

## 1. INTRODUÇÃO

---

O Grupo Itararé guarda em seus sedimentos as grandes mudanças provocadas pela glaciação que se desenvolveu no Permocarbonífero. Pesquisadores das mais diversas áreas da ciência tem se dedicado ao estudo deste Grupo. No entanto, os sedimentos glaciais são gerados predominantemente a partir dos processos de degelo o que proporcionou uma variedade de depósitos sedimentares. Fato que dificulta correlações entre os depósitos aflorantes no próprio Grupo.

Estudos estratigráficos de alta resolução vêm sendo cada vez mais utilizados na solução desse tipo de problema, lançando mão de diferentes ferramentas de aplicação, dentre elas a análise paleoicnológica. Os icnofósseis são produtos da resposta do organismo produtor aos processos atuantes no meio. Assim, boa parte dos icnofósseis possui vínculos faciológicos bem definidos, gerando, isoladamente ou em conjunto, uma assinatura icnológica específica, que pode ser elemento-chave na correlação de depósitos sedimentares (Netto 2000).

A partir da primeira ocorrência relatada por Maury (1927), em um dos primeiros mapeamentos geológicos em depósitos do Grupo Itararé, é difícil não encontrar menção à ocorrência de bioturbação nos ritmitos que caracterizam o grupo, em diversas regiões da bacia (Ab'Saber 1948, Buerlen 1952, Bortoluzzi *et al.* 1980, Bossi & Piccoli 1979, Carvalho 1936, Lange 1944, 1954, Leinz 1937, Mezzalira 1948, 1956, 1958, 1959, 1966, 1968, 1969, Petri 1985, Rocha-Campos 1967, Rocha-Campos *et al.* 1981, Simões *et al.* 1988, entre outros). Contudo, a icnofauna do Grupo Itararé passou a receber maior atenção somente na década de 1980, quando surgiram os primeiros estudos específicos descrevendo e tentando identificar os icnotáxons encontrados (Dias-Fabrizio *et al.* 1984, 1985, Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer 1989, Fernandes *et al.* 1987, Guerra-Sommer *et al.* 1984, Marques-Toigo *et al.* 1989, Netto 1987). A não-existência, na época, de critérios de descrição e de classificação e de um índice taxonômico atualizado, fez com que os icnofósseis fossem, na maioria dos casos, identificados apenas preliminarmente, por comparação com icnotáxons registrados nos depósitos permocarboníferos do sul da África (Savage 1971, Anderson 1975, 1981) e da Austrália (Glaessner 1967).

No entanto, o estudo paleoicnológico de alta resolução realizado por Balistieri (2003) em depósitos aflorantes do Grupo Itararé (formações Maфра e Rio do Sul, *sensu* Schneider *et al.* 1974) na região de Maфра (SC) revelou a existência de assembléias específicas de traços fósseis em distintas associações de fácies da sucessão sedimentar, cujas assinaturas

permitiram refinamentos na interpretação das fácies e uma melhor compreensão do arcabouço estratigráfico da unidade nas áreas de estudo.

À luz desses dados, surgiu uma indagação: seria possível utilizar as assinaturas icnológicas do Grupo Itararé para correlacionar os depósitos aflorantes no RS com o restante da bacia? Devido à pouca espessura dos depósitos aflorantes, o grupo foi considerado indiviso no RS, correspondendo apenas à Formação Rio do Sul (Schneider *et al.* 1974), dificultando sua correlação com as demais áreas da bacia. Delimitar parâmetros que auxiliem nessa correlação favoreceria o refinamento do arcabouço estratigráfico regional. Assim, esse estudo se propõe a analisar detalhadamente a icnofauna do Grupo Itararé no RS e definir, na medida do possível, seus vínculos faciológicos e as assinaturas icnológicas presentes, de forma a contribuir para futuros estudos estratigráficos, em escala regional.

## 2. OBJETIVOS

---

Este trabalho teve por objetivos:

- (i) analisar a icnofauna do Grupo Itararé do RS;
- (ii) caracterizar seus vínculos faciológicos e compará-los com os das assembléias de traços fósseis da região de Mafra (SC); e
- (iii) definir as assinaturas icnológicas presentes nos depósitos glaciogênicos permocarboníferos no RS.

## 3. METODOLOGIAS

---

Para execução desse trabalho, foram utilizadas as metodologias descritas abaixo.

### 3.1 – Delimitação da área de estudo

Os estudos prévios efetuados por Dias-Fabrizio *et al.* (1984, 1985), Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer (1989), Guerra-Sommer *et al.* (1984) e Netto (1987) indicavam a ocorrência de icnofósseis em rochas do Grupo Itararé aflorantes nas regiões de Cachoeira do Sul, Vila Nova e São Gabriel. Contudo, a localização imprecisa dos afloramentos nas regiões de Cachoeira do Sul e de São Gabriel, e a necessidade de avaliar a ocorrência de icnofósseis nas demais regiões exigiram visita a todos os afloramentos conhecidos no Estado. Para tanto, utilizou-se o mapa de áreas aflorantes de Corrêa da Silva (1978) (Figura 1). Muitos dos afloramentos indicados já não existem ou se encontram em péssimo estado de conservação.

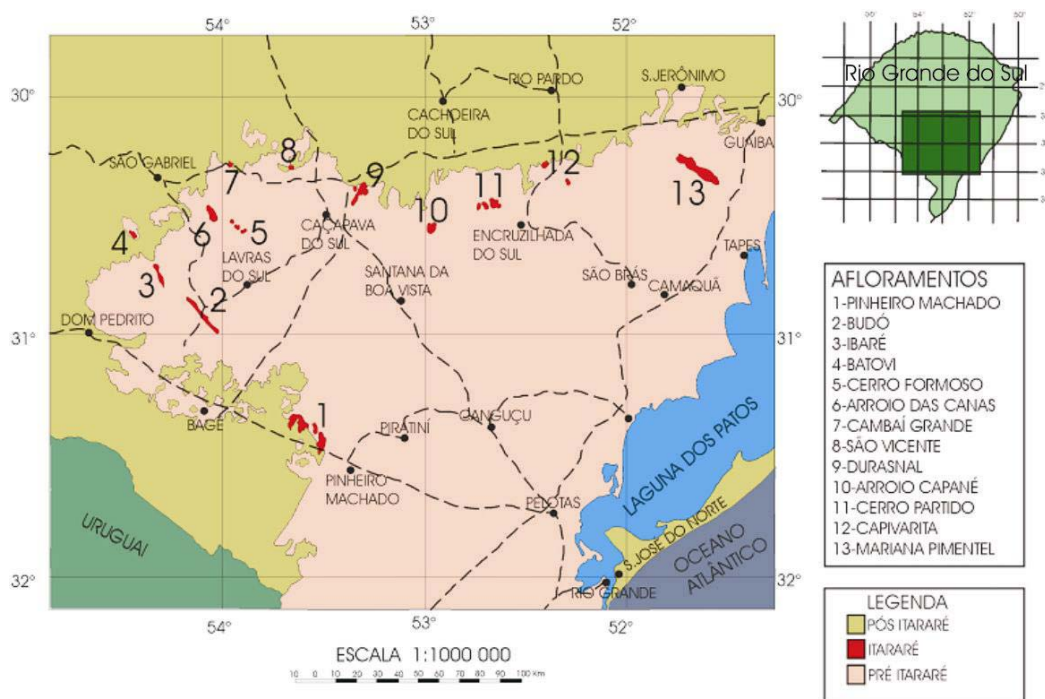


Figura 1 - Mapa de localização dos afloramentos do Grupo Itararé no RS, segundo Corrêa da Silva (1978).

