paracalamites sp.</i> , <i>Asmussia regularis ?</i>

Estrada Paulo Frontin-Rondinha, PR

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
3,2 km de P.Frontin	RR	aren. fin. alt. (~2m) e lam. cinz./roxo	GP/1E 2690-96; GP/3E 4193; GP/1T 1516;	<i>Asmussia sp.</i> , bivalves indet., veg.fragm. indet.

Anexo 1

16,8 km	RR	lam. verm. mac. a ligeiramente laminado c/ partes mais aren.	GP/1E 2677-89; GP/3E 2677-78; GP/1T 1510-15, GP/3T 1639, 1692-93, 1730, 1754;	<i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Pecopteris</i> , cf. <i>P. dolianitii</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Paracalamites</i> cf. <i>P. sp.1</i> , caules indet., <i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Palaeolimnadia</i> (<i>Palaeolimnadia</i>) sp., <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> ,
18,3 km	RR	lam. verm. alt.		
19,0 km próximo à BR 476	RR	lam. verm. mac. a ligeiramente lamin., fossilífero em três níveis, e lobos de suspensão	GP/3E 4024-36, 4169-77; GP/1T 1496; GP/3T 1621-30, 1678-79, 1685, 1715-16, 1733-35, 1745, 1764-66;	<i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Pecopteris esperancensis</i> , <i>Pecopteris</i> sp.3, <i>Illexoidephyllum permicum</i> , cf. <i>Asmussia regularis</i> ?, caules e folhas indet.

Estrada de acesso entre a BR 476 e a PRT 153, PR

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 4,4	RR	lam. mac. verm. fossilíf., lam. c/ estr. wavy, aren. alt.	URC. E.85(7); MB.414(9); MB.415(7); MB.416(5);	<i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Pecopteris</i> , cf. <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Palaeomutela?</i> <i>platinensis</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Terraia?</i> <i>curvata</i> , <i>Terraia?</i> sp.1, <i>Monoleiolphus unicostatus</i>
km 4,5	RR	lam. verm. ligeiramente lamin.	URC. AC.167(2);	cf. <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , bivalve indet.
km 5	RR	aren. mto fin. c/ lamin.pl.-paral., clastos de lam. (até 5mm de compr.) e aren. gradando p/lam. verm. fossilíf.	URC. AC.140(2); PE.98(1);	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. grafi</i> , caule do tipo <i>Sphenophyllum</i> , escamas de paleonisciformes
km 6,25	RR	lam. verm. a cinz. mac. ou ligeiramente lamin. e aren. mac. alt.	URC. AC.139(4);	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , cf. <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i>

PRT 153 (Paulo Frontin-Dorizon-Mallet-Rio Azul-Rebouças, PR)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 78,5 (a 1,1 km do trevo para P.Frontin)	RR	aren. fin. tabul. mac. ou com estr. cruz. por ondas, centimétr. a decimétr. e, na porção inferior, corpo maior mac. tendendo a lenticular (~até 1,5m); intercal. lam. cinz. a verd. mac. fossilíf. ou c/ estr. wavy.	URC. AC.137(3); MB.391(21) ; P.290(1);	Conchostráceos e fósseis associados dispersos em diversos níveis: <i>Pyramus? emerita</i> , cf. <i>Religiicola delicata</i> , <i>Terraia? sp.1</i> , <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escamas de paleonisciformes e de crossopterígeos
km 77,8 (parte superior)	RR	corpos de ~2-4m formados por estratos centimétricos de silt. aren.ou aren. fin., plano-paralelos a ligeiramente ondulados, às vezes, c/ estr.cruz. por ondas no topo, podendo ser calcíf.; intercal. lam. verm. a cinz. mac. ou c/ estr. wavy	GP/1E 2633-52; GP/3E 4050-51; GP/1T 1319-28; GP/3T 1774-75; URC. AC.141(2); MB.392(1); MB.393(1)	a) <i>Terraia? sp.1</i> , escamas de paleonisciformes; b) <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Pyramus? emerita</i> , cf. <i>Religiicola delicata</i> ; c) <i>Pyramus? emerita</i> , <i>Terraia? sp.</i> , <i>Glossopteris riorastensis</i> , <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. singenervis</i> , <i>Asmussia</i> sp., escamas de peixes.
km 77,3	RR	aren. fin. alt. mac. ou c/ ond. cavalg. e lam. verm. ou cinz.		conchostráceos indet.
km76,75	RR	lam. verm. ou verd. mac. e are. fin. tabul. delgados	URC. MB.344(5); MB.386(11) ;	<i>Asmussia</i> sp., <i>Terraia? sp.1</i> , outros Conchostráceos e fósseis associados indet.
km 75,5	RR	lam. cinz. ou verm. mac. ou c/ estr. wavy e aren. fin. mac.	URC. AC.133(1); AC138(2); PT.29(10)	<i>Pseudestheria sp. 2</i> , <i>Pecopteris</i> .

km 75,4	RR	estratos delgados tabul. de aren. fin. mac. ou c/ lamin.pl.-paral., e lam. verm. ou verd. mac. ou c/ lamin.pl.-paral., havendo quatro níveis fossilíf.; alguns aren. c/ estr. cruz. por ondas	URC. AC.132(1); E.75(4); MB.385(7); PT.24(2);	a) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> ; b) <i>Dizeugotheca?</i> e outros veg. indet.; c) cf. <i>Relogiicola delicata</i> e bivalves indet.; d) conchostráceos indet. e escamas de paleonisciformes; e) <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Paracalamites</i> sp.3, veg. fragmentados, outros Conchostráceos e fósseis associados indet.
km 74,95	RR	dois pacotes de aren. gradando p/ rochas heterol. e vice-versa (até 4m) c/ estr. <i>wavy</i> e biot., <i>flaser</i> , estr. cruz. por ondas a <i>hummocky</i> ; lam. verm. mac. ou ligeiramente laminado, às vezes, fossilíf., e c/ grandes gretas de contração na base do afloramento	URC. AC.134(2)	<i>Pseudestheria</i> sp. 1.; icnofósseis
km 74,55	RR	predominantemente aren. fin. alt. (1->4m) mac. ou c/ lamin.pl.-paral., e interc. lam. verm. mac. a finamente laminado.	URC. AC.130(3); MB387(1)	<i>Euestheria</i> sp., cf. <i>Nothoterraia acarinata</i>
km 73,1	RR	diversos estratos tabul. c/ estr.cruz. por ondas gradando a <i>wavy</i> e interc. de lam. verm. mac.; um nível c/ gretas de contração e dois níveis fossilíferos	URC. AC.131(2); E.74(1);	a) <i>Euestheria</i> sp., cf. <i>Asmussia</i> sp.; b) <i>Paracalamites</i> sp.2
km 72,4	RR	lam. verm. mac. ou finamente lamin. fossilíf. c/ interc. aren. fin. mac. tabul. delgados; parte média do afloramento c/ estrut. de "corte e preenchimento" (altura até 4m), provavelmente fluvial; parte sup. do afloramento novamente c/ lam. e aren. alternados	GP/IT 1593; URC. E.76(1); PT.45(6); PT28(4);	<i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Pecopteris</i> sp.1, <i>Dizeugotheca?</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2; provável correspondência a antigos afloramentos (modificados pela retificação da estrada) que teriam <i>Asmussia</i> sp. e cf. <i>Euestheria</i> sp..

km 70,3	RR	lam. cinz. a verm. e aren.	GP/1E 2697-98; GP/1T 1517;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i>
km 69,3 a 68,9	RR	longa exposição incluindo corpos submétr. a métr. de aren. diversos: aren. fin. c/estr. cruz. por ondas a <i>hummocky</i> , aren. eól., lobos de suspensão, aren. c/ estratos ondulados e c/ lamin.pl.-paral.; lam. verm. a verd. mac. a ligeiramente laminados ou gradando p/ rochas heterol. c/ <i>wavy</i> , incluindo níveis fossilíferos.	GP/1T 1255 a 1282; 1490 a 1492; GP/1E 4052-54; GP/3T 1474-78, 1480, 1482-1540, 1569; URC. E.63; PE.93;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Terraia?</i> sp., <i>Sphenophyllum paranaense</i> , <i>S.</i> cf. <i>S. thonii</i> , <i>Glossopteris riorastensis</i> , <i>G. dorizonensis</i> , <i>G. grafi</i> , <i>G. margiondulata</i> , <i>G. spathulato-emarginata</i> , <i>G. singenervis</i> , <i>G. decipiens</i> , <i>G.</i> aff. <i>G. stricta</i> , <i>G.</i> aff. <i>G. angustifolia</i> , <i>G.</i> aff. <i>G. longicaulis</i> , <i>G.</i> cf. <i>G. indica</i> , <i>G.</i> cf. <i>G. formosa</i> , <i>G. leptoneura</i> ; <i>G.</i> sp.1, <i>G.</i> sp.2, <i>Dichophyllites</i> , <i>Sphenopteris</i> , sementes, frutificações.
km 65,8	RR	lobos de suspensão e aren. c/ lamin.pl.-paral. ; intercalação de lam. cinz. mac.	GP/1T 1601;	cf. <i>Asmussia</i> sp., <i>Terraia?</i> sp.1, restos de peixes
km 64,8 Hotel Dorizon	RR	lam. verm./cinz. mac. ou gradando p/ rochas heterolít. c/ <i>wavy</i> e interc. delgadas de aren. fin. mac., às vezes, calcíf.; topo c/ aren. mais espesso, aparentemente c/ estr. cruz. <i>hummocky</i>	GP/1E 2623-32; GP/3E 4037-49; GP/1T 1493; GP/3T 545 a 551; 1750; 1751;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Terraia?</i> sp., cf. <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> , <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. esperancensis</i> , <i>Pecopteris</i> sp.2, <i>Dizeugotheca?</i> <i>bortoluzzii</i> , <i>Dizeugotheca</i> sp., restos de peixes

km 63,2	RR	aren. c/ estr. cruz. <i>hummocky</i> , estr. cruz. por ondas, lobos de suspensão, rochas heterolít. c/ estr. <i>wavy</i> , biot., lam. verm./cinz. mac. a ligeiramente laminados (níveis fossilíf.) ou gradando p/ rochas heterolít. c/ estr. <i>wavy</i> ; um nível c/ gretas de contração próximo à base.	GP/1T 1602;	a) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> ; b) <i>Glossopteris riorastensis</i> , <i>G. cf. G. indica</i> , <i>Pecopteris</i> sp.; c) <i>Paracalamites</i> sp.
Mallet	RR	lam. verm. e faltam outros dados	GP/1T 1313 a 1318; 1487 a 1489; GP/3T 1772;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Pyramus? emerita</i> , cf. <i>Palaeomutela? platinensis</i> , <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. riorastensis</i> , <i>Sphenophyllum paranaense</i> .
km 59,5	RR	predominância de rochas heterolít. verm. c/ estr. <i>wavy</i> , apresentando granocrescência p/ aren. mac. ou granodecrescência ascendente p/ lam.; parte inf. c/ lam. mac. ou ligeiramente laminados fossilíf, e aren. fin. tabul. ou lent., às vezes, calcíf.	URC. AC.144(3); E.77(3); MB.349(17) ; PE.99(1);	a) <i>Glossopteris formosa</i> , <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Monoleiolophus unicostatus</i> ; b) <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Pyramus? emerita</i> , <i>Palaeomutela? platinensis</i> , cf. <i>Relogiicola delicata</i> ; c) <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. surangei</i> , <i>Glossopteris</i> spp., <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Dizeugotheca</i> , caules indet.
km 58,3	RR	semelhante ao anterior, c/ gradações ascendentes evidentes de rochas heterolít. c/ estr. <i>wavy</i> p/ aren. c/ estr. cruz. <i>hummocky</i> ; acima dos tempestitos, ocorrência de lam. cinz. ou verm. mac. fossilíf.	URC. PE.96(17); PT.23(6);	a) veg. fragment.; b) <i>Glossopteris angustifolia</i> , <i>G. cf. G. riorastensis</i> , <i>G. cf. G. dorizonensis</i> , <i>G. cf. G. margiondulata</i> , <i>Sphenopteris</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, semente; c) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Pecopteris</i> .

km 58 (?), em rua transversal à PRT 153, em Mallet	RR	lam. verm. c/ ligeira lam. pl.-paral. e are. fin. alt.	GP/3E 4397; GP/1T 1594;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Pecopteris</i>
km 57,15	RR	corpos cuneiformes espessos de aren. fin. alt., c/ ligeira interc. arg.; sobreposição, em discordância angular (?) por aren. mto. fin. verm. mac. fossilíf.		cf. <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escama de crossopterígeo e outros restos de peixes
km 55,55	RR	lam. alt. cinz./verm. c/ ligeira lamin.pl.-paral., fossilíf., e aren. fin. mac. alt. espesso	URC. AC.143(5); MB.395(4); PY.32(5);	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Pecopteris</i> sp.2, escama de crossopterígeo, cf. <i>Nothoterraia acarinata</i>