As litologias mais intemperizadas são os ritmitos siltico-argilosos, onde ocorre a icnofauna registrada no RS, reduzindo ainda mais as chances de novos achados. A faciologia proposta por Silveira (2000) foi utilizada para caracterizar as fácies aqui descritas. O empilhamento da sucessão estudada pela autora – na região de Mariana Pimentel, onde afloram as maiores espessuras do Grupo Itararé no RS - serviu de base comparativa para o

reconhecimento das associações de fácies encontradas nas regiões com depósitos de pouca espessura.

Os melhores afloramentos encontrados foram: (i) Fazenda dos Mudinhos, Fazenda Querência e Coxilha do Tabuleiro, na região de São Gabriel (folhas São Gabriel e Coxilha do Tabuleiro, escala 1:50.000), os dois primeiros na zona do afloramento Batovi e o último correspondente ao afloramento Budó de Corrêa da Silva (1978) (Figura 1); (ii) proximidades do cerro Coroado e arredores do cerro Manoel Prates, na região de Cachoeira do Sul (folha Cerro Manoel Prates, escala 1:50.000), na zona do afloramento Arroio Capané de Corrêa da Silva (1978) (Figura 1); e (iii) morro Papaléo e arredores, na região de Mariana Pimentel (folha Mariana Pimentel e Barão do Triunfo, escala 1:50.000), na zona do afloramento Mariana Pimentel de Corrêa da Silva (1978) (Figura 1). Suas localizações geográficas estão citadas abaixo, na tabela 1. Contudo, somente foram identificados icnofósseis nos afloramentos da Fazenda dos Mudinhos e nos arredores do cerro Manoel Prates. Os depósitos de Vila Nova foram assumidos como pertencentes à base da Formação Rio Bonito, conforme Elias *et al.* (2000).

Tabela 1 - Tabela demonstrativa das posições geográficas (coordenadas em UTM) dos afloramentos analisados.

<b>Localização</b>	<b>UTM - N</b>	<b>UTM - E</b>
Fazenda dos Mudinhos	6.605.953	751.269
Fazenda Querência	6.618.121	744.907
Coxilha do Tabuleiro	6.573.089	776.161
Proximidades do cerro Coroado	6.630.808	299.084
Arredores do cerro Manoel Prates	6.635.294	293.199
Morro Papaléo e arredores, na região de Mariana Pimentel	6.647.523	438.386

### 3.2 – Descrição da icnofauna

As visitas à área de estudo revelaram que a maior parte do acervo de icnofósseis do Grupo Itararé no Estado foi previamente coletada, estando depositada no Museu de Paleontologia do Departamento de Estratigrafia e Paleontologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As amostras localizadas foram gentilmente cedidas para este estudo, estando catalogadas sob os números IC001 a IC036. Como tais amostras haviam sido somente descritas preliminarmente por Guerra-Sommer *et al.* (1984) e Dias-Fabício & Guerra-Sommer (1989), foi necessário uma revisão icnotaxonômica, uma vez que a identificação dos icnotáxons comportava essa análise, desta vez feita por paleoicnólogos, que poderiam contribuir de maneira mais eficaz para uma melhor análise e interpretação dos icnofósseis. A descrição dos espécimes estudados seguiu a metodologia de icnotaxobases proposta por Bromley (1996) para estruturas endogênicas, e a metodologia para descrição de trilhas de invertebrados, proposta por Trewin (1995), para estruturas epigênicas. A definição dos icnotáxons foi feita a partir das características observadas e sua equivalência com as diagnoses originais ou emendadas dos icnogêneros e/ou icnoespécies assumidos.

A sistemática icnológica seguiu o padrão dos principais trabalhos de icnotaxonomia publicados na última década (p. ex., Uchman 1995, Keighley & Pickerill 1996, Schlirf *et al.* 2001, Mángano *et al.* 2002, Balistieri *et al.* 2002, 2003). A fim de facilitar a leitura desse trabalho por pessoas não familiarizadas com a sistemática paleoicnológica, optou-se pela inclusão das diagnoses das icnoespécies reconhecidas, mesmo não se tratando de icnoespécies novas. Neste caso específico, incluiu-se a diagnose do icnogênero, para melhor subsidiar a inclusão de uma nova morfologia como icnoespécie desse icnogênero. Os icnotáxons previamente identificados e revisados que assumiram uma nova identificação, a partir da revisão efetuada, foram listados em sinonímia junto à nova descrição. Procedeu-se da mesma forma com espécimes devidamente ilustrados em publicações e que foram originalmente identificados de forma inadequada.

As amostras IC008A, IC008B e IC019, descritas originalmente pelas autoras citadas, não foram localizadas na coleção, não tendo sido aqui revisadas. Os espécimes destas amostras foram originalmente comparados aos icnogêneros *Taphrelminthopsis* e *Helminthopsis*, mas uma análise detalhada das icnotaxobases é necessária para que esses icnotáxons sejam validados.

### 3.3 – Análise da icnofauna

O reconhecimento de icnocenoses, suítes e vínculos faciológicos, bem como de aspectos paleoecológicos que favorecessem um refinamento da análise paleoambiental foi efetuado a partir da análise da icnofauna descrita, da faciologia dos depósitos que a contêm e de comparações com os depósitos do Grupo Itararé na região de Mafra (SC), a partir dos dados disponibilizados por Balistieri (2003) e Balistieri *et al.* (2002, 2003). Para tanto, utilizou-se, para a discussão, literatura atualizada na área de paleoicnologia aplicada, literatura específica sobre icnofósseis de depósitos glaciogênicos, literatura zoológica e paleoecológica.

## 4. O GRUPO ITARARÉ NO RIO GRANDE DO SUL

---

### 4.1 – Características gerais

O Grupo Itararé compreende a sucessão de depósitos glaciogênicos permocarboníferos da bacia do Paraná (Figura 2), representados predominantemente por pelitos, arenitos finos e diamictitos. Sua distribuição na bacia é irregular e as maiores espessuras evidenciam dois depocentros diacrônicos, um mais antigo, a NNE (São Paulo) e outro mais jovem, na região centro-sul (Santa Catarina) (Milani 1997, Balistieri 2003, Figura 3). No Rio Grande do Sul, o Grupo Itararé aflora em áreas isoladas e possui, em geral, pouca espessura, devido à condição de borda de bacia da região, à época da deposição. As maiores espessuras afloram na região de Mariana Pimentel, a leste do Estado (Silveira 2000). A sucessão aflorante no RS é composta por sedimentos essencialmente argilosos na porção basal, enquanto que na parte superior aparecem argilitos, folhelhos várvidos, ritmitos, arenitos finos e diamictitos (Schneider *et al.* 1974).

A deposição do Grupo Itararé teve início durante o Carbonífero, primeiramente no norte e, após, no centro da bacia do Paraná. No RS, os depósitos glaciogênicos depositaram-se sobre as rochas do Escudo Sul-Riograndense, cobrindo-o em parte e preenchendo paleovales existentes na paleotopografia (Figura 2). Acredita-se que foram preservados apenas os depósitos basais, que seguem duas direções tectônicas principais no Escudo: NE (Pinheiro Machado, Bom Jardim, Cerro Partido, Arroio Capané) e NW (Mariana Pimentel, Budó, Ibaré, Batovi, Cerro Formoso, Acampamento Velho e Arroio das Canas), abrangendo 400 m de espessura (Corrêa da Silva 1978).

Os depósitos aflorantes do Grupo Itararé foram divididos por Schneider *et al.* (1974) em quatro unidades litoestratigráficas: formações Aquidauana e Campo do Tenente (basais), Formação Mafra (intermediária) e Formação Rio do Sul (superior) (Figura 3). No Rio Grande do Sul, foi reconhecida apenas a unidade superior, de origem marinha, associada a geleiras de idade Kunguriana (Permiano).

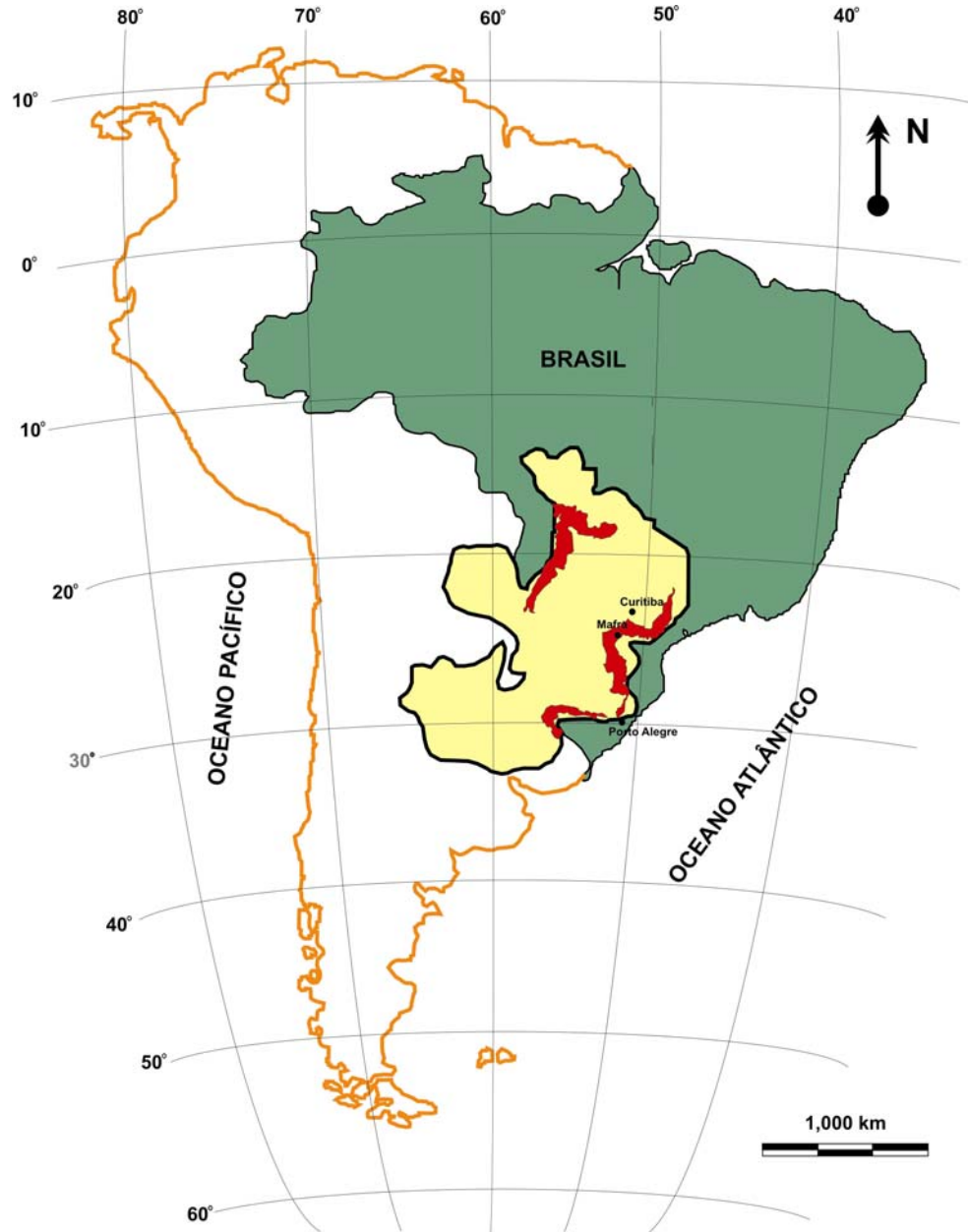


Figura 2 - Mapa de localização da bacia do Paraná, com destaque para a área de afloramentos dos depósitos glaciogênicos do Grupo Itararé.



		LITOESTRATIGRAFIA								
Cronoest.		Rio Grande do Sul		Santa Catarina		Paraná		São Paulo		
Q.		Barreiras, terraços e aluviões		Barreiras, terraços e aluviões		Qha		Qha		
T.		Associação litológica primária		Associação litológica primária		TQi		TQi	Fm. Rio Claro	
Creol.	Gr. Bauru							Fm. Marília		
Ju-Cr.	Gr. São Bento	Fm. Serra Geral		Fm. Serra Geral		Fm. Serra Geral		Fm. Serra Geral		
		Fm. Botucatu		Fm. Botucatu		Fm. Botucatu		Fm. Botucatu		
Tr.		Mb. Sta. Maria						Fm. Pirambóia		
		Fm. Rosário do Sul								
PERMIANO	Gr. Passa Dois	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado	Fm. Rio do Rasto	Mb. Morro Pelado	Mb. Serrinha	Fm. Corumbatai	
			Mb. Serrinha		Mb. Serrinha					
		Fm. Terezina		Fm. Terezina		Fm. Terezina				
		Fm. Serra Alta	Fm. Estrada Nova						Fm. Serra Alta	
			Fm. Irati	Mb. Assistência						
				Mb. Taquaral						
	GRUPO GUATÁ	FORMAÇÃO PALERMO		FORMAÇÃO PALERMO		Fm. Palermo				
		FORMAÇÃO RIO BONITO		Fm. Rio Bonito	Mb. Siderópolis	Fm. Rio Bonito	Mb. Paraguaçu	Fm. Tatui		
					Mb. Paraguaçu		Mb. Triunfo	Fm. Tietê		
	CARB. sup.	Gr. Itararé	Fm. Rio do Sul		Fm. Rio do Sul		Fm. Rio do Sul		Fm. Aquidauana	
			Fm. Mafra		Fm. Mafra					
			Fm. Campo do Tenente		Fm. Campo do Tenente		Gr. Itararé			
			Fm. Ponta Grossa		Fm. Ponta Grossa					
DEV.	Gr. Paraná			Fm. Furnas		Fm. Furnas		Fm. Furnas		
		Embasamento Pré-Gonduânico								

Figura 3 - Coluna litoestratigráfica da bacia do Paraná proposta por Schneider *et al.* (1974) a partir de depósitos aflorantes, mostrando a divisão do Grupo Itararé na região central da bacia e seu caráter indiviso no RS.

Os depósitos do Grupo Itararé no RS datam do Permiano inferior, sendo, portanto, mais tardios em relação ao restante da bacia. Tal situação seria conseqüência da existência de um alto estrutural ao sul na época da glaciação carbonífera, não registrando, pois, as unidades basais da bacia, sotopostas ao Grupo Itararé (Carvalho 1932, Leinz 1937, Schneider *et al.* 1974, Milani *et al.* 1994) (Figura 4).

### Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (MILANI *et al.*, 1994)

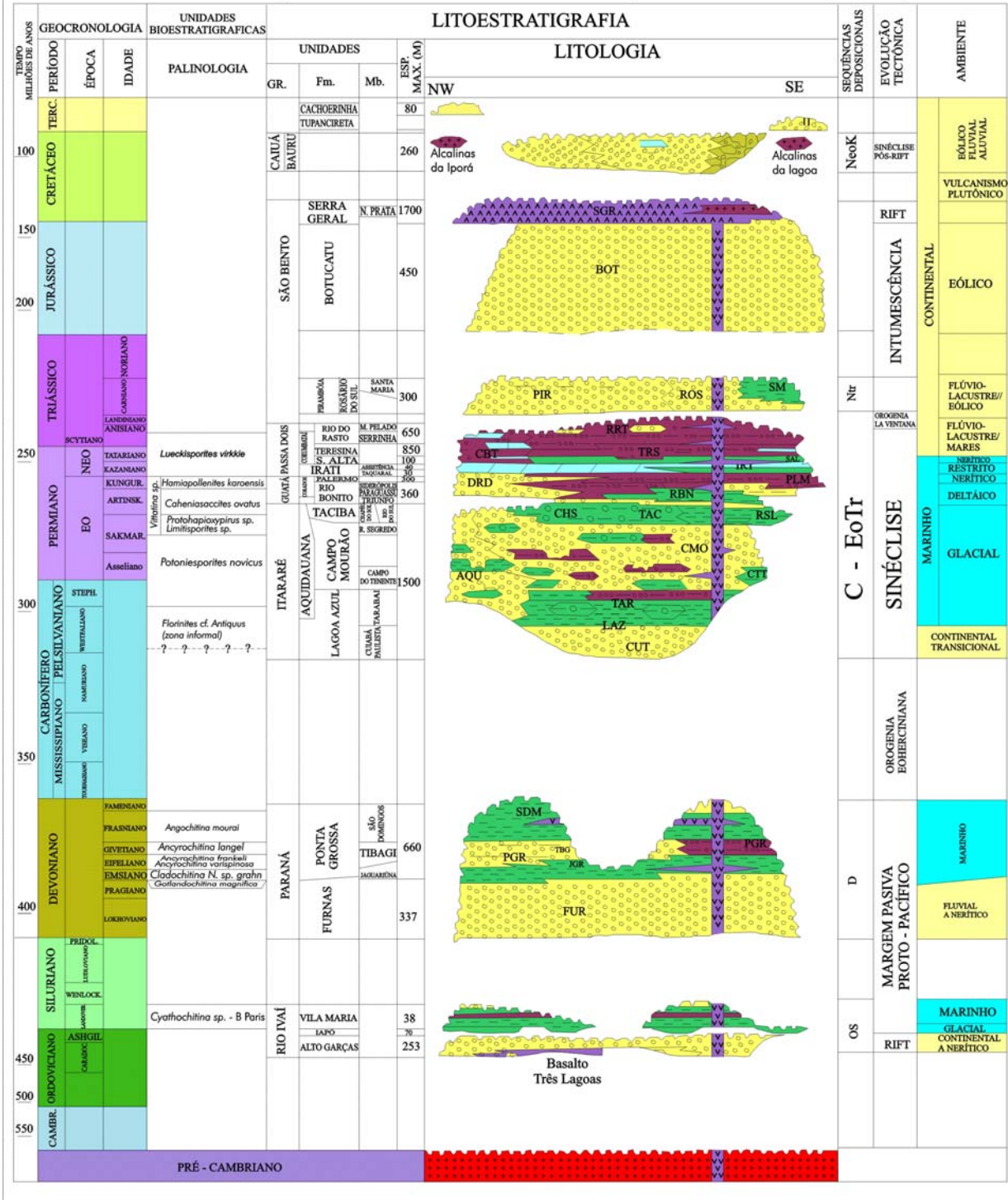


Figura 4 - Carta estratigráfica da Bacia do Paraná (Milani 1997).

## 4.2 – A construção do conhecimento

Muitos pesquisadores dedicaram seu trabalho à compreensão da estratigrafia, da paleontologia e da paleogeografia do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul. Duas foram as abordagens principais: (i) a lito, bio, e/ou cronoestratigráfica, expressa desde os primeiros trabalhos, na década de 1930, até praticamente a metade da década de 1980; e (ii) a estratigrafia de seqüências, desde o final da década de 1980 até hoje. A pouca espessura de depósitos aflorantes e a condição de borda de bacia talvez tenham sido os fatores que mais dificultaram o entendimento do Grupo Itararé no RS, ao longo dessas décadas.

Compondo uma das primeiras sínteses sobre a geologia do RS, Carvalho (1932) delimitou as relações estratigráficas da então denominada Série Itararé, sobreposta discordantemente à Série Camaquã e sotoposta à Série Tubarão. Poucos anos depois, a análise paleogeográfica efetuada por Leinz (1937) revelou o impedimento da sedimentação glacial no Rio Grande do Sul, pela altitude da região. Aqui teria predominado a erosão, cujos produtos originaram os depósitos glaciais argentinos e uruguaios. Assim, apenas na última fase da glaciação é que se sedimentaram os depósitos pouco espessos do Grupo Itararé no RS, em pequenas depressões morfológicas existentes onde hoje são as localidades de São Jerônimo, Butiá, Suspiro e Batovi (Figura 1).

O achado de fósseis marinhos na região datam da década de 1940 (Dolianiti 1945, Martins 1948), ocorrendo em áreas previamente mapeadas por Leinz (1937) como pertencentes à Formação Maricá, de idade pré-gonduânica. Estudos posteriores, contudo, mostraram tratar-se de depósitos do Grupo Itararé, permitindo inferir uma natureza glácio-marinha para os folhelhos fossilíferos do grupo aflorantes no RS (Schneider *et al.* 1974, Corrêa da Silva 1978).

O acervo fóssilífero do Grupo Itararé no RS é composto por pelecípodes (*Aviculopecten cambahyensis*), braquiópodes (*Langella imbituvensis* e *Orbiculoidea maricaensis*), escolecodontes marinhos (*Nereidavus moreirai*, *Nereidavus beetleae*, *Ildraites langei*, *Arabellites almeidai* e *Arabellites santosi*), assim como ostracodes, espículas de esponja, restos de peixes (dentes de Elasmobranchii, de paleonisciformes e de cladontiformes, escamas de celacantídeos e de paleoniscídeos), além de insetos paraplecópteros (*Narkemina rochacamposi*) e restos de flora Glossopteris e algas (Dolianiti 1945, Pinto 1947, 1949, 1955, 2000, Martins 1948, 1951, Martins & Sena Sobrinho 1950, Pinto & Purper 2000, Richter 2000). Este conjunto é, em parte, semelhante àquele preservado nos folhelhos Lontras (SC) e Passinho (PR).

A década de 1950 foi produtiva, no sentido de que importantes questões foram levantadas. A discussão principal girava em torno da idade – assumida como neocarbonífera, a partir dos fósseis – e dos contatos entre as séries Itararé, Camaquã e Maricá (Martins & Sena Sobrinho 1950, Buerlen 1953, Buerlen *et al.* 1955, Pinto 1955). Buerlen *et al.* (1955) corroboraram as idéias de Carvalho (1932) e Leinz (1937) ao assumir que o Escudo Sul-Riograndense representaria “um resto de escudo originalmente maior e mais elevado, sendo o centro de irradiação de todo o *inlandsis* permocarbonífero do Brasil Meridional”. A sedimentação glacial teria sido reduzida em função disso, predominando a erosão e favorecendo a preservação apenas da última fase de glaciação. Para Mendes (1962), contudo, os depósitos do RS não corresponderiam à última glaciação, mas a uma das primeiras, ou a uma glaciação local (pré-Guatá), possivelmente conexa à do Uruguai.