BR 277 (Irati-Relógio, PR)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 294,0	RR-SE?	lam. verd. fossilíf. e aren. fin. mac. c/ concreções de óxido de ferro, gradando p/ aren. c/ estr. cruz. por ondas	GP/1E 2935; GP/3E 4395; GP/1T 1592;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Paracalamites</i> sp., cf. <i>Sphenophyllum</i>
km 296,2	RR-SE?	lam. verm. mac. a ligeiramente lamin., c/ porções mais aren.	GP/1T 1603;	cf. <i>Pyramus? emerita</i> , escamas de paleonisciformes, dente de xenacântido, <i>Monoleiolphus unicostatus</i>
km 296,7	RR	lam. verm. mac. a ligeiramente lamin., c/ porções mais aren.	GP/1E 2702-43, 2930-34; GP/1T 1329-63, 1518;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Religiicola delicata</i> , <i>Palaeomutela? platinensis</i> , pequenos gastrópodos, escamas de peixes
km 297,5	RR	lam. verm. mac. a ligeiramente lamin.	GP/1T 1604;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , cf. <i>Religiicola delicata</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Palaeomutela? platinensis</i> , caules indet., restos de peixes

km 299,5	RR- MP	lam. ver. mac. a ligeiramente lamin. e lobos de suspensão		Conchostráceo ?
km 304,3 trevo BR 373	RR- MP	lam. verm. mac. a finamente laminados fossilíf. c/ interc. decimétr. de aren. fin. tabul. a biselados, mac.; parte basal: aren. c/ estr. cruz. e clastos de lamitos	GP/1E 2747-49; GP/3E 4059-65; 4283-94; GP/1T 1497; GP/3T 1653-61, 1686, 1727-28, 1738;	a) <i>Asmussia regularis</i> ?; b) <i>Sphenopteris</i> , <i>Pecopteris</i> , <i>Paracalamites</i> ; c) <i>Paracalamites</i> sp.1, <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. esperancensis</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Sphenopteris</i>

BR 373 (Imbituva-Relógio, PR) e BR 277 (Relógio-Serra da Esperança)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 96	RR-SE	rochas heterolít. alt. verd. c/ estr. wavy	GP/1E 2896-98; GP/1T 1519;	<i>Pseudestheria sp. 1.</i> , escamas de peixes
km 96,8	RR-SE	idem anterior	GP/1T 1498-99	<i>Pseudestheria sp. 1.</i>
km 101	RR-SE	lam. verd. a rochas heterolít. c/ estr. wavy, partes calcíf., c/ interc. aren. fin. tabul. decimétr.	GP/1T 1606;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , cf. <i>Pyramus? emerita</i> , <i>Terraia?</i> sp.4
km 102,0	RR- SE?	aren. coquinóide gradando p/ silt. verd. fossilíf., rochas heterolít. verd. alt. c/ estr. wavy	GP/1E 2914-19; GP/2E 223; GP/3E 4380-85; GP/1T 1382-83, 1588; GP/3T 1807;	<i>Pyramus? emerita</i> , ostracodes, <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. indica</i> , caules, sementes e folhas indet.

km 102,1	RR-SE?	lam. verd. mac. a ligeiramente laminado, c/ interc. de aren. fin. delgado	GP/1E 2913; GP/2E 224; GP/3E 4386-87; GP/1T 1589;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , caules indet., <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. dolianitii</i>
km 102,5	RR-SE	lam. a rochas heterolít. c/ estr. wavy, verd./verm., partesossilíf. c/ interc. aren. fin. mac. ou c/ lamin.pl.-paral., tabul. a lent.	GP/1T 1520; GP/3T 1640, 1784-97; GP/3E 4217-61;	a) <i>Glossopteris grafi</i> , <i>G. G. taeniopteroides</i> , <i>G. aff. G. angustifolia</i> , <i>G. aff. G. stricta</i> , <i>G. cf. G. surangei</i> , <i>G. cf. G. riorastensis</i> , <i>G. sp.3</i> , cf. <i>Sphenophyllum</i> ; b) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , escamas de peixes
km 104,2	RR	alternância de níveis decimétr. de aren. fin. mac. ou ligeiramente laminado e lam. verd./verm. mac. ou ligeiramente lamin., incluindo um nívelossilífero	GP/1T 1605;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Religiicola delicata</i> , pequenos gastrópodes, escamas de peixes
km 104,4	RR	lam. verm. mac. e lente aren. fin. (lobo de suspensão?)	GP/1E 2745-46; GP/3E 4282; GP/1T 1521; GP/3T 1696	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2
km 105,2	RR	lam. verm. mac. a ligeiramente laminado, mto alt., e interc. aren. centimétr.	GP/1T 1590;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , cf. <i>Pyramus? emerita</i> , <i>Terraia?</i> sp.4
km 105,6	RR	aren. e lam. alt. verd., mac. ou c/ ligeira lamin.pl.-paral.	GP/1E 2929; GP/1T 1591;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , ostracodes
km 304,3 da BR 277 - trevo BR 373 Relógio	RR-MP	lam. verm. mac. a finamente laminadosossilíf. c/ interc. decimétr. de aren. fin. tabul. a biselados, mac.; parte basal: aren. c/ estr. cruz. e clastos de lamitos	GP/1E 2747-49; GP/3E 4059-65; 4283-94; GP/3T 1653-60	a) <i>Asmussia regularis?</i> ; b) <i>Sphenopteris</i> , <i>Pecopteris</i> , <i>Paracalamites</i> ; c) <i>Paracalamites</i> sp.1, <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. esperancensis</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Sphenopteris</i>

PR 487 (rio Ivaí-Cândido de Abreu-Três Bicos) e PR 239 (Três Bicos Laranjeiras-Reserva)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
13,2 km a oeste de Cândido de Abreu	RR-MP	lam. cinza./verm. finamente laminado fossilíf., níveis biot., lobos de suspensão, aren. tabul. delgado calcif. (~3cm) c/ grande quantidade de fragmentos de ossos, aren. fin. c/ bandas irregulares	URC. AC.83(3); AC.84(2); AC.85(2); AC.86(15); PT.20(2);	conchostráceos dispersos em vários níveis: <i>Euestheria sp.</i> , <i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Monoleiolphus unicastatus</i> , forma indet., <i>Pecopteris sp.</i> , caule
12,8 km	RR-MP	lam. verm./cinz. mac. a finamente laminado fossilíf. e aren. fin. tabul. decimétr.; um dos níveis aren. gradando lateralmente (p/ oeste) p/ lam.	URC. AC.70(6);	<i>Euestheria sp.</i> , <i>Pseudestheria sp.</i> 2, <i>Monoleiolphus unicastatus</i> , <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> , escamas de paleonisciformes
9,7 km	RR-MP	lam. verm. mac. fossilíf. passando a aren. mto. fin. c/ ond. cavalg. ou ritm.; algumas interc. centimétr. de aren., aren. fin. tabul.. mac. e aren. c/ estr. cruz.	URC. AC.71(7); MB.334(36); P.213(1); PT.16(1);	<i>Monoleiolphus unicastatus</i> , <i>Euestheria sp.</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Palaeomutela?</i> <i>platinensis</i> , cf. <i>Religiicola delicata</i> , <i>Pecopteris</i> , escamas de paleonisciformes e de crossopterígeos
8,4 km	RR-MP	lam. ver. mac. alt. a ligeiramente lamin., c/ porções mais aren.		conchostráceo mto mal preservado
7,8 km	RR-MP	aren. mto. fin. verm. c/ ond. cavalg., aren. mac. espesso (~2m), subdividindo-se lateralmente em corpos menos espessos c/ interc. finas de lam.; lam. verm. mac. ou ligeiramente lamin. fossilíf.	URC. AC.72(9); AC.76(2); MB.337(22); MB.338(2); PE.83(18); PE.84(1); PE.85(7); PT.18(1); PT.19(3);	a) <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. leptoneura</i> , <i>G.</i> cf. <i>G. singenervis</i> , <i>G.</i> cf. <i>G.</i> sp.4, <i>Ilexoidephyllum permicum</i> , <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Monoleiolphus unicastatus</i> ; b) <i>Religiicola delicata</i> , <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> , <i>Terraia?</i> sp.3?, cf. <i>Monoleiolphus unicastatus</i> , escamas de paleonisciformes

13,9 a 14,2 km a leste de Cândido de Abreu	RR- MP	longa exposição, incluindo diversas litologias/fácies e quatro níveis fossilíferos principais: aren, lenticul. eól., lobos de suspensão, aren. mac. c/ gradação vertical p/ lam., aren. c/ estr. cruz. acan. e pequenos clastos de lam., aren. tabul.centimétr. mac.; porções calcíf.; ritmitos; lam. verm. mac., ligeiramente lamin. (fossilíf.) ou tendendo a aren. c/ ond. cavalg.; porções dos lamitos c/ concreções de CaCO ₃ (paleossolo?)	URC. AC.173(4); AC.174(6); AC.175(2); E.87(1); PT.52(2); PT.53(3);	a) <i>Asmussia regularis</i> ?, restosa de peixes; b) <i>Cyzicus (Euestheria) langei</i> , <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> , <i>Euestheria</i> sp.; c) <i>Paracalamites</i> sp.2?, <i>Pecopteris</i> cf. <i>P.dolianitii</i> ; d) <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> (grande tamanho), <i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Monoleiophus unicastatus</i> , conchostráceo indet. <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. dolianitii</i> , <i>Dizeugotheca</i> ?
21,2 km	RR- MP	aren. fin. mac. ou c/ ligeira lamin.pl.-paral., centimétr. a decimétr., e lam. verm. mac. a ligeiramente lamin., fossilíf.	URC. AC.129(1); AC.155(1); E.72(19); E.83(9); PT.40(5); PT.41(2);	a) <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. dolianitii</i> , <i>P.</i> cf. <i>P.bracatingaensis</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Dichophyllites</i> , caules indet., cf. <i>Asmussia</i> ; b) <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, <i>Paracalamites</i> indet., <i>Dichophyllites</i> , cf. <i>Asmussia</i> .
21,3 km	RR- MP	aren. fin. tabul. (0,2-2,0m) mac. ou possivelmente c/ estr. cruz. (acanal.); interc. lam. verm. delgadas (0,1-1,0m) mac. ou c/ ligeira lamin.pl.-paral., fossilíf.	URC. AC.156(6); AC.157(2);	a) <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> ; b) <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> ; c) <i>Paracalamites</i> sp.2, cf. <i>Schizoneura gondwanensis</i>
23,2 km	RR- MP	lam. verm. mac. a ligeiramente laminado; presená de nivel centimétr. de argil. cinza	URC. AC.77(1); MB.339(4);	<i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> , cf. <i>Palaeomutela? platinensis</i>
23,6 km	RR- MP	predominância de lam. verm. mac. ou c/ lamin.pl.-paral.; alguns aren. tabul.		possíveis conchostráceos

24,2 km	RR- MP	idem anterior, c/ maior abundância de aren. fin. tabul.	URC. AC.82(8);	<i>Asmussia</i> sp., cf. <i>Euestheria</i> sp.
24,4 km	RR- MP	predominância de aren. mto. fin. verm. e interc. de lam. mac. verm./cinz.	URC. AC.78(6);	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escamas de paleonisciformes
25,2 km	RR- MP	lam. verm. mac. fossilíf. c/ interc. centimétr. de aren. fin. tabul.; ritmitos; ocorrência de pequenos clastos de lam. na base de um aren. (c/0,4m de espessura); pacote inteiro "cortado" por canal preenchido por aren. (largura preservada=8-10m; altura máxima=2,5m); estratos adjacentes ao "canal" ligeiramente deformados	URC. AC.81(7); P.215(1);	<i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> , <i>Euestheria</i> sp., escamas de paleonisciformes e de crossopterígeos
km 27,5 a 28,0	RR- MP	grande exposição (~50m); parte inf.: possíveis ciclos granodecrescentes, começando c/ aren. fin. c/ estrat. cruz. acanal. e lamin.pl.-paral. (espessuras=1-2m), passando p/ aren. fin. tabul., ritm., lam. c/ ligeira lamin.pl.-paral. e, finalmente, lam. mac. fossilíf.; possíveis intercal. eólicas; parte média: aren. fin./méd./gros. c/ grandes clastos de lam.; aren. c/ geometria sigmóide e lenticular (~2m) e intercal. lam. alt.; parte sup.: lam. fin. mac. ou ligeiramente lamin., c/ muitas intercal. de lobos de suspensão e barras de desembocadura	URC. AC.79(1);	a) parte inferior: cf. <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> , fragmentos de ossos, <i>Paracalamites</i> sp., veg. mto. fragmentados; b) parte sup.: <i>Paracalamites</i> sp.2 (em pelo menos três níveis)

31,9 km	RR- MP	aren. fin. c/ ond. cavalg., lamin.pl.-paral. e possível estr. cruz.; finas interc. lam. verm. mac. fossilíf.; possível paleossolo	URC. AC.80(2); PE.86(18);	a) <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> ; b) <i>Glossopteris</i> sp.
	RR- MP	lam. verm.	GP/1T 1533; GP/3T 1641- 47	<i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Paracalamites</i> sp., caules indet., conchostráceos
32,2 km	RR- MP	aren. fin. eól. e aren. c/ ond. cavalg.; interc. lam. verm. tendendo a rítmicos, c/ grande quantidade de veg.	URC. AC.154(1); E.71(32); PE.101(1); PT.38(11); PT.39(10);	a) <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> ; b) <i>Paracalamites</i> sp.4, <i>Paracalamites</i> sp.1?, possíveis outras espécies de <i>Paracalamites</i> ; <i>Dizeugotheca?</i> , <i>Pecopteris</i> <i>dolianitii</i> , <i>Pecopteris</i> cf. <i>P.</i> <i>cadeadensis</i> , <i>Glossopteris</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i>
32,6 km	RR- MP	lam. verm. mac. ou c/ ligeira lamin.pl.-paral., passando a rítmico; possíveis níveis bioturbados; interc. delgadas de aren. fin. tabul. c/ ond. cavalg.; pequena lente de aren. provavelmente eólico	URC. AC.162(1); AC.165(3);	a) <i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia</i> sp.; b) <i>Monoleiophus unicastatus</i> , escamas de peixes
35,0 km	RR- MP	parte inf.: corpos lenticulares de aren. fin. c/ estr. cruz. e possíveis lobos de suspensão; interc. lam. verm. fossilíf.; parte sup.: lam. verm. mac. a finamente lamin. c/ interc. delgadas de aren. fin. tabul.; novos corpos mais aren. próximo ao topo	GP/1T 1608- 10; URC. AC.163(4); AC.164(5); AC.166(2); E.84(1); MB.413(1); PT.48(1);	a) <i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Pseudestheria</i> sp. 2, <i>Pecopteris</i> cf. <i>P. cadeadensis</i> ; b) <i>Paracalamites</i> sp., <i>Pecopteris</i> sp., cf. <i>Palaeomutela? platinensis</i>

35,4 km	RR- MP	lam. verm. finamente laminado c/ vários níveis fossilíferos; interc. delgadas aren. fin. tabul.	URC. AC.161(35); MB.412(4); PT.47(8);	<i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> , <i>Monoleiophus unicostatus</i> , possíveis outras espécies de conchostráceos , cf. <i>Palaeomutela? platinensis</i> , escamas de paleonisciformes, <i>Pecopteris dolianitii</i>
35,6 km	RR- MP	aren. fin. eól. e aren. c/ clastos de lam., provavelmente fluvial; lentes c/ diamictito a conglomerado c/ clastos de lam. milimétr. a submétr.; corpo de aren. c/ estratos pl.-paral. deformado e topo erodido; parte sup.: lam. mac. verm. fossilíf., ritmitos e aren. fin. tabul. não-deformados; partes biot.;	GP/1T 1607; GP/3T 1770;	parte sup.: <i>Palaeomutela?</i> <i>platinensis</i> , <i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Ilexoidephyllum permicum</i> , <i>Paracalamites</i> sp.2, caules fragmentados
37,3 km	RR- MP	lam. verm. mac. fossilíf. e aren. fin. alt. tabul.; nível de paleossolo(?); aren. fin. eól. c/ acunhamento lateral	URC. AC.121(7);	fragmentos de ossos, restos de peixes, <i>Monoleiophus unicostatus</i>
37,6 km	RR- MP	predominância de lam. verm. mac., ligeiramente laminados ou tendendo a aren. c/ ond. cavalg.; partes tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy(?) e biot.; interc. aren. fin. tabul. c/ lamin.pl.-paral. ou mac., partes calcíf.; paleossolo?	URC. AC.120(5); AC.123(3); P.245(5);	<i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia regularis</i> ?, outros conchostráceos indet., escamas de paleonisciformes e de crossopterígeos, fragmentos de ossos

38,1 km	RR	predominância de lam. verm. finamente laminados, em parte, biot.; num nível, presença de lâminas horizontais submilimétr. de CaCO ₃ ; interc. de lentes de aren. fin. eól. (espessura até 2m) e aren. c/ ond. cavalg.; possível paleossolo	URC. AC.124(7);	<i>Euestheria sp.</i> , <i>Asmussia regularis</i> ?
39,0 km	RR	aren. fin. c/ lamin.pl.-paral.		conchostráceo indet.
40,7 km	RR	lam. verm. mac. c/ intercal. de aren. fin. tabul.; parte sup.: lam. verm. c/ lamin.pl.-paral. fossilíf.	URC. AC.171(8); AC.172(2); AC.176(15); PT.54(4);	a) <i>Asmussia regularis</i> ?, escamas de paleonisciformes; b) <i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Cyzicus (Euestheria)</i> <i>langei</i> , <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Euestheria sp.</i> , <i>Pecopteris dolianitii</i> , <i>Dizeugotheca</i> ?, escamas de paleonisciformes
41,1 km	RR	lobos de suspensão(?) c/ compensação da espessura, e lam. mac.		conchostráceos indet. e escamas de peixes
41,7 km	RR	longa exposição incluindo aren. fin. c/ contato inferior erosivo (fluvial?), aren. eól.(?), aren. fin. mac. aproximadamente tabul.; rochas heterolít. c/ estr. wavy e biot., lam. verm. mac. ou finamente lamin.		<i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Paracalamites</i> , bivalves indet.

42,5 km	RR	lam. verm. mac. ou finamente lamin., fossilíf.; aren. fin. tabul. submétr. mac. ou c/ lamin.pl.-paral., calcíf.; aren. fin. c/estr. cruz. por ondas; aren. coquinóide (dois níveis); rochas heterolít. c/ estr. wavy; um nível c/ pequenas gretas de contração	GP/1T 1522-27, 1569, 1572, 1574;	a) <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. indica</i> , <i>Paracalamites</i> , b) <i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia</i> sp., <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Paracalamites</i> ; c) cf. <i>Terraia?</i> <i>curvata</i> , cf. <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Terraia?</i> sp.1, pequenos gastrópodes, <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escamas de paleonisciformes; c) <i>Terraia?</i> sp.1, pequenos gastrópodes, ostracodes
42,9 km	RR	aren. fin. eól. (?), aren. fin. c/estr. cruz. por ondas e topo ondulado, aren. fin. mac. tabul.; interc. delgadas de lam. verm. mac. tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy, fossilíf.; parte sup.: lam. c/ pequenas gretas de contração		conchostráceos indet., escamas de peixes
43,4 km	RR-SE	aren. fin. alt. fossilíf. e lam. cinz. mac.		cf. <i>Terraia altissima</i> , cf. <i>Asmussia</i> sp., ostracodes, escamas de peixes
44,6 km	RR-SE	exposição longa c/ predominância de lam. cinz./verd. fossilíf., gradando p/ rochas heterolít. c/ estr. wavy e biot., partes c/ gretas de contração, partes calcíf. mto. compactas; lente de arg. carbonoso (espessura máxima= 0,2m); intercal. aren. fin. tabul. decimétr. mac. ou c/ lamin.pl.-paral., partes calcíf.; aren. fin. c/estr. cruz. hummocky(?); alguns níveis ricos em restos de peixes	URC. AC.64(2); MB.300(61); P.210(2); PE.76(10); PT.11(2);	a) escamas de paleonisciformes e outros restos de peixes; b) <i>Terraia?</i> <i>curvata</i> , <i>T.?</i> <i>bipleura</i> , <i>T.?</i> <i>martialis</i> , outros bivalves, <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , escamas de paleonisciformes, coprólitos; c) <i>Glossopteris</i> , <i>Pecopteris</i> , <i>Dizeugotheca?</i>

BR 376 (Rodovia do Café, trecho Ortigueira-Serra do Cadeado)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 266,1	RR	lam. verm. mac. a ligeiramente laminado	GP/1E 2769-76; GP/1T 1534-36; GP/2E 119-121; GP/3T 1721;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , cf. <i>Euestheria</i> sp., <i>Terraia</i> ? sp.2, <i>Pecopteris dolianitii</i> , restos de peixes
km 268,5	RR	lam. verm./verd. mac. fossilíf a ligeiramente lamin., podendo gradar p/ rochas heterolít. c/ estr. wavy e biot; um nível c/ rochas heterolít. aren. mto fin./ silt. verm. c/ estr. wavy/lenticular/flaser bem evidente; interc. aren. fin. calcíf. biselado (espessura máx.=1m)	GP/1E 2777-96; GP/1T 1537-39;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Terraia</i> ? sp.1, restos de peixes, caules indet.
km 269,8	RR	lam. verm. mac. a finamente laminado, fossilíf., às vezes, gradando p/ aren. mto. fin. c/ ond. cavalg.; aren. fin. alt. mac. ou c/ estr. cruz. por ondas; corpo lenticular de aren. fin. (espessura máx.=3m)	GP/1E 2797-804; GP/1T 1540-43;	<i>Euestheria</i> sp., <i>Asmussia</i> sp., <i>Monoleiolphus unicostatus timboensis</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Terraia</i> ? sp.1
km 272,7	RR	longa exposição c/ predominância de lam. verm. mac. ou ligeiramente lamin., fossilíf.; níveis calcíf. e lente calc.(?); aren. fin. na base (~2m); aren. fin. no topo c/ estr. cruz. por ondas(?)	GP/1E 2805-12; GP/3E 4346; GP/1T 1544-46;	<i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Euestheria</i> sp., <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Palaeomutela? platinensis</i> , caules e folhas indet.

km 273,4	RR	predominância de lam. verm. mac. ou ligeiramente lamin., fossilíf.; corpo mais aren. na base	GP/1E 2813-18; GP/1T 1371; GP/3T 1651	<i>Palaeomutela? platinensis</i> , <i>Terraia? sp.1</i> , <i>Asmussia regularis ?</i> , <i>Paracalamites sp.</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> , caules indet.
km 273,8	RR	lobos de suspensão, aren. fin. c/ lamin.pl.-paral., aren. fin. c/ estr. cruz. <i>hummocky</i> (?), lam. verm./verd. mac. a ligeiramente lamin., fossilíf., porções calcíferas e possível calcário	GP/1E 2819-20; GP/1T 1547;	<i>Pseudestheria sp. 2</i> , <i>Asmussia regularis ?</i> , cf. <i>Monoleiolphus unicostatus timboensis</i> , ostracodes, <i>Paracalamites sp.</i>
km 274,0	RR	lam. verm. mac. calcíf. c/ concreções de CaCO ₃ (2,5m) e lam. verm. ligeiramente laminado fossilíf. (1,5m)	GP/2E 122-123; GP/3E 4347-48	cf. <i>Asmussia regularis ?</i> , ostracodes, restos de peixes, <i>Paracalamites sp.</i> , caules indet.
3,0 km a leste da BR 376, na altura do km 285	RR	lam. verm. mac. fossilíf. e aren. fin. c/ estr. cruz.	GP/1E 2966-71; GP/1T 1614-16;	<i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Asmussia regularis ?</i> , outros conchostráceos
3,5 km a leste da BR 376	RR	lam. creme (faltam dados de campo)	GP/1T 1595, GP/3T 1753;	<i>Pecopteris cadeadensis</i> , <i>Asmussia regularis ?</i> , outros conchostráceos
km 289,6	RR	lam. verm. mac. fossilíf. e aren. fin.alt. mac.	GP/1E 2821-24; GP/3E 4352; GP/1T 1548-51;	<i>Asmussia regularis ?</i> , <i>Euestheria sp.</i>
km 296,6	RR-PIR	parte inf.: predominância de lam. aren. verm.; interc. aren. fin. c/ lamin.pl.-paral.; parte sup.: aren. fin. alt. eól., provavelmente da Formação Pirambóia; paleossolo a cerca de 5,0m acima do contato Rio do Rasto-Pirambóia	GP/1E 2825; GP/3E 4353-57; GP/1T 1552, 1600; GP/3T 1755	<i>Asmussia cf. A regularis</i> , <i>Paracalamites cf. P. sp.2</i> , <i>Pecopteris sp.</i> , restos de peixes

PR 90 (Sapopema-São Jerônimo da Serra)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 166,1	RR	aren. mto. fin. e silt. creme c/ lamin.pl.-paral., fossilíf.; um corpo de aren. mac. tabul. espesso (~3m); outros aren. fin. mac. tabul. submétr., ocorrendo pequenos clastos de lamitos na base de um deles; rochas heterolít. verd. c/ estr. wavy e biot. na parte superior do afloramento	GP/1T 1611-12;	<i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Euestheria sp.</i>
km 117,1	RR	lam. verm. mac. ou c/ ligeira lamin.pl.-paral., fossilíf.; interc. aren. fin. mac. tabul. centimétr.; uma interc. de espessa lente de aren. fin. eól. (espessura até 2,5m) e duas interc. eól. (?) mais delgadas; um nível irreg. c/ pequenos clastos de lam. e fragmentos de ossos; um nível brechóide (~4cm) calcíf. incluindo fragmentos de ossos(?), ostracodes e outros Conchostráceos e fósseis associados	GP/1T 1553	a) <i>Paracalamites</i> e frag. vegetais mal preservados; b) cf. <i>Asmussia sp.</i> , conchostráceo grande indet.; c) <i>Paracalamites</i> , ostracodes, restos de peixes, coprólitos
km 118,8	RR	lam. verm. ligeiramente lamin. fossilíf. (2-2,5m) e aren. fin. mac. decimétr. a espesso (~3,5m)	GP/1E 2826-28; GP/3E 4358-64; GP/1T 1372, 1554-56; GP/3T 1649-50, 1652; 1700-01	<i>Asmussia regularis</i> ?, <i>Euestheria sp.</i> , <i>Palaeomutela?</i> <i>platinensis</i> , <i>Paracalamites sp.2</i> , <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Pecopteris esperancensis</i>

km 121,6 a 121,9	RR- PIR	longa exposição (~36-40m); parte inf.: diversos aren. fin. - mac., c/ estr. cruz. por ondas, eól., ou c/ lamin.pl.-paral.; interc. lam. verm. c/ lamin.pl.- paral. fossilíf.; níveis calcíf. e porções c/ concreções de CaCO ₃ ; parte méd.: lam. verm. c/ intercal. centimétr. de aren. fin. calcíf.; nível c/ gretas de contração, biot. e fossilíf.; parte sup.: aren. mais espessos (0,4- 2m), em parte calcíf., mac., sigmóides ou eól.; rochas heterolít. c/ estr. wavy e biot.; níveis c/ concentrações de pequenos clastos e fragmentos ósseos; lam. mac. fossilíf. até próximo ao contato com a Fm Pirambóia.	GP/3T 1760- 62, 1771;	a) <i>Paracalamites</i> sp.2; b) conchostráceos indet. e escamas de peixes; c) fragmentos ósseos; d) <i>Paracalamites</i> sp. e <i>Ilexoidephyllum permicum</i> .
---------------------	------------	--	--------------------------	---