O Grupo Itararé não havia sido bem caracterizado no Rio Grande do Sul até então, devido à falta de feições morfológicas típicas de glaciação, como rochas *moutonnés*, *eskers*, *drumlins*, pavimentos estriados, etc. O que se conhecia eram duas fácies: uma composta por tilitos, varvitos e depósitos flúvio-glaciais, e outra formada por siltitos arenosos fossilíferos, contendo fósseis marinhos. Além disso, nenhuma das duas fácies mostrava indicações claras de qual delas era a mais antiga. Delany & Goñi (1963) as definiram, respectivamente, como Fácies Suspiro (de origem glacial) e Fácies Budó (de origem marinha), sendo essa terminologia ainda adotada por muitos, informalmente. Dois tipos de ambientes deposicionais foram aventados por Silva Filho (1974) para o Grupo Itararé: desértico, de caráter glacial, e de clima temperado, proporcionando o desenvolvimento das primeiras florestas.

A caracterização da Fácies Suspiro não foi suficiente para convencer sobre a natureza glacial dos depósitos do Grupo Itararé no RS. A falta de feições morfológicas típicas de glaciação, como pavimentos estriados, a pequena espessura e a distribuição irregular das rochas associadas a essa fácies levou Corrêa da Silva (1978) a concluir pela ausência de rochas de origem glacial no Estado. Além disso, a associação da Fácies Suspiro com sedimentitos fossilíferos ricos em taoflora do tipo *Glossopteris* não favorecia a interpretação de depósitos próximos a geleiras. Para culminar, de acordo com Corrêa da Silva (1978), os dados paleomagnéticos e paleogeográficos conhecidos indicavam que o RS situava-se entre 40° e 50° de latitude sul no Eopermiano, portanto, na periferia das regiões abrangidas pela glaciação. Entretanto, Tomazelli & Soliani Jr. (1982) reconheceram pavimentos estriados (evidenciando a migração do gelo de sul para norte), seixos e blocos polidos, facetados e estriados, e feições geomorfológicas coliniformes alongadas paralelas, interpretadas como

*drumlins* fósseis nas regiões de Cachoeira do Sul e de Pinheiro Machado, que somente poderiam ser explicados pela atividade de geleiras. O conjunto de fácies aflorantes nessa região evidencia um condicionamento terrestre e um posicionamento paleogeográfico em borda de bacia (Tomazelli & Soliani Jr. 1982). D'Elboux & Paiva (1980) reconheceram paleovales escavados em forma de U pelos sedimentos glaciais, que iniciaram com um sistema de leques aluviais e foram posteriormente inundados, evoluindo para uma fase marinha.

### 4.3 – Os estudos faciológicos

A década de 1980 foi marcada, no Rio Grande do Sul, pelo incremento de estudos faciológicos e paleoambientais. A temporada de pesquisa do Dr. Renato Rodolfo Andreis no Estado, e a atuação entusiástica de Rodi D'Ávila Medeiros frente aos cursos promovidos pela Petrobrás nas universidades brasileiras foram os pivôs dessa nova tendência. Os depósitos permianos da bacia do Paraná passaram então a ser alvo de inúmeros estudos de enfoque faciológico.

Um dos primeiros estudos dessa natureza em depósitos do Grupo Itararé foi feito por Paim *et al.* (1983) em depósitos do Grupo Itararé na região de Mariana Pimentel-Faxinal. Os autores reconheceram depósitos de leques aluviais e de rios entrelaçados na base, recobertos por fácies lacustres, sob influência glacial, gradativamente assoreadas por fácies deltaicas (prodelta a frente deltáica) e dando lugar, no topo, a litologias atribuídas à Formação Rio Bonito. Similarmente, Holz & Dias-Flor (1984) atribuíram ao Grupo Itararé no RS um ambiente glácio-lacustre, com leques aluviais de alta e baixa viscosidade associados, depositados sobre o embasamento com discordância litológica.

A idéia de um sistema glácio-lacustre para os depósitos do Grupo Itararé no RS tomou força e foi incrementada por Piccoli (1989), que assumiu uma origem glacial a pró-glacial, em ambiente lacustre, para a Fácies Suspiro (a partir de dados litofaciológicos e pela presença de algas do gênero *Botriococcus*), e em ambiente marinho raso para a fácies Budó (a partir do conteúdo fossilífero). O achado de icnofósseis em ritmitos do Grupo Itararé em Cachoeira do Sul e em São Gabriel (Dias-Fabrizio *et al.* 1984, 1985, Guerra-Somer *et al.* 1984, Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer 1989) foi mais um reforço a esta idéia. As morfologias encontradas muito se assemelhavam às da icnofauna das séries Dwyka e Ecça, na bacia do Karoo (sul da África), interpretadas como de origem glácio-lacustre (Savage 1971, Anderson 1975). Estudos de biozonção por associações microflorísticas definiram a

idade do Grupo Itararé no sul da bacia do Paraná como Sakmariano/base do Artinskiano (zona *Cannanoropollis korbaensis*, subzona *Protohaploxipinus goraiensis*, Marques-Toigo 1988).

Da década de 1990 em diante, pouco se falou sobre o Grupo Itararé no RS. O interesse da pesquisa voltou-se para outros cenários, com destaque significativo para a Estratigrafia de Seqüências.

#### 4.4 – A contribuição da Estratigrafia de Seqüências

No escopo da Estratigrafia de Seqüências, numa escala de 2ª ordem, o Grupo Itararé foi assumido como um Trato de Sistemas de Mar Baixo, enquanto que as formações Rio Bonito e Palermo, sobrepostas, caracterizariam o Trato de Sistemas Transgressivo (Perinotto 1992, Della Fávera *et al.* 1994). A sedimentação do Grupo Itararé seria decorrente do preenchimento de vales do tipo fiorde, escavados por processos glaciais (Machado 1994). Numa escala de 3ª ordem, os paleovales seriam preenchidos por depósitos de origem glácio-continental e, eventualmente, glácio-marinha. As fácies subglaciais (tilitos) e as de degelo (fluxos gravitacionais) relacionar-se-iam ao Trato de Sistemas de Mar Baixo; as fácies glácio-lacustres (ritmitos, por vezes várvidos), ao Trato de Sistemas Transgressivo, e as fácies flúvio-deltaicas, ao Trato de Sistemas de Mar Alto. No RS, tanto a seqüência de 3ª ordem da Formação Rio do Sul quanto a das formações Rio Bonito, Palermo e Irati, sobrepostas (ver Figura 4), teriam sido geneticamente controladas por glácio-eustasia, associada a alguma influência tectônica, causada por reativações de falhas antigas durante a Orogenia San-Rafaélica (Holz 1995, Holz & Philipp 1995, Elias 1999).

O trabalho de maior detalhe envolvendo a faciologia e a estratigrafia do Grupo Itararé no RS no escopo da Estratigrafia de Seqüências foi realizado por Silveira (2000). A autora analisou os padrões de empilhamento e os marcadores registrados nos perfis geofísicos (raios gama e de resistividade) em rochas de sub-superfície do Grupo Itararé na região entre Rio Pardo e Mariana Pimentel, demarcando dois tipos de superfícies estratigráficas: aquelas interpretadas como linhas de tempo (refletores) e superfícies que delineiam o truncamento erosional. Além disso, identificou e interpretou as associações de fácies (sistemas deposicionais) e tratos de sistemas dentro de um arcabouço cronoestratigráfico. A seqüência deposicional registra um sistema continental depositado sob a influência glacial (glácio-lacustre). Após uma queda glácio-eustática do nível de base, um novo ciclo deposicional se estabeleceu, agora sob condições glácio-marinhas, representando um período de maior taxa

de geração de espaço de acomodação em relação à sucessão anterior (correspondentes às antigas fácies Suspiro e Budó, respectivamente).