Estrada entre Lambari e o trevo da PR 90

Localização	Litoest r.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
0,7 km do trevo	RR	lam. verm./verd. alt. mac. a ligeiramente lamin., fossilíf.; aren. fin. alt. mac. ou c/ ond. cavalg.(?), aproximadamente tabulares (1,5-4m)	URC. AC.150(1); AC.151(2); AC.169(7); MB.396(2); MB.421(27);	a) <i>Palaeomutela? platinensis</i> , cf. <i>Pyramus? emerita</i> , <i>Asmussia</i> cf. <i>A. regularis</i> , <i>Euestheria</i> sp.; b) cf. <i>Relogiicola delicata</i> , <i>Palaeomutela? platinensis</i> , <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> , <i>Asmussia regularis</i> ?, veg. fragmentados

1,1 km	RR	lam. alt. verd./verm. mac. a lamin. irregularmente	URC. E.81(4); PC.149(3);	<i>Paracalamites</i> sp.2, cf. <i>Schizoneura gondwanensis</i> , <i>Monoleiophus unicostatus</i> , cf. <i>Asmussia</i>
1,5 km	RR	lam. verm. mac. ou ligeiramente lamin. fossilíf. e aren. fin. tabul. (0,4-1,6m), mac., ou c/ ligeira lamin.pl.-paral., ou c/ ond. cavalg. e possíveis porções c/ estr. cruz. por ondas; partes calcíf.	URC. AC.119(1); AC.146(1); AC.147(9); AC.148(7); AC.158(1); AC.159(15); AC.160(5); MB.397(2); MB.401(4); MB.402(2); MB.403(15); P.254(4); PE.102(1); PT.46(1);	z) <i>Pyramus? emerita</i> , <i>Terraia?</i> sp.3, <i>Terraia?</i> sp.4?, cf. <i>Monoleaia</i> ; a) f. <i>Religiicola delicata</i> ; b) <i>Monoleiophus unicostatus</i> ; c) <i>Euestheria sp.</i> , cf. <i>Religiicola delicata</i> , escama de crossopterígeo; d) cf. <i>Monoleaia</i> ; e) <i>Religiicola delicata</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Terraia?</i> sp.1, <i>Pyramus? emerita</i> , cf. <i>Euestheria sp.</i> , pequenas lentes c/ concentrações de escamas de paleonisciformes; f) <i>Glossopteris</i> cf. <i>G. surangei</i> , <i>Dizeugotheca?</i> , cf. <i>Asmussia</i> , <i>Nothoterraia acarinata</i> , <i>Pyramus? emerita</i> ; g) <i>Euestheria sp.</i> , <i>Asmussia</i> cf. <i>A. sp.</i> , <i>Religiicola delicata</i> , escamas de peixes

2,0 km a 2,7 km	RR	longa exposição ao nível da estrada (~25-30m), c/ vários níveis fossilíf.; em geral, aren. fin. tabul. (0,2-1m) mac., c/ ligeira lamin.pl.-paral. ou c/ estr. cruz. por ondas; diversos níveis calcíferos; raramente c/ evidências de contato basal erosivo e concentrações de clastos pelíticos na base; lam. verm. mac. ou ligeiramente lamin. ou tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy; um nível de coquina (4cm); três níveis c/ grandes gretas de contração e um c/ gretas pequenas; parte inf.: níveis calcíf. (calc.?) c/ porções silicificadas e marcas onduladas conspícuas	URC. AC.100(4); AC.101(6); AC.102(1); AC.103(15); AC.115(2); AC.116(10); AC.117(4); MB.350(23); MB.351(13); MB.352(1); P.228(1); P.229(1); P.236(2); P.237(1); P.238(1); P.239(1);	h) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , restos vegetais fragmentados; i) escamas de paleonisciformes; j) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , restos de peixes; k) nível submilimétr. c/ grande concentr. de restos de peixes; l) <i>Asmussia</i> sp.; m) <i>Euestheria</i> sp., escamas de paleonisciformes e crossopterígeos, coprólitos c/ escamas de peixes; o) cf. <i>Pseudestheria</i> sp. 2, <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , um nível c/ grande concentr. de escamas; p) <i>Euestheria</i> sp., <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Asmussia</i> sp., cf. <i>Terraia</i> ? <i>curvata</i> , cf. <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> , escama de crossopterígeio, cf. <i>Schizoneura gondwanensis</i> ; q1) coquina de <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> ; q2) <i>Pseudestheria</i> sp. 1., r) cf. <i>Pseudestheria</i> sp. 1.
-----------------	----	---	--	---

Estrada Ribeirão do Pinhal-Jundiá do Sul-trevo BR 153

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 70	RR	lam. verm. c/ ligeira lamin.pl.-paral.	GP/1E 2871-74	<i>Pseudestheria</i> sp. 1. e escamas de peixes
km 79,1	RR	silt. verd. c/ ligeira lamin.pl.-paral., fossilíf. e aren. fin. tabul. mac. ou c/ estratos centimétr. pl.-paral. sobrepostos	GP/1E 2853-85, 2973-90; GP/2E 168, 240-241; GP/1T 1373-74, 1376, 1567-68, 1570-71, 1573;	<i>Pseudestheria</i> sp. 1., <i>Asmussia</i> sp., <i>Leinzia similis</i> , <i>Pyramus?</i> <i>emerita</i> , <i>Terraia?</i> sp.3 e bivalves indet., escamas de paleonisciformes; gretas de contração c/ conchostráceos e restos de peixes

km 82,7	RR	lam. verm. c/ porções mais aren. e aren. fin. tabul. delgados	GP/1E 2849-52; GP/3E 4368-69; GP/1T 1566; GP/3T 1702	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , cf. <i>Relogiicola delicata</i> , ostracodes, <i>Paracalamites</i> cf. <i>P.</i> sp.2
km 83,7	RR	lam. verm. finamente lamin. e partes tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy; interc. centimétr. de aren. fin. calcíf.	GP/1E 2847-48; GP/1T 1565;	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> , ostracodes, restos de peixes
km 86,6	RR	aren. fin. alt. gradando p/ lam. verm. e aren. fin. tabul. mac.		restos de peixes e conchostráceos indet.

Estrada Santo Antônio da Platina-Platina-Conselheiro Zacarias, PR

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
3,7 km do trevo da BR 153	RR	aren. fin. calcíf. tabul. c/ estratos pl.-paral., lam. cinz. fossilíf. e lam. verm.	GP/1E 2879-84; GP/1T 1579-81;	cf. <i>Megasitum sp.</i> , ostracodes, escamas de peixes
4,1 km	RR	rochas heterolít. verm. c/ estr. wavy e intercal. de aren. fin. calcíf. e calc. fossilíf.	GP/1E 2877-78; GP/2E 184-185; GP/1T 1578;	<i>Megasitum sp.</i> , escamas de peixes e oncóides(?)
4,8 km	RR	lam. cinz. mac. ou tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy; partes c/ abundantes gretas de contração; partes c/ biot.; intercal. de aren. fin. tabul. decimétr. calcíf.; um aren. mais espesso na parte inferior (~2m) c/ grandes ondulações e concreções de CaCO ₃	GP/1E 2875; GP/2E 171-183	vários níveis c/ escamas de peixes; ocorrências de bivalves e conchostráceos indet.
15,2 km	RR	rochas heterolít. verm. c/ estr. wavy	URC. AC.108(1);	<i>Monoleiolophus unicostatus</i> mal preservado

19,6 km	RR	lam. verm. mac. (até ~4m contínuos); aren. fin. mac. em estratos pl.-paral. (cada~0,2m, formando pacotes de 0,8m); partes tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy	URC. AC.109(13); AC.111(41);	<i>Pseudestheria sp. 1.</i> , cf. <i>Asmussia</i> sp., conchostráceo indet.
---------	----	--	------------------------------------	---

Estrada Ribeirão Claro-Carlópolis, PR

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
13,9 km	RR	exposição de ~20m; predominância de rochas heterolít. c/ estr. wavy, às vezes, c/ clara granocrescência ascendente, desde lam. verm. mac. até aren. fin. c/ estr. cruz. por ondas; presença de concreções de CaCO ₃ ; num lam., presença de um nível c/ grandes gretas de contração; intercal. de aren. fin. tabul. c/ estratos centimétr. a decimétr., comp., parcialmente calcíf.; um aren. mais espesso (~1,8m) c/ dois níveis ondulados	URC. AC.59(3); AC107(2); P.232(2);	a) ostracodes; b) <i>Euestheria sp.</i> ; c) vários níveis c/ restos de peixes

BR 153 (região de Santo Antônio da Platina)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 42 Platinão - pedreira c/ várias frentes de exploração	RR	parte inf. (seis frentes da pedreira): predominância de aren. mto. fin. mac., ou ligeiramente lamin., ou c/ estr. cruz. por ondas a <i>hummocky</i> ou c/ondulações, freqüentemente calcíf., biot., sendo comuns pequenos nódulos de sílica ou concreções calcárias, às vezes, associados a porções ricas em restos de peixes e fragmentos ósseos; um nível silicificado); um nível c/ lamin. convolutas; intercal. de lam. verm./cinz. mac. a ligeiramente lamin.,ossilíf.; parte sup. (frentes 7 a 9): rochas heterolít. verm. c/ estr. <i>wavy</i> e biot., aren. fin. tabul. a lent. decimétr., ligeiramente calcíf., mac. ou c/ estr. cruz. por ondas; estratos repetitivos de aren. mto. fin. c/ estr. cruz. <i>hummocky</i> , passando p/ rochas heterolít. c/ estr. <i>wavy</i> , c/ concentr. de Conchostráceos e fósseis associados e estrut. sobrecarga na base de cada tempestito; aren. fin./méd. calcíf. c/ geometria sigmóide, incluindo peixes mais completos; ocorrência de um nível c/ pequenas gretas de contração;	GP/1E 2837-38; 2886-87; GP/3E 4370-77; GP/1T 1377, 1562, 1582-85; GP/3T 1703-04, 1806; URC. AC.110(12); AC.112(1); AC.113(1); MB.364(2); MB.365(1); MB.366(1); P.235(1);	frente da pedreira "1": a) <i>Monoleiolphus unicostatus</i> ; b) icnofósseis- escavações; c) pavimento de bivalves indet.; d) pavimento de <i>Pyramus? emerita</i> e escamas de peixes; frente "2": e) <i>Religiicola delicata</i> ; f) <i>Euestheria sp.</i>, <i>Monoleiolphus unicostatus</i> , <i>Palaeolimnadiopsis subalata</i> ; frente "3": g) <i>Monoleiolphus unicostatus</i>, <i>Euestheria sp.</i> , cf. <i>Asmussia sp.</i> , escamas de peixes; frentes "4" a "6": sem Conchostráceos ; frente "7": icnofósseis associados; frente "8": <i>Euestheria sp.</i> , cf. <i>Asmussia</i>, <i>Glossopteris grafi</i>, <i>Paracalamites sp.2</i>, <i>Dizeugotheca?</i> ; frente "9": <i>Monoleiolphus unicostatus</i>, <i>Palaeomutela? platinensis</i> , cf. <i>Religiicola delicata</i>, <i>Pyramus? emerita</i> , ostracodes, escamas de peixes, <i>Paracalamites sp.</i> , peixes paleonisciformes mais completos

km 47,6	RR	lam. cinz. mac. a ligeiramente lamin. fossilíf., e aren. calcíf. tabul. próximo à base	GP/1E 2894; GP/2E 191-194; GP/1T 1587;	<i>Euestheria sp.</i> , escamas de paleonisciformes e de crossopterígeos
---------	----	--	--	--

BR 153 (região de Jacarezinho, PR)

Localização	Litoestr.	Descrição sucinta	Amostras	Conchostráceos e fósseis associados
km 17,1 base no primeiro trevo de Jacarezinho	PIR-RR	predominância de lam. verm./cinz. mac., ou c/ ligeira lamin.pl.-paral. ou tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy, c/ diversos níveis fossilíf.; parte média: aren. calcíf. (ou calc.?) c/ geometria sigmóide (até 0,6m), incluindo porção coquinóide (~0,1m); diversos estratos sucessivos de aren. calcíf. aproximadamente tabul., mac., comp., c/ porção coquimóide na base.	GP/1E 2829-34; GP/2E 128-130; GP1T 1557-60;	a) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , cf. <i>Euestheria sp.</i> , cf. <i>Asmussia sp.</i> ; b) conchostráceos indet., ostracodes, escamas de peixes; c) porção coquinóide da sigmóide e em estratos adjacentes: cf. <i>Pyramus? emerita</i> , escamas de peixes; d) <i>Monoleiolophus unicostatus</i> , <i>Euestheria sp.</i> , cf. <i>Asmussia sp.</i> ; nível desconhecido c/ <i>Illexoidephyllum permicum</i>

km 17,4	RR	predominância de aren. mto. fin., em estratos tabul. (poucos centímetros a 1,2m), comp., calcíf., mac. ou c/ discretas ondulações ou tendendo a rochas heterolít. c/ estr. wavy, podendo gradar p/ lam. cinz. mac.; Conchostráceos e fósseis associados e/ou pequenos clastos de lamitos próximo à base ou no meio dos aren., e níveis c/ grandes concentrações de escamas de peixes nos lamitos; próximo ao topo do afloramento, estrato c/ fragmentos ósseos maiores, ocorrendo níveis c/ estr. cruz. por ondas mais conspícuas; parte méd. c/ grande aren. fin. calcíf. sigmóide e logo acima, calc.(?) silicif.c/ possíveis estromatólitos; ocorrência de abundantes nódulos de sílica alt. próximo à base do aflor. e nódulos mais dispersos em outros níveis.	GP/1E 2835; GP/2E 131-151; GP/3E 4365-67; GP/1T 1127;	a) <i>Leinzia similis</i> ; b) bivalves indet.; c) cf. <i>Pseudestheria sp. I.</i> ; d) escamas de peixes; e) estromatólitos?; f) fragmentos ósseos
km 18,5	RR	idem aos anteriores, predominando lam. verm. finamente laminados calcíf.	GP/1E 2836; GP/1T 1561;	cf. <i>Megasitum</i> , escamas de peixes

Artigo ainda não submetido para publicação

Morfologia, ontogenia, ecologia e etologia de *Cyclestheria hislopi*
(Branchiopoda, Diplostraca, Cyclestherida) do Sudeste do Brasil e implicações
no estudo de conchostráceos fósseis.

Luis Gustavo FERREIRA-OLIVEIRA

Elaine K. VAZ

Samile SEBER

D. Christopher ROGERS

Rosemarie ROHN

Introdução

A ordem Diplostraca contém três sub-ordens de branquiópodos lateralmente comprimidos, nos quais o corpo está, pelo menos parcialmente, envolto por uma carapaça bivalve: Cladocera (pulgas d'água), Spinicaudata (que contém as seguintes famílias de conchostráceos: Cyzicidae, Leptestheriidae e Limnadiidae) e a subordem Cyclestherida, que contém a espécie *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859) estudada neste trabalho (figura 1). Trata-se de um crustáceo típico de corpos d'água continentais, sendo a única espécie da família Cyclestheriidae, que também é a única família desta subordem (Martin & Davis, 2001). Esta espécie foi registrada no Brasil em cinco estados nas regiões sudeste, nordeste e norte. Exemplares coletados no Estado de São Paulo foram cultivados em laboratório, visando a obtenção de informações que podem ser úteis no estudo de conchostráceos fósseis, tais como comportamento, reprodução, ciclo de vida, variações ontogenéticas, padrões ecológicos.

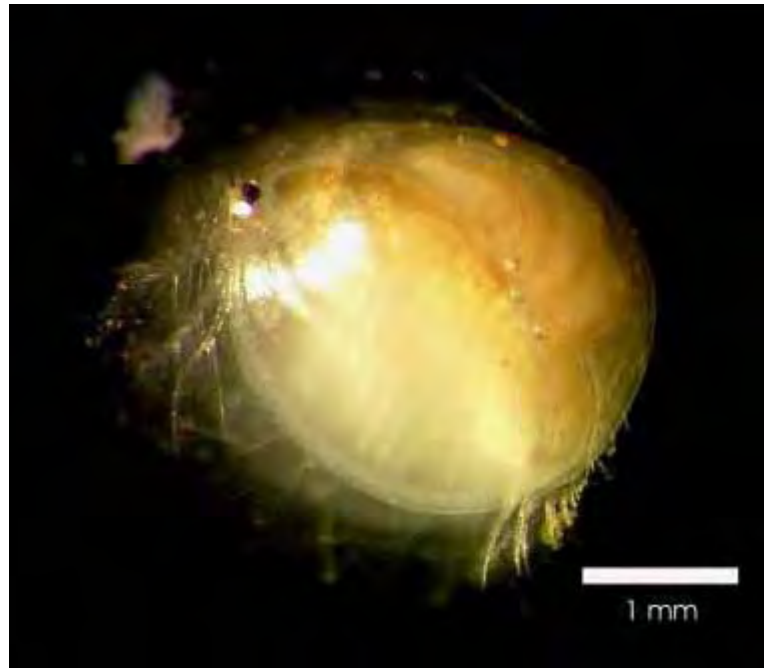


Fig 1 – *Cyclestheria hislopi*.

Distribuição Geográfica de *Cyclestheria hislopi*

Cyclestheria hislopi tem uma distribuição pantropical, ocorrendo em latitudes de aproximadamente 30° N a 35° S. Foram registradas ocorrências de *Cyclestheria hislopi* na África (Thiele, 1900, Daday, 1910, 1913); Namíbia (Barnard, 1924), Nigéria (Green, 1962; Bidwell e Clarke, 1977; Hare and Carter, 1987; Egborge e Ozoro, 1989;), Tanzânia (Fryer, 1957), Gana (Petr, 1968); Zanzibar (Stuhlmann, 1888) Estados Unidos (Sissom, 1975), Austrália (Sayee, 1903; Daday, 1926; Timms, 1979, 1986); Colômbia (Roessler e Sanchez, 1986; Roessler 1995), Índia (Gurney, 1906; Michael, 1968; Nair, 1968; Nayar and Nair, 1968; Battish, 1981; Venkataraman, 2003) Cuba (Brehm, 1948, Straskraba, 1969; Botnariuc and Villa Bayés, 1977), Tailândia (Junk, 1977), México (Martinez et al, 1997), Sri Lanka (Mendes and Fernando, 1962; Fernando, 1974), Argentina (Halloy, 1981), Malásia (Martin *et al.*, 2003), Sumatra, Java, Sulawesi (Olesen *et al.*, 1996, baseado em Brehm, 1939; Martin *et al.*, 2003) e Camboja (Martin *et al.*, 2003) (Fig. 2).



Fig. 2 – Distribuição geográfica de *Cyclestheria hislopi*.

No Brasil, *Cyclestheria hislopi* foi registrada nos estados do Pará (Ferreira, 1984), Amazonas, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Mato Grosso e São Paulo (Weltner, 1898; Lutz *et al.*, 1918; Lutz, 1929; Brehm e Thomsen, 1936; Brehm, 1937 e Junk, 1973) e na Lagoa do Óleo, na Estação Experimental de Jataí, no município de Luis Antônio – SP (Rocha e Guntzel, 2001) de onde provêm os indivíduos estudados no presente trabalho. (Fig 3).

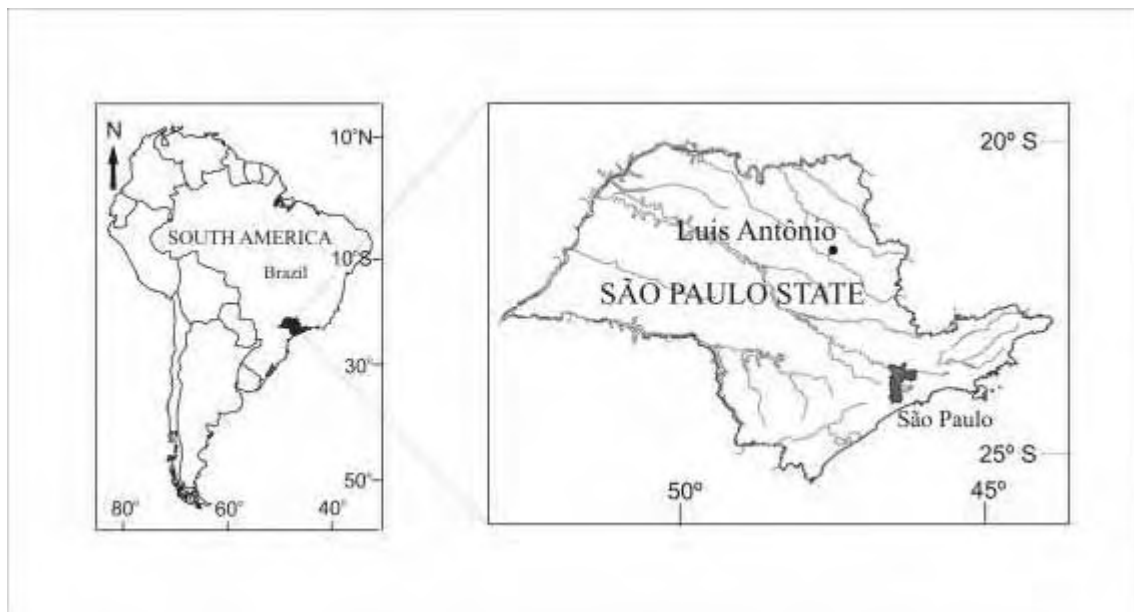


Figura 3 – Localização da área de onde provêm os animais estudados.

Segundo Sassaman (1995), o ciclo de vida de espécies que adquiriram reprodução partenogenética e desenvolvimento direto não deveria incluir o nascimento de eventuais machos e sim alternar entre produzir ovos com desenvolvimento direto e ovos em diapausa, dependendo de determinadas condições ambientais. Porém, há populações de *Cyclestheria hislopi* que carregam em seu genoma uma mutação que permite a geração de machos geneticamente determinados, dependentes de certas condições ambientais. Logo, populações que apresentam machos devem ser geneticamente diferentes daquelas onde não há machos; esta diferenciação genética entre populações de *C. hislopi* deve possuir um caráter zoogeográfico (Sassaman, 1995). Esta constatação reforça a hipótese de que a população mundial de *Cyclestheria hislopi* deve ser composta de não apenas uma, mas de duas ou mais espécies. Desta forma, se *C. hislopi* não corresponder a uma única espécie, sua distribuição provavelmente também não é pandêmica.

Materiais e métodos

Os primeiros exemplares de *Cyclestheria hislopi* aqui analisados foram cedidos pelo laboratório de Ecotoxicologia da Universidade Federal de São Carlos, no Estado de São Paulo. O número inicial de exemplares disponível era de 8 adultos e 4 jovens. Estes exemplares foram coletados na Lagoa do Óleo, na Estação Ecológica de Jataí, no município de Luis Antônio – SP (21º, 35' 26,9 " S e 47º 50' 12" W) (figura 3). Situada no Planalto Ocidental, região de transição para as Cuestas Basálticas, no município de Luis Antônio, região de Ribeirão Preto. A Estação Ecológica tem em torno de 9.000 ha e é contígua à Estação Experimental de Jataí. Limita-se por um lado com o rio Mogi-Guaçu, abrangendo assim uma planície de inundação, onde existem 15 lagoas. Suas altitudes variam de 520 a 851 m. A estação é percorrida por quatro córregos permanentes. *Cyclestheria hislopi* é frequentemente encontrada em poças d'água, lagos, lagoas e rios, associada a raízes e folhas de macrófitas. Na lagoa do Óleo, *C. hislopi* é encontrada junto a folhas da macrófita *Mayaca fluviatilis*.

No laboratório, os conchostráceos foram cultivados em aquários contendo água devidamente preparada com 8 partes de água destilada e uma

parte de água coletada em uma lagoa, que foi posteriormente filtrada e autoclavada para que apenas os componentes minerais fossem preservados. Nos aquários, também foram introduzidas algas (*Chlorella* sp. e *Scenedesmus bijugus*) e a macrófita *Mayaca fluviatilis*.

Foram observados, ao todo 277 indivíduos no decorrer da pesquisa. Os exemplares foram analisados diariamente por 104 dias entre os meses de fevereiro a maio, ou seja, entre temperaturas que variam de 25 a 32° C.

Os conchostráceos foram analisados em uma lupa estereoscópica com câmera digital acoplada. Alguns dos indivíduos estudados foram fixados em álcool 70% para posteriormente serem observados ao MEV. Foram observados aspectos como morfologia da carapaça em relação à ontogenia e reprodução, tolerância a variações de pH e salinidade, aspectos reprodutivos e etológicos.

Resultados

1- Morfologia e ciclo de vida

Cyclestheria hislopi apresenta valvas de formato arredondado, com até 4,5 mm de comprimento e 3,5 mm de altura. Apresenta até 12 linhas concêntricas e ornamentação pontuada nas bandas de crescimento. O umbo é subanterior. A margem dorsal é levemente arqueada, podendo ser fortemente arqueada em fêmeas após a maturidade sexual. A cabeça é triangular em vista lateral. A borda ântero-dorsal do rostrum é serreada. Os olhos são simples, com um grande ocelo romboidal abaixo deles. Duas antênulas curtas apresentam até 40 sensilas. A espécie possui duas antenas tubulares com protópodo superficialmente segmentado, ocorrendo dois ramos com 7 segmentos cada. O corpo tem 16 toracópodos, apresentando 16 pares de apêndices foliáceos (figura 4). O télson possui um par de garras terminais com geralmente 7 espinhos de cada lado que diminuem de tamanho anteriormente (Timms, 1986; Olesen et al., 1996) (figura 5).



Figura 4 – Corpo de *C. hislopi* sem as valvas (imagem de MEV).



Figura 5 – Detalhe do télson (imagem de MEV).

O tempo médio de vida dos conchostráceos analisados foi de 45 dias, sendo que o tempo máx. de vida chegou a 69 dias. A maturidade sexual foi atingida em média com 10 dias de vida.

Ao contrário do que ocorre com diversos outros branquiópodos, os conchostráceos não perdem as carapaças a cada ecdise, de modo que os

Anexo 2

limites entre as carapaças acrescidas durante seu crescimento correspondem às linhas de crescimento. O número máximo de linhas de crescimento observado nos exemplares cultivados foi de 12 linhas. A carapaça tem contorno subcircular, umbo subanterior, bandas de crescimento relativamente largas, apresentando ornamentação pontuada. O padrão de ornamentação pontuada é observado em indivíduos adultos, porém, em indivíduos muito jovens a ornamentação é composta por uma rede de polígonos, que posteriormente evolui para a ornamentação típica dos indivíduos adultos (figuras 6 e 7). Em todos os indivíduos adultos, verificou-se o mesmo padrão pontuado.