#### 4.5 – Síntese

O avanço do conhecimento, as novas metodologias de trabalho e os novos enfoques não mudaram, em absoluto, a essência do entendimento do Grupo Itararé no RS: uma sucessão sedimentar composta por depósitos basais glácio-lacustres, recobertos por depósitos glácio-marinhos. Contudo, o incremento dos estudos focados na faciologia e na caracterização paleoambiental a partir da década de 1980 abriu espaço para uma nova abordagem estratigráfica. Desde então, a significativa variação lateral das fácies, comum em depósitos glaciais, é mais facilmente compreendida, favorecendo a diagnose de superfícies erosivas. A ênfase na análise faciológica a partir das associações de fácies também se consolida, facilitando a compreensão dos processos deposicionais.

Pouco se fez no sentido de utilizar o acervo fossilífero do Grupo Itararé no RS para o refinamento de sua interpretação paleoambiental ou na tentativa de estudos de correlação estratigráfica com depósitos do centro da bacia. O conjunto de fósseis corpóreos, presente na “Fácies Budó” é equivalente àquele encontrado nos folhelhos Lontras e Passinho, um conjunto maciço de folhelhos negros e siltitos intercalados de até 60 m de espessura, aflorantes em Santa Catarina e no Paraná (Rocha-Campos 1967, Schneider *et al.* 1974). Apesar da natureza erosiva dos depósitos dificultar as correlações em escala regional, esses folhelhos representam situações paleoambientes equivalentes. Não há qualquer garantia de que tais situações sejam contemporâneas; mas uma análise detalhada da fauna fóssil desses folhelhos poderia agregar novos e importantes dados ao conhecimento atual, tal como feito por Rodrigues & Iannuzzi (2001) com a tafoflora e a paleoentomofauna associada.

A icnofauna também pode ser elemento de grande ajuda na análise faciológica do Grupo Itararé, em especial nos ritmitos, como demonstrou Balistieri (2003). Essa, pois, é a tarefa dessa dissertação.

## 5. ICNOFAUNA DO GRUPO ITARARÉ NO RIO GRANDE DO SUL

---

O conhecimento sobre a icnofauna do Grupo Itararé no RS restringia-se, até o momento, aos estudos preliminares efetuados por Dias-Fabício *et al.* (1984, 1985), Guerra-Sommer *et al.* (1984) e Dias-Fabício & Guerra-Sommer (1989), nas regiões de Cachoeira do Sul e São Gabriel, e pela ocorrência local observada por Netto (1987) em depósitos de Vila Nova. Os depósitos de Vila Nova foram reinterpretados por Elias *et al.* (2000) como pertencentes ao Grupo Guatá (Formação Rio Bonito), estando, portanto, fora do escopo deste trabalho.

O levantamento de campo realizado durante esta pesquisa acrescentou pouco ao que já se conhecia, em termos de áreas com depósitos do Grupo Itararé portadores de icnofauna no RS. Nessas novas áreas – a SSE de São Gabriel (Coxilha do Tabuleiro), a SW de São Gabriel (Fazenda dos Mudinhos) e em Mariana Pimentel (arredores do morro Papaléo) (Figura 1) – observa-se a ocorrência de icnofábricas de *Palaeophycus*, *Planolites* e *Chondrites* em siltitos associados a arenitos finos, formando depósitos heterolíticos.

O principal registro de icnofauna do Grupo Itararé no RS concentra-se em ritmitos síltico-argilosos e areno-sílticos aflorantes a SW de São Gabriel (Fazenda dos Mudinhos e Fazenda Querência) e a SSW de Cachoeira do Sul (arredores do cerro Manoel Prates) (Figura 1). Em ambas as regiões, os depósitos rítmicos portadores de icnofauna estão relacionados a diamictitos, pelitos e arenitos finos.

### 5.1 - Revisão da icnofauna descrita em rochas do Grupo Itararé no RS

A icnofauna presente em ritmitos do Grupo Itararé aflorantes no RS foi estudada, preliminarmente, por Guerra-Sommer *et al.* (1984) e Dias-Fabício & Guerra-Sommer (1989). Ambos os estudos dedicaram-se ao reconhecimento icnotaxonômico dos espécimes coletados por aproximação com outros icnotáxons conhecidos sem, contudo, aprofundar muito sua descrição e classificação. Por outro lado, tais espécimes compõem o principal acervo paleoicnológico do grupo no Estado, visto que praticamente não se encontraram novos espécimes nas áreas aflorantes visitadas.

Revisar a coleção foi então a alternativa adotada, visto que o reconhecimento dos icnogêneros e icnoespécies presentes nesta icnofauna é de fundamental importância para a caracterização das assembléias icnofossilíferas.



A revisão da paleoicnofauna do Grupo Itararé no RS revelou a presença de *Cruziana problematica*, *Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus biformis*, *Gluckstadtella cooperi*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Kouphchnium* isp., *Maculichna varia*, *Nereites* isp., *Protichnites* isp., *Rusophycus carbonarius*, *Treptichnus pollardi* e duas novas icnoespécies, *Cruziana intermittens* e *Tonganoxichnus itararensis*.

## 5.2 - Icnologia Sistemática

ICnogênero *Cruziana* d'Orbigny, 1842

*Cruziana intermittens* Netto & Lermen n. isp.

Figura 5

- 1979 *Cruziana* sp. A, Bromley & Asgaard, p. 68, fig. 16C  
 1979 *Cruziana* sp. B, Bromley & Asgaard, p. 69, fig. 19A, B  
 1989 pista de repouso, Dias-Fabício & Guerra-Sommer, p. 80, est. 4, fig. 3, 5

**Diagnose:** *Cruziana* com sulcos paralelos a subparalelos variando de mais profundos a bem rasos na mesma pista, ornamentados por estrias dispostas em V, formando um ângulo de 60° em relação ao eixo mediano. A ausência de lobos e a presença de estrias espaçadas entre si caracterizam os sulcos mais rasos, enquanto os mais profundos formam pequenos lobos intermitentes, ornamentados por estrias contíguas.

**Etimologia:** de *intermitto* = intermitente, pela variação do nível explorado pelo produtor, ora mais raso, ora mais profundo, expressa na mesma pista.

**Holótipo:** IC022I

**Parátipos:** IC023I e IC030

**Localidade-tipo:** São Gabriel, RS, Brasil

**Estrato-tipo:** Grupo Itararé, bacia do Paraná

**Descrição:** estrutura biogênica formada por dois sulcos paralelos a subparalelos separados por uma crista mediana. Os sulcos podem ser mais profundos ou bem rasos e são ornamentados por estrias dispostas em V, formando um ângulo de 60° em relação ao eixo mediano. Os sulcos mais profundos evidenciam pequenos lobos intermitentes ornamentados por estrias contíguas, em geral alcançando o limite da pista. Os sulcos mais rasos não evidenciam lobos, sendo ornamentados por estrias espaçadas entre si, que nem sempre chegam ao limite da estrutura. Quando presentes, os lobos podem se mostrar mais anulados em uma das

extremidades e com disposição levemente oblíqua, com a abertura maior entre eles na direção do deslocamento do animal. A trajetória da pista é levemente recurvada a retilínea. A largura da estrutura completa varia de 5,82 a 7,34 mm e a da crista mediana entre 0,91 e 2,62 mm. O comprimento é variável, sendo o máximo observado 56,04 mm. Preservada em hiporrelevo convexo.