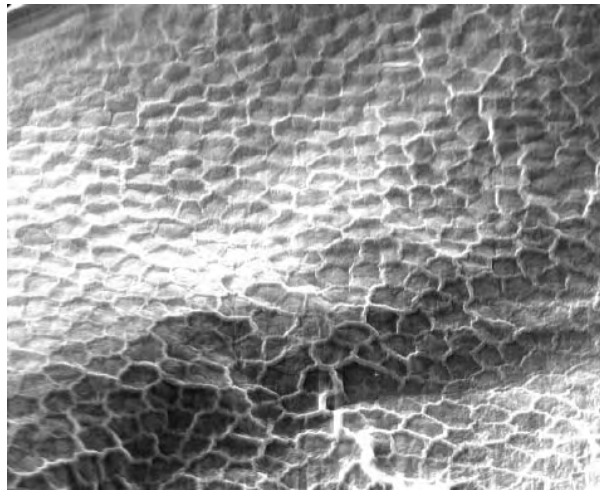


Figura 6 – Ornamentação na valva de um indivíduo com 2 dias de vida (aumentado 200 X – MEV)

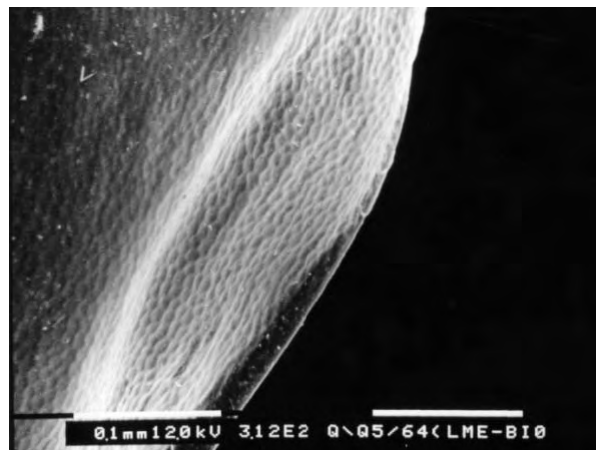


Figura 6 – Ornamentação na valva de um indivíduo adulto (MEV)

Quando o indivíduo adquire maturidade sexual, por ocasião da primeira gestação, a forma da valva modifica-se rapidamente de subelíptica para subcircular, quase circular, como pode ser visto na tabela 1 e no gráfico 1. Isso se deve ao fato da carapaça “inflar” a região dorsal, criando espaço para acomodar os ovos, náuplios e depois os filhotes até eles atingirem o comprimento médio de 0,8 mm. Nesta fase, eles saem da carapaça do progenitor, a qual, porém, continua abaulada na região dorsal e pode já conter ovos de uma nova gestação. Desta forma, indivíduos que ainda não atingiram a maturidade sexual apresentam a margem dorsal mais reta que indivíduos que já passaram por sucessivas gestações (figura 8).

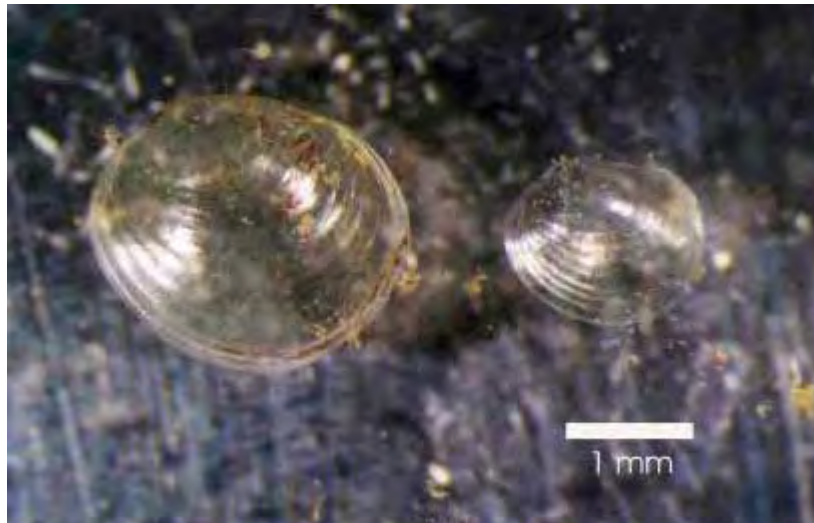


Figura 8 – Comparação de forma da valva em indivíduos adultos (esquerda) e jovens (direita).

No caso dos exemplares de *C. hislopi* observados, o tamanho das valvas cresceu significativamente na fase reprodutiva. Petrov & Marincek (1995) também verificaram que ocorre considerável aumento no tamanho de fêmeas após a maturidade sexual.

Age	Length (mm)	Height (mm)	Number of growth lines	H/L
Newborn	0,8	0,6	1	0,75
Before 1 st breeding	1,80	1,35	4	0,75
1 st breeding	2,00	1,80	5	0,90
2nd breeding	3,00	2,70	6	0,90
3rd breeding	3,50	3,10	7	0,89
4th breeding	4,00	3,50	8	0,88
5th breeding	4,20	3,75	10	0,89

Tabela 1 – Relação entre comprimento, altura e número de linhas de crescimento em diferentes estágios reprodutivos.

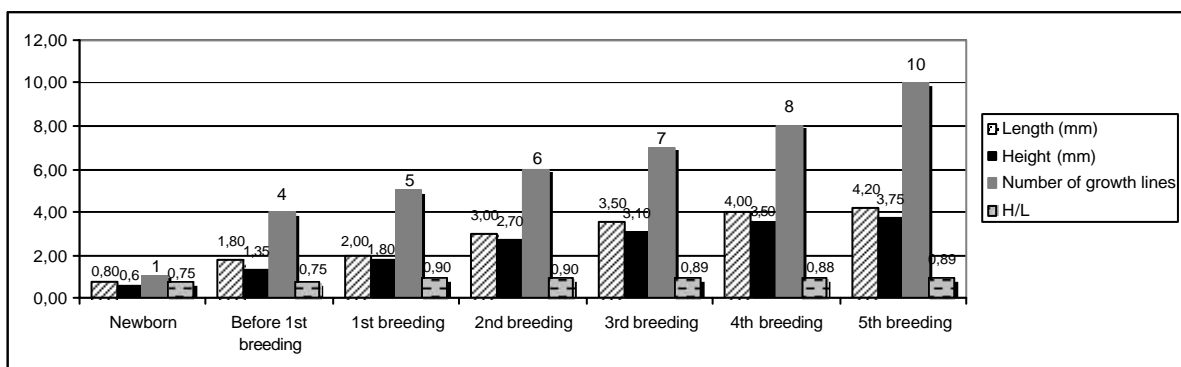


Gráfico 1 - Relação entre comprimento, altura e número de linhas de crescimento em diferentes estágios reprodutivos.

2- Reprodução

O modo reprodutivo de *Cyclestheria hislopi* é a partenogênese. Diferentemente de outros conchostráceos, *C. hislopi* é capaz de produzir ovos de duas maneiras: uma onde ovos com desenvolvimento direto são abrigados sob a carapaça da fêmea até chegarem ao estágio juvenil; e outra, na qual ovos em diapausa são envoltos por uma câmara protetora formada a partir da carapaça da fêmea e que se assemelha a um *ephippium* primitivo (Roesler, 1995). Somente fêmeas nascem de ovos em diapausa, porém, em ovos de

desenvolvimento direto são observadas tanto gerações constituídas apenas por fêmeas, quanto gerações com machos e fêmeas, o que aparentemente ocorre devido a estímulos ambientais. Existe dimorfismo sexual entre os conchostráceos, ou seja, os sexos estão bem marcados e podem sugerir características diferenciadas entre eles: geralmente as carapaças dos machos tendem a ser maiores, mais alongadas e mais delgadas que as carapaças das fêmeas que, entretanto, são muito mais abundantes que os machos.

Machos são raramente encontrados entre as populações de *C. hislopi*, tendo sido registrados apenas no Texas (Sissom, 1980), Colômbia (Roesller e Sanchez, 1986; Roesller, 1995) e na Austrália (Sars 1887; Daday, 1926) (Fig. 2).

Dentre os conchostráceos analisados, um indivíduo, separado dos demais ao nascer, sem contato com outro indivíduo para a fecundação, reproduziu por três vezes. Outro indivíduo, separado dos demais durante sua primeira gestação e mantido isolado dos demais, reproduziu por mais quatro vezes, o que confirma a paternogênese como modo reprodutivo desta espécie. Os indivíduos observados atingiram a maturidade sexual em 10 dias (em média). O tempo de gestação médio é de 8-10 dias, não tendo sido verificados períodos em que a parte dorsal da carapaça ficasse vazia. Ocorreram situações em que filhotes de uma geração e ovos da geração seguinte se encontravam ao mesmo tempo na carapaça.

Observou-se um progressivo aumento no número de filhotes por gestação, chegando a 10 filhotes, em média, no pico de maturidade; na senilidade, o número de filhotes por gestação tende a cair. O número máximo de filhotes observados em uma gestação foi de 30. O número médio de gestações é igual a três e o número máximo é cinco gestações. Geralmente, não há liberação de todos os filhotes de uma única vez, podendo este processo ocorrer em dias diferentes.

Em um dos aquários, que inicialmente continha em torno de 15 indivíduos, cuja água evaporou totalmente em condições naturais num período de aproximadamente 10 dias, foi observado um fato importante. No aquário então sem água foram encontradas mais de 100 carapaças (figura 9), apenas

Anexo 2

de indivíduos na fase adulta, com 10 e 12 linhas de crescimento, muito próximas entre si, denotando crescimento rápido. Este rápido crescimento populacional parece ter sido causado por uma situação de stress ambiental, neste caso, o ressecamento súbito da água do aquário. Analisando-se as carapaças encontradas neste aquário, pôde-se notar a formação de epílios, uma câmara protetora composta de uma membrana formada no interior das valvas, que protege os ovos em diapausa. Ao serem novamente hidratados, os ovos até então com aparência enrugada, seca e de cor preta se tornaram amarelados e lisos, porém não eclodiram (Figs. 10 e 11).



Figura 9 – Conchostráceos após ressecamento do aquário.

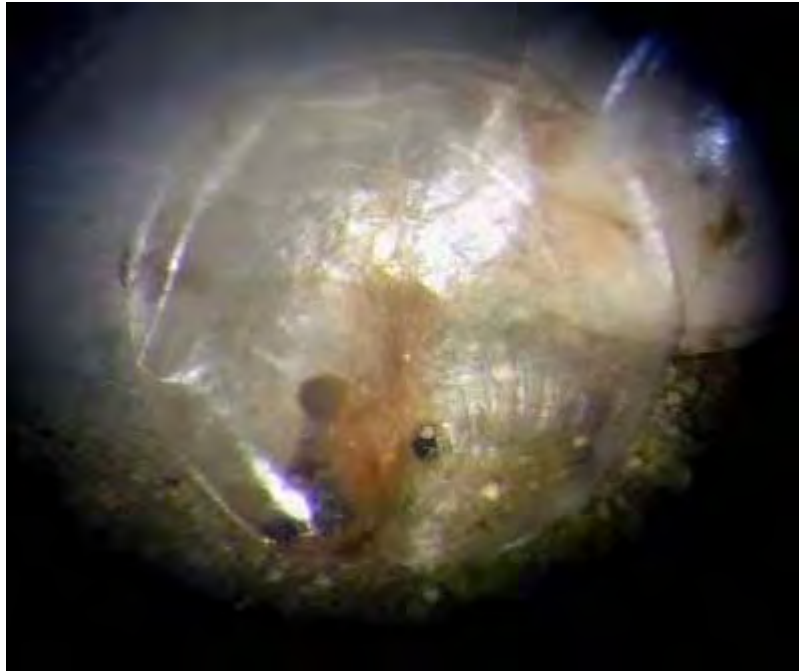


Figura 10 – Um dos indivíduos após o ressecamento do aquário, antes de ser hidratado.



Figura 10 – O mesmo indivíduo da figura anterior, após ser hidratado.

Ovos em diapausa poderiam iniciar o desenvolvimento embrionário dentro das valvas das fêmeas epifiais, mas em laboratório, as tentativas de eclosão dos ovos dos epífios não tiveram sucesso e situação similar também

Anexo 2

ocorreu nos experimentos laboratoriais de Roesler (1995). Os ovos ou embriões neste estágio não continuaram seu desenvolvimento imediatamente, e sim, entraram em um estado de latência. Nos habitats naturais, após ressecamento, a nova imersão dos ovos em água durante inundações deve proporcionar certa variedade de gatilhos para o controle do desenvolvimento e eclosão dos ovos, gatilhos estes que, por não serem totalmente compreendidos, são difíceis de serem reproduzidos em condições de laboratório.

3- Desarticulação e desintegração das carapaças

A carapaça dos conchostráceos é composta principalmente por quitina, que é bastante flexível e resistente, e consiste externamente em uma série de segmentos concêntricos separados por linhas de crescimento. Desta forma, a valva vai aumentando de tamanho por crescimento periódico a cada ecdise. A carapaça bivalve encontra-se unida ao corpo do animal por um músculo adutor, que também tem a função de realizar o movimento de fechamento das valvas em casos de possível ataque por predadores ou para proteção contra fatores ambientais externos.

Ao contrário das valvas de moluscos bivalves, as carapaças dos conchostráceos observados não se desarticulam após a morte; isto se deve ao fato de as valvas serem soldadas entre si na região da charneira (figura 12). Foram observados aspectos tafonômicos como, por exemplo, desarticulação das valvas após a morte e tempo de desintegração das carapaças. Valvas de animais mortos foram colocadas em recipientes com e sem água e o tempo de sua desintegração foi observado nos dois casos. As carapaças colocadas em recipientes com água destilada desintegraram-se completamente após 100 dias em média, ao contrário de carapaças colocadas em placas de Petri sem água, que não se desintegraram durante todo o período de observação. A desintegração das valvas em água salgada é bem mais rápida que em água doce, como foi observado em carapaças colocadas em água com salinidade de 1 a 4 ppm.