**Material analisado:** seis espécimes nas amostras IC022I, IC023I, IC030, procedentes da região de São Gabriel.

**Discussão:** pistas intraestratais superficiais a relativamente profundas, composta por dois sulcos contíguos, paralelos, formando dois lobos ornamentados por estrias dispostas de modo oblíquo são características do icnogênero *Cruziana* (Keighley & Pickerill 1996). As variações no padrão das estrias e na profundidade dos lobos são os principais critérios para diferenciar suas icnoespécies. Essas características em *C. intermittens* aproximam-na de *C. problematica* (Schindewolf 1921) mais que de qualquer outra icnoespécie de *Cruziana*. Contudo, a profundidade dos sulcos em *C. intermittens* varia ao longo de uma mesma pista, enquanto que em *C. problematica* os sulcos têm profundidade relativamente constante. O arranjo das estrias também é diferente em ambas as icnoespécies, sendo mais oblíquas e bem marcadas em *C. intermittens* e mais transversais e mais discretas em *C. problematica*. Por fim, os lobos mostram-se retilíneos em *C. problematica* enquanto que em *C. intermittens*, quando presentes, são intermitentes e com disposição levemente oblíqua.

O padrão morfológico de *C. intermittens* é semelhante ao de *Rusophycus carbonarius* (Figura 17) e ambos ocorrem associados, compondo a mesma suíte, nos depósitos do Grupo Itararé no RS. As formas preservacionais de *R. carbonarius* ilustradas por Schlirf *et al.* (2001) se manifestam em *C. intermittens*, que intercala sulcos mais superficiais (tipos **a** e **b**) e mais profundos (tipos **c** e **d**) em uma mesma pista (Figura 18). Nos exemplares estudados, os tipos **a** e **d** são dominantes e, às vezes, se observam estrias aparentemente dispersas, sugerindo vários trechos de pistas bem superficiais entrecortando-se. A semelhança morfológica, a presença das mesmas variantes preservacionais e a equivalência nas dimensões dos exemplares estudados permite assumir *C. intermittens* como estrutura de deslocamento intraestratal do mesmo produtor de *R. carbonarius*, nas rochas do Grupo Itararé no RS.

Bromley & Asgaard (1979, p. 63-69) ilustraram exemplares semelhantes a *C. intermittens* como *Cruziana* sp. A (fig. 16A, p. 63) e B (fig. 19A-B, p. 69) em depósitos triássicos não-marinhos de Carlsberg Fjord, Groenlândia. O exemplar de *Cruziana* sp. A mostra morfologia equivalente aos sulcos mais profundos, semelhante ao tipo preservacional **d** de *R. carbonarius*, também presente nos exemplares aqui estudados. O exemplar de

*Cruziana* sp. B ora possui lobos mais paralelos ao eixo mediano da trilha (fig. 19A), refletindo repetições sucessivas do tipo preservacional **c**, ora mostra uma escultura complexa de estrias dispersas (fig. 16B), equivalente ao que se observa nas amostras estudadas, sugerindo várias pistas superficiais do tipo preservacional **a** que se entrecortam. Estas semelhanças morfológicas permitem incluir *Cruziana* sp. A e B de Bromley & Asgaard (1979) em *C. intermittens*. Tal como no Grupo Itararé, *Rusophycus carbonarius* também está presente nos depósitos de Carlsberg Fjord (Keighley & Pickerill 1996, Schlirf *et al.* 2001).

As semelhanças morfológicas entre *C. intermittens* e *R. carbonarius*, e a semelhança dos espécimes mais abertos deste (variação preservacional tipo **d**, Figura 18) com as morfologias de *Gluckstadtella cooperi* (ver mais adiante) permitem especular terem sido as três icnoespécies feitas por um mesmo produtor, possivelmente crustáceos sincarídeos ou pericarídeos.

Das amostras analisadas, o exemplar da amostra IC022I foi previamente registrado por Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer (1989) como marca de repouso.

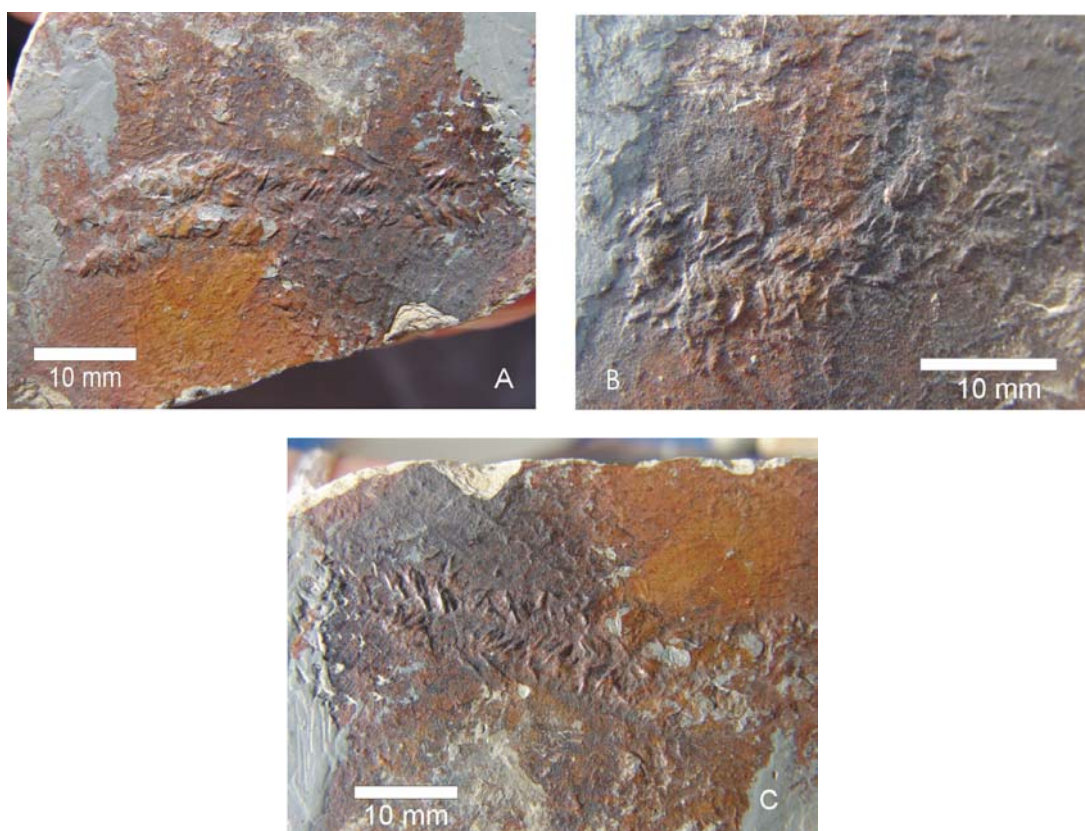


Figura 5 – *Cruziana intermittens* n. isp. **A.** Holótipo (IC022I), mostrando a intemiténcia entre trechos mais rasos e mais profundos da pista. **B.** Detalhe da porção mais profunda da pista, com destaque para os lobos e as estrias em V. **C.** Detalhe do espaçamento e da disposição mais irregular das estrias na porção mais rasa da pista.