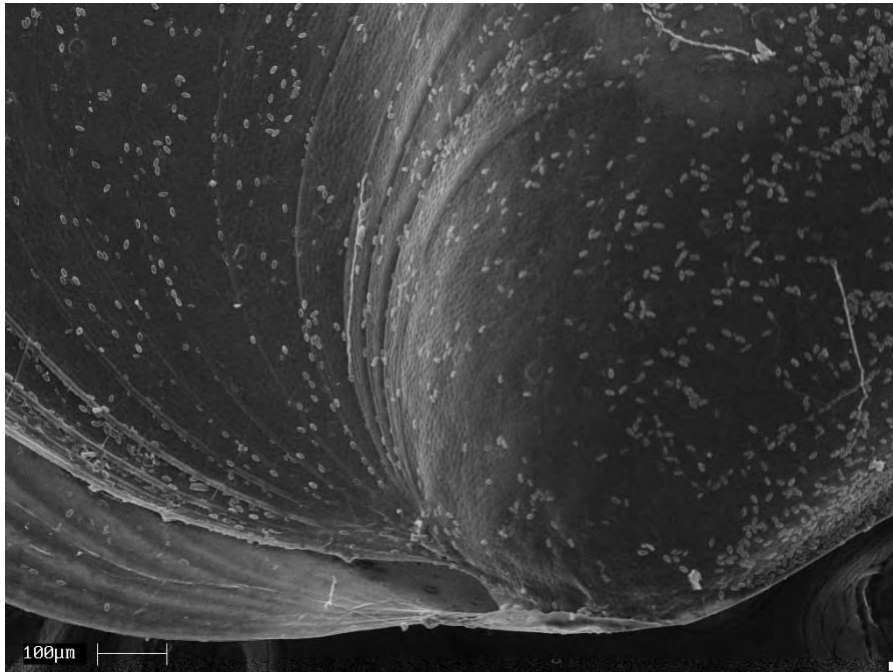


Fig 12 – Detalhe do ponto de junção das valvas (MEV).

4- pH

Segundo Paul & Nayar (1977), o pH das águas onde vivem os conchostráceos normalmente varia do neutro (pH = 7,0) a alcalino (pH = 9,7), ocasionalmente ligeiramente ácido (pH = 6,0). Tasch e Zimmerman (1961) observaram que, em aquários, os conchostráceos migraram para as áreas superiores da água quando o fundo lamoso se tornou ácido.

As análises de pH foram realizadas num aquário normal, com os conchostráceos, algas e macrófitas (aquário 1), e num outro aquário, somente com algas e macrófitas (aquário 2), visando verificar se a presença de conchostráceos influi na acidez da água. As leituras foram realizadas através de um pHmetro, uma vez a cada semana.

As medições de pH foram iniciadas logo após a montagem dos aquários, denominados “1” e “2”, ou seja, quando foi introduzida água autoclavada e água destilada na proporção de 1:6, (um volume total de 3,8 litros), algas da

espécie *Scenedesmus bijugus* e a macrófita *Mayaca fluviatilis*. Somente no aquário 1 foram introduzidos 10 conchostráceos em diversas fases ontogenéticas. O pH inicial do aquário 1 correspondeu a 8,12 e o do aquário 2 a 8,4. O gráfico 2 mostra as variações do pH durante 29 dias. No aquário 2 quase não ocorreram modificações no pH, tendo sido registrada apenas uma pequena diminuição do valor de 8,4 para 8,2. No entanto, no aquário 1, onde estavam os conchostráceos, a água tornou-se mais ácida com o passar do tempo até alcançar o valor de pH igual a 7,2; isso pode estar relacionado com a produção de excretas pelos conchostráceos e à sua respiração (liberação de gás carbônico, que produz o ácido carbônico).

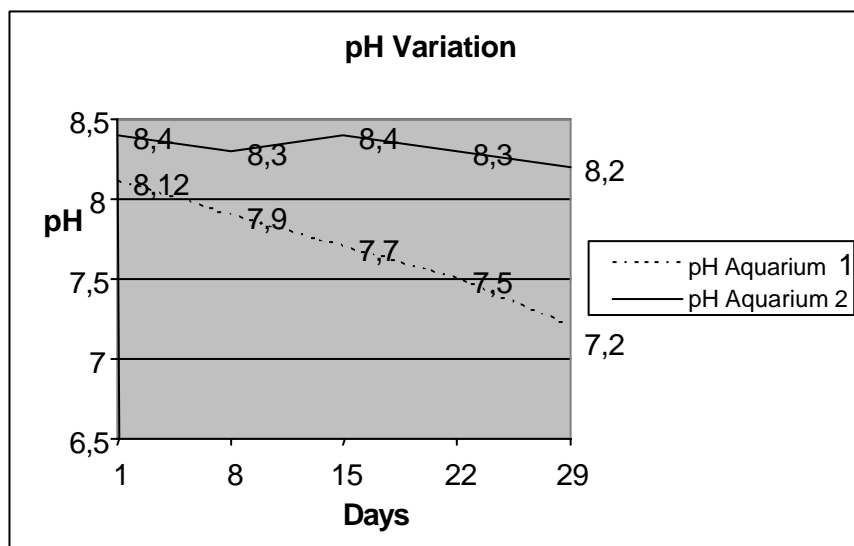


Gráfico 2 – Variação de pH durante 29 dias

5- Salinidade

Espécies atuais de conchostráceos estão geralmente confinadas a pequenos corpos de água doce temporários com baixa salinidade. Timms (1993) observou que apenas *Eocyzicus* sp. foi encontrada em corpos d'água hiposalinos da Austrália, sendo esta a única espécie conhecida que tolera tal ambiente. Outras espécies de conchostráceos excepcionalmente ocupam ambientes salinos temporários, quando diminui drasticamente a salinidade.

No presente trabalho, a tolerância de *C. hislopi* à salinidade foi verificada em quatro pequenos aquários (béqueres), cada um com cinco conchostráceos adultos, adicionando-se determinadas quantidades de água do mar, com salinidade normal (35 ppm). Trabalhou-se com os valores de salinidade de 4 ppm, 3 ppm, 2 ppm e 1 ppm, iniciando-se com o valor mais alto em vista de experimentos similares da literatura, onde os conchostráceos suportariam até 3,2 ppm de salinidade (McKenzie, 1981). Os resultados constam no gráfico 3.

Os cinco espécimes de conchostráceos colocados no becker com salinidade de 4 ppm sobreviveram apenas dois dias. Naquele becker com salinidade de 3 ppm, os cinco espécimes sobreviveram por cinco dias. No becker com salinidade de 2 ppm, 11 dias. Mesmo no becker com salinidade igual a 1 ppm, os conchostráceos não chegaram a sobreviver por 14 dias.

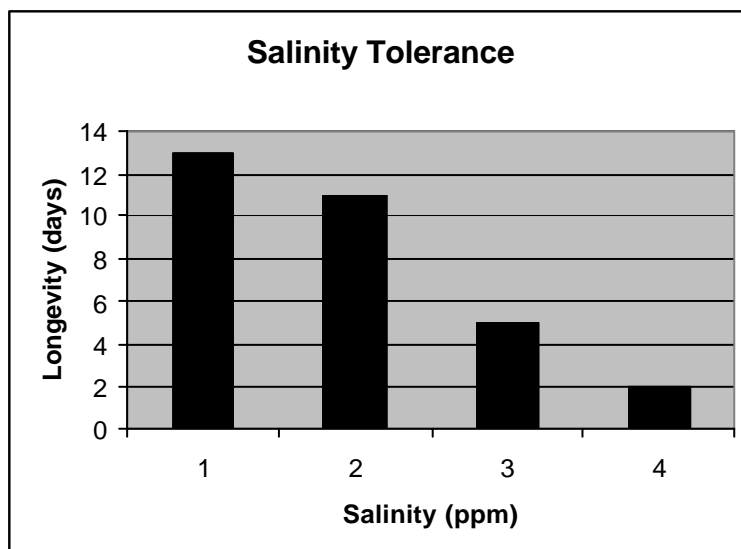


Gráfico 3 – Tolerância à salinidade

6- Relações Sinicológicas

Alguns autores, como Frank (1988) afirmaram que as espécies atuais de conchostráceos são incapazes de persistirem em ambientes com uma fauna de peixes. Olsen (1984) comentou que conchostráceos e pulgas d'água são filtradores e portanto competem por alimentos. Timms (1979), ao contrário,

registrou *Cyclestheria hislopi* no lago Barrine, de 65 m de profundidade, localizado em Queensland, Austrália, o qual também contém peixes.

Os conchostráceos deste trabalho foram coletados em uma das quinze lagoas localizadas na planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu, na qual são encontradas várias espécies de peixes, crustáceos e moluscos. Alguns exemplares de *C. hislopi* foram colocados em um aquário contendo também outros crustáceos pertencentes à subordem Cladocera, à Classe Maxillopoda, Subclasses Ostracoda e Copepoda, e à Classe Malacostraca, Subclasse Eumalacostraca, Superordem Peracarida, Ordem Amphipoda, para análise de interações ecológicas. Não foi observada competição ou outra interação entre os conchostráceos e os outros crustáceos, que normalmente são encontrados nos habitats naturais de *C. hislopi*. Os conchostráceos reproduziram-se sem alterações.

7- Implicações em Paleontologia

O estudo e observação de conchostráceos vivos trazem informações importantes que podem auxiliar na compreensão da taxonomia, de paleoambientes e da paleoecologia de fósseis.

A classificação taxonômica correta de conchostráceos fósseis é fundamental para a sua utilização na bioestratigrafia, correlações estratigráficas entre distintas bacias sedimentares e interpretações paleozoogeográficas. Conforme exposto no presente trabalho, há certa dúvida se *C. hislopi* é uma espécie realmente cosmopolita ou se determinadas áreas apresentam outras espécies com morfologia (quase) idêntica. No caso dos fósseis, os problemas na classificação são muito mais sérios. Kobayashi (1954) já havia comentado que o polimorfismo dos conchostráceos pode ser resultado de vários fatores, como mutações, dimorfismo sexual, variações de caráter ontogenético e fenótipo diferenciado de parcelas de populações que se isolam. Contudo, nenhum autor anterior explorou tais possibilidades em conchostráceos atuais para nortear as pesquisas paleontológicas.

No presente trabalho foi possível verificar, de modo muito claro, que ocorre alteração da forma das valvas ao longo da vida dos organismos,

especialmente vinculada à reprodução. É interessante notar que paleontólogos (e.g., Reible, 1962) já procuraram classificar os conchostráceos em cicladiiformes e teliniformes, respectivamente, para os contornos de carapaças com margem dorsal reta e margem dorsal arredondada com passagem suave para a margem posterior. De acordo com as observações de *C. hislopi* do presente trabalho, tal classificação é totalmente artificial, pois os conchostráceos passam da morfologia cicladiiforme para a teliniforme quando iniciam sua fase reprodutiva. Outro aspecto interessante constatado é a modificação da ornamentação nas bandas de crescimento dos conchostráceos ao longo da vida. Entre os fósseis, certas espécies, gêneros e até famílias apresentam padrão de ornamentação bem característico e complexo, o que têm demonstrado bastante consistência e importância na taxonomia (Chen e Shen, 1985, Rohn *et al.*, 2005). Tasch (1969), por outro lado, não valorizou a utilização da ornamentação na classificação de conchostráceos fósseis por considerar que esta pode variar no âmbito de uma única valva.

A modificação da ornamentação poligonal para pontuada ao longo da vida de *C. hislopi* mostra que é necessária certa cautela na utilização da ornamentação para a classificação dos fósseis. Tal característica talvez deva ser comparada entre indivíduos que se encontram no mesmo estágio ontogenético e não entre jovens e adultos. De qualquer forma, é preciso levar em consideração que a ornamentação de *C. hislopi* é relativamente simples e aparentemente corresponde a um padrão que existiu desde o Paleozóico em conchostráceos com carapaça idêntica. Padrões de ornamentação mais complexos tiveram duração muito mais curta na história evolutiva dos conchostráceos e provavelmente têm importância taxonômica e estratigráfica muito maior.

Os dados até agora obtidos confirmam que os conchostráceos são bons indicadores de paleoambientes continentais, uma vez que são intolerantes a ínfimos incrementos de salinidade. Uma transgressão marinha alcançando um grande lago seria suficiente para exterminar toda a população de conchostráceos ali existentes.

As relações sincológicas explicam a freqüente presença no registro fóssil de conchostráceos associados a ostrácodes e restos de peixes (Rohn, 1994). Este fato também corrige a visão amplamente divulgada na literatura (cf.

Tasch, 1969) de que conchostráceos habitariam apenas corpos de água temporários como estratégia para evitar predação por peixes.

Em relação à tafonomia, como foi verificado que as carapaças se desintegram em pouco tempo na água, para que elas deixassem seu registro no sedimento seria necessário um soterramento rápido no ambiente deposicional. Outra possibilidade que aparentemente permite a preservação das carapaças é o seu ressecamento. Esta situação seria condizente com corpos d'água temporários onde as carapaças poderiam ser preservadas nas estações secas e rapidamente sepultadas por lama nas estações chuvosas. Contudo, diversos conchostráceos fósseis apresentam carapaças tão perfeitas, sem dobras, que uma etapa de ressecamento na sua história tafonômica parece ser improvável.

O fato das valvas não se desarticularem após a morte explica as várias ocorrências no registro fóssil de moldes onde se observam valvas sobrepostas com um ligeiro deslocamento, provavelmente causado pela compactação do sedimento sobre elas (Rohn *et al.*, 2005).

Discussão

Cyclestheria hislopi é uma espécie de conchostráceos que apresenta diferenças bastante peculiares em relação aos outros conchostráceos pertencentes às famílias Cyzicidae, Leptestheridae e Limnadiidae. Estas diferenças são notadas em relação ao habitat, modo reprodutivo e nas relações de predação.

Apesar de não produzir cistos ou outra forma de resistência, são encontrados em todo o mundo nas regiões intertropicais. Várias formas de dispersão são cabíveis para esta espécie (Bilton *et al.*, 2001; Havel e Shurin, 2004), porém, variações no modo reprodutivo em populações sob condições climáticas e ambientais específicas, notadas pela presença de machos nestas populações, sugere a existência de duas ou mais espécies dentro da população mundial de *C. hislopi*.

Cyclestheria hislopi tem como habitat ideal corpos d'água com temperaturas entre 25-28° C, com pH próximo a 7 e salinidade menor que 0,5 ppm. Além de ser a única espécie de conchostráceos que habita corpos d'água

permanentes, também parece conviver bem com predadores naturais, como peixes e outros crustáceos de maior tamanho, ao contrário de outras espécies de conchostráceos.

São observadas variações ontogenéticas, sendo que a mais importante em termos taxonômicos é o arredondamento da margem dorsal da carapaça, o que propicia maior espaço para o desenvolvimento dos filhotes, que é interno. Foi notada também a variação da ornamentação das carapaças em diferentes estágios da vida.

Uma análise global da população de *C. hislopi* se faz necessária, a fim de encontrar respostas para a distribuição pantropical desta espécie.

Refêrencias Bibliográficas

BAIRD, W. 1859. Description of some new recent Entomostraca from Nagpur, collected by the Rev S. Hislop. Proceedings of the Royal Society of London 63: 231-234, plate 63, fig. 1.

BAJKOT, A. D. 1949. Do fish fall from the sky? Science 109: 402.

BARNARD, K. H. 1924. Contributions to a knowledge of the fauna of South-West Africa. 11: Crustacea Entomostraca Phyllopora. Ann, South African Museum 20: 213-230.

BATTISH, S. K. 1981. On some Conchostracans from Punjab with the description of three new species and a new Subspecies. Crustaceana 40 (2): 178-196.

BELL, G. 1982. The masterpiece of nature: The evolution and genetics of sexuality. University of California Press.

BENZIE, J. A. H. 1988. The systematics of Australian Daphnia (Cladocera: Daphniidae): Species descriptions and keys. Hydrobiologia 166: 95-161.

BIDWELL, A., CLARKE, N. V., 1977. The invertebrate fauna of Lake Kainji Nigeria.-Niger. Field. 42 (3): 104-110.

BILTON, D. T., FREELAND, J. R., OKAMURA, B., 2001. Dispersal in freshwater invertebrates. Annu. Rev. Ecol. Syst. 32: 159-181.

BOHONAK, A. J., WHITEMAN, H. H., 1999. Dispersal of fairy shrimp *Branchinecta coloradensis* (Anostraca): Effects of hydroperiod and salamanders. Limnol. Oceanogr. 44: 487-493.

BOTNARIUC, N., VIÑA BAYES, N. 1977. Contribution a la connaissance de la biologie de *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Crustacea, Conchostraca) de Cuba. In T. Orghidan, A. Nunez Jeminez, et al. (Eds), Resultats des expéditions biospeleologiques cubano-roumaines a Cuba 2.:257-262.

BREHM, V., 1937. Brasilianische Cladoceren, gesammelt von Dr. O. Schubart 2. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie u Hydrographie 35: 497-512.

BREHM, V. 1939. Einige Phyllopoden und Ostracoden aus Belgischen Congo.- Rev. 2001. Bot. Afr. 321: 1 1-1 19.

BREHM, V. 1948. Datos para la fauna de agua dulce de Cuba. Publ. del Inst. Biol. Apl. 5: 95-112.

BREHM, V. & THOMSEN, R.,1936. Brasilianische Phyllopoden und Argoliden, gesammelt von Herrn Dr. O. Schubart. Zoologischer Anzeiger 116: 211-218.

DADAY, E. 1910. Untersuchungen uber die Susswasser-Mikrofauna Deutsch-Ostafrikas.-Zoologica. Sluttg. 23: 1-3 14.

DADAY, E. 1913. Phyllopoda. Voy. Alluad. Afr. Orient. Crust. 1: 1-9.

DADAY, E. 1926. Monographie systematique des Phyllopoetes Conchostraces. Troisieme Partie (Suite).-Ann. Sci. nat. Zool. Shr. 109: 1-81.

DODSON, S. I., FREY, D. G., 2001. Cladocera and other Branchiopoda, p. 850-914. In J. H. Thorp and A. P. Covich [eds.], Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press.

DUMONT, H. J. 1997. Cladoceran studies: Where do we go from here? Hydrobiologia 360: 301-303.

EGBORGE, A. B. M., OZORO, N., 1989. *Cyclestheria hislopi* (Baird. 1895) (Branchiopoda: Conchostraca) in Yewa River.-Nigeria. Arch. Hydrobiologia 1151: 137-148.

FERNANDO, C. H. 1974. Guide to the Freshwater Fauna of Ceylon (Sri Lanka), Supplement 4.-Bul. Fish. Res. Stn.. Sri Lanka (Ceylon). 251-2: 27-81.

FERREIRA, E.J.G. 1984. A ictiofauna da represa hidrelétrica de Curuá-Uná, Santarém, Pará, 2: Alimentação e hábitos alimentares das principais espécies . Amazoniana 9: 1-16.

FRANK, P.W., 1988. Conchostraca. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 62: 399-403.

FREY, D. G., 1982. Questions concerning cosmopolitanism in Cladocera. Arch. Hydrobiologia 93: 484-502.

FRYER, G., 1957. Freelifving freshwater Crustacea from Lake Nyasa and adjoining waters. Part I | Cladocera and Conchostram-Arch. f. Hydrobiologia 532: 223-239.

GREEN. J. 1962. Zooplankton of the River Sokoto. The Crustacea. Proc. Zool.

Soc. Lond. 1383: 415-453.

GRIFFIN, D. W., KELLOGG, C. A., GARRISON, V. H., SHINN, E. A., 2002. The global transport of dust. *Am. Sci.* 90: 228-235.

GURNEY, R., 1906. On some freshwater Entomostraca in the collections of the Indian Museum. *Calcutta. J. Asiat. Soc. Beng.* 2: 273-281.

HALLOY, S., 1981 . Notas sobre *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Crustacea Conchostraca) encontrado en Argentina. *Acta zool. lilloana* 362: 5-9.

HARE, L., CARTER, J. C. H., 1987. Zooplankton populations and the diets of three *Chaoborus* species (Diptera Chaoboridae) in a tropical lake. *Freshwater Biology.* 17: 275-290.

HAVEL, J. E., SHURIN, J. B., 2004. Mechanisms, effects and scales of dispersal in freshwater zooplankton. *Limnol. Oceanogr.* 49(2): 1229-1238.

JUNK, W.J., 1973. Investigations on the ecology and production-biology of the "floating meadows" (*Paspalo - Echinochloetum*) on the Middle Amazon. Part. II. The aquatic fauna in the root zone of floating vegetation. *Amazoniana* 4(1): 9-102.

JUNK, W. J., 1977. The invertebrate fauna of the floating vegetation of Bung Borafet, a reservoir in Central Thailand. *Hydrobiologia* 53: 229-238.

LUTZ, A., 1929. Dos phyllopodos observados no Rio Grande do Norte. *Suppl.-Mem. Inst. Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro* 5: 3-9.

LUTZ, A., Souza Araújo, H.C. de & Fonseca Filho, O. da 1918. Viagem científica no Rio Paraná e a Assuncion com volta por Buenos Aires,

Montevideo e Rio Grande. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 10 (2): 104-173.

MARTIN, J. W., DAVIS, G. E., 2001. An updated classification of the Recent Crustacea. Natural History Museum of Los Angeles County Science Series, 39: 1-124.

MARTIN, J. W., BOYCE, S. L., GRYGIER, M. J., 2003. New records of *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859) (Crustacea: Branchiopoda: Diplostraca: Cyclestherida) in Southeast Asia. The Raffles Bul. Of Zoology, 51 (2): 215-218.

MAEDA-MARTÍNEZ, A. M., OBREGÓN-BARBOZA, H., GARCÍA-VELAZCO, H., 1997. New records of large branchiopods (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) in Mexico. Hydrobiologia 359: 63-68.

MCKENZIE, K. G., 1981. Palaeobiogeography of some salt lake faunas. Hydrobiologia, 82: 407-418.

MELLORS, W. K., 1975. Selective predation of ephippial *Daphnia* and the resistance of ephippial eggs to digestion. Ecology 56: 974-980.

MENDES, A. S., FERNANDO, C. H., 1962. A guide to the freshwater Fauna of Ceylon.-Bull. Fish. Res. Sin. Ceylon 12: 1-160.

MICHAEL, R. G., 1968. Fluctuation in the relative abundance of the weed fauna of a tropical freshwater fish pond. Hydrobiologia 31: 37-59.

MICHELS, E., COTTENIE, K., NEYS, L., DE GELAS, K., COPPIN, P., DE MEESTER, L., 2001. Geographical and genetic distances among zooplankton populations in a set of interconnected ponds: A plea for using GIS modelling of the effective geographical distance. Mol. Ecol. 10: 1929-1938.

- NAIR, K. K. N., 1968. Observations on the biology of *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Conchostraca: Crustacea). Arch. Hydrobiologia 651: 96-99.
- NAYAR, C. K. G., NAIR, K. K. N., 1968. On a collection of conchostraca (Crustacea, Branchiopoda) from south India, with the description of two new species. Hydrobiologia 32: 219-224.
- OLESEN, J., MARTIN, J. W., ROESSLER, E. W., 1996. External morphology of the male of *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859) (Crustacea, Branchiopoda, Spinicaudata), with a comparison of male claspers among the Conchostraca and Cladocera and its bearing on phylogeny of the 'bivalved' Branchiopoda. Zoologica Scripta, 25(4): 291-316.
- PAUL, M. A., NAYAR, C. K. G., 1977. Studies on a natural population of *Cyclestheria hislopi* (Baird) (Conchostraca: Crustacea). Arch. f. Hydrobiologia 532: 173- 179.
- PETR, T., 1968. Population changes in aquatic invertebrates living on two water plants in a tropical man-made lake. Hydrobiologia 32: 449-485.
- PETROV, B., MARINCEK, M., 1995. Age-Influenced morphological changes in *Leptestheria saetosa* Marincek et Petrov, 1992 (Conchostraca, Crustacea). Hydrobiologia 298: 245-252.
- RAYMOND, P. C., 1946. The genera of fossil Conchostraca an order of bivalved Crustacea. Bull. Mus. Comp. Zool. Hun. 963: 214-307
- ROCHA, O., GÜNTZEL, A. 2001. Invertebrados de água doce. Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século 20. Projeto Biota. Fapesp. Vol. 4.
- ROESSLER, E. W., 1995. Review of Colombian Conchostraca (Crustacea) - ecological aspects and life cycles -- family Cyclestheriidac. Hydrobiologia
-

298: 113-124.

ROESSLER, E. W., SANCHEZ, M., 1986. Estudios sobre 10s 'Entomostraceos' de Colombia. 1. Contribuciones al conocimiento de la historia natural de *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859). (Arthropoda. Crustacea, Conchostraca), con énfasis en aspectos bioecológicos y del ciclo vital. *Caldasia* 1468-70: 679-707.

SARS, G. O., 1887. On *Cyclestheria hislopi* (Baird), a new generic type of bivalve Phyllopoda; raised from dried Australian mud.- *Christiania Vidensk. Selsk. Forh.* 1: 223 -239.

SASSAMAN, C., 1995. Sex determination and evolution of unisexuality in the Conchostraca. *Hydrobiologia* 298: 45-65.

SAYCE, O. A., 1903. The Phyllopoda of Australia, including descriptions of some new genera and species. *Proc. R. Soc. Vict.* 152: 224 261.

SISSOM, S. L., 1975. Notes on ecology and life history of *Cyclestheria hislopi*, an Australian immigrant in Texas. *American Zoologist* 15: 815.

SISSOM, S. L., 1980. An occurrence of *Cyclestheria hislopi* in North America. *Tex. J. Sci.* 322: 175-176.

STRASKRABA, M., 1969. Lista de los Crustaceos dulceacuicolas de Cuba y sus relaciones zoogeograficas. *Academia de Ciencias de Cuba Instituto de Biología.-Serie Biología No. 8:* 1 -37.

STUHLMANN, F., 1888. Vorläufiger Bericht über eine mit Unterstützung der Königlichen Akademie de Wissenschaften unternommenen Reise nach Ost-Africa zur Untersuchung der Susswasserfauna. *Sitzgsber. K. Acad. Wiss.* 49: 1255-1269.

TASCH, P., 1969. Branchiopoda, In *Treatise on Invertebrate Paleontology*

(Moore, R.C.; editor). Geological Society of America and University of Kansas, Part R., Arthropoda, No. 4, Vol. 1, p. R128-R191. Boulder.

TASCH, P., ZIMMERMAN, J. R., 1961. Comparative ecology of living and fossil conchostracans in a seven-county area of Kansas and Oklahoma: Wichita Univ. Bull., Univ. Studies, no. 47, no. 36, 1, p. 3-14.

THIELE, J., 1900. Ueber einige Phyllopoden aus Deutsch Ost-Afrika.- Zool. Jahrb. Syst. 13: 564-576.

TIMMS, B.V., 1979. The benthos of some lakes in northeastern Queensland. Proc. Roy. Soc. Queensland. 90: 57- 64.

TIMMS, B. V., 1986. *Cyclestheria hislopi* (Conchostraca) in Australia. Crustaceana 51 (3): 302-305.

TIMMS, B. V., 1993. Saline lakes of the Paroo, inland New South Wales, Australia. Hydrobiologia 267: 269-289.

WELTNER, W., 1898. Sitzung vom 20 December 1898. Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin 89: 199.