*Cruziana problematica* Schindewolf 1921

Figura 6

- 1985 *Isopodichnus* sp., Guerra-Sommer *et al.*, p. 133, est. 4, fig. 1  
 1987 *Isopodichnus* Fernandes *et al.*, p. 299, est. I, II, III fig. 1, IV  
 1989 *Isopodichnus* sp., Marques-Toigo *et al.*, p. 131-132, est. V, figs. 1, 2, 4, 6, est. VI, figs. 1-4  
 2000 *Isopodichnus* isp., Netto, p. 35  
 2000 *Isopodichnus problematicus*, Netto, p. 35, fig. 8B  
 2001a *Cruziana* isp., Nogueira & Netto, p. 390-391, fig. 2  
 2001b *Cruziana* isp., Nogueira & Netto, p. 402, fig. 4c  
 2002 *Isopodichnus* isp., Fernandes *et al.*, p. 83-84, figs. 70-73  
 2002 *Cruziana* cf. *Problemática*, Balistieri *et al.*, p. 21, fig. 4B  
 2003 *Cruziana* isp., Balistieri *et al.*, p. 134, fig. 3A

**Diagnose:** *Cruziana* relativamente pequena, retilínea a curva, exibindo fracas estrias transversais, as quais se estendem até a margem do traço nos espécimes superficiais, ou terminam antes de chegar à margem, em espécimes mais profundos (a partir de Schlirf *et al.* 2001).

**Descrição:** estrutura biogênica rasa, bilobada, formada por duas cristas paralelas a subparalelas separadas por um sulco mediano. As cristas são ornamentadas por delicadas estrias dispostas obliquamente em relação ao eixo mediano, formando um ângulo de 65°. A trajetória do traço é retilínea. A largura da estrutura completa varia de 2,06 a 4,25 mm e a do sulco mediano entre 0,91 e 1,08 mm. O comprimento é variável, sendo o máximo observado 6,50 mm. Preservada em hiporrelevo convexo.

**Material analisado:** três espécimes na amostra IC030, procedente de São Gabriel.

**Discussão:** as pistas intraestratais rasas, às vezes relativamente profundas que caracterizam o icnogênero *Cruziana* são, em geral, interpretadas como estruturas de locomoção de artrópodes por ação sincronizada de múltiplos apêndices, ou de locomoção combinada à alimentação (Seilacher 1970, Crimes 1975). A grande diversidade de icnoespécies em depósitos do Paleozóico inferior, a morfologia bilobada e o padrão de ornamentação favoreceu sua estreita vinculação com trilobitomorfos (Häntzchel 1975). Contudo, *C. problematica* tem sido registrada em rochas mais jovens, em geral em depósitos não-marinhos (Bromley & Asgaard 1979, Gradzinski & Uchman 1994, MacNaughton & Pickerill 1995, Zhang *et al.* 1998, Schlirf *et al.* 2001, Balistieri *et al.* 2002, Keighley & Pickerill 2003). Quando comparados a outras icnoespécies de *Cruziana*, os espécimes de *C. problematica* mostram menor tamanho e

ornamentação muito discreta; é comum observar certa intermitência da pista, dando então lugar a impressões de repouso, em geral do tipo *Rusophycus carbonarius* (Bromley & Asgaard 1979, Schlirf *et al.* 2001, Balistieri *et al.* 2002, Keighley & Pickerill 2003). Estruturas semelhantes, incluindo as duas variações preservacionais (deslocamento e repouso) foram descritas como *Isopodichnus problematicus* por Schindewolf (1921). Após a revisão proposta por Bromley & Asgaard (1979), poucos autores defenderam a manutenção de *I. problematicus* como icnogênero e icnoespécie válidos, com destaque para Pollard (1985). A revisão efetuada por Keighley & Pickerill (1996), entretanto, revelou a equivalência morfológica de ambas as pistas, único critério válido para icnotaxonomia, classificou *Isopodichnus* como gênero não-válido, e considerou *I. problematicus*, *I. stromnessi* e *I. osbornei* como sinônimos de *C. problematica*. *C. problematica* é interpretada como resultante do deslocamento de crustáceos notostráceos, sincarídeos e pericarídeos, bem como de miriápodes (Bromley & Asgaard 1979, Pollard 1985, Keighley & Pickerill 1996, Schlirf *et al.* 2001).

Tanto o icnogênero *Isopodichnus* quanto *Cruziana isp.* e *C. cf. problematica* foram previamente descritos em depósitos do Grupo Itararé em São Paulo (Fernandes *et al.* 1987), Santa Catarina (Marques-Toigo *et al.* 1989, Nogueira & Netto 2001a,b, Balistieri *et al.* 2002) e Rio Grande do Sul (Guerra-Sommer *et al.* 1985, Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer 1989). É comum observar a transição desses espécimes para formas rusofíciformes do tipo *Rusophycus carbonarius*. Balistieri *et al.* (2002) colocaram os espécimes descritos como *Isopodichnus* por Fernandes *et al.* (1987), Marques-Toigo *et al.* (1989) e Guerra-Sommer *et al.* (1985) em sinonímia com *C. cf. problematica*. Contudo, a análise das morfologias dos espécimes ilustrados permite sua inclusão em *C. problematica*.

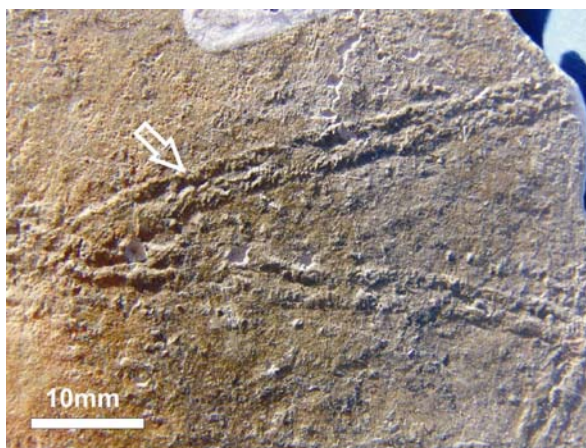


Figura 6 - *Cruziana problematica*, com destaque para o tamanho reduzido e a discreta ornamentação dos lobos por estrias subperpendiculares.

Icnogênero *Diplichnites* Dawson 1873  
*Diplichnites gouldi* (Gevers, in Gevers *et al.* 1971)

Figura 7

- 1987 *Diplichnites* sp., Fernandes *et al.*, p. 299, est. 1, fig. 1-2, est. 2, fig. 1-2, est. 3, fig. 1-2,  
 1989 traço bisserial de deslocamento, Dias-Fabício & Guerra-Sommer, p. 74-75, est. 2, fig. 3, 4  
 2001a *Diplichnites*, Nogueira & Netto, p. 389, fig. 2d  
 2001b *Diplichnites*, Nogueira & Netto, p. 401-402  
 2002 *Diplichnites* isp., Fernandes *et al.*, p. 52, fig. 48-49

**Diagnose:** trilhas simétricas constituídas de duas fileiras pouco espaçadas, paralelas, ladeadas externamente por impressões podiais alongadas, elipsoidais ou circulares. Impressões podiais orientadas oblíqua ou perpendicularmente em relação ao eixo da trilha. Largura interna e externa das impressões maior que a largura das fileiras. Marcas contínuas ou descontínuas podem estar ausentes. As impressões não estão conectadas e não formam estrias ou cristas (a partir de Buatois *et al.* 1998a).

**Descrição:** trilhas contínuas formadas por duas fileiras de impressões podiais formando discretos arcos em crescente, ladeadas externamente por uma fileira de pontos circulares, paralelos às impressões podiais. As impressões podiais apresentam-se obliquamente orientadas em relação ao eixo da trilha, formando um ângulo médio de 65°. Trajetória retilínea a curva. A largura externa da trilha varia de 4,65 a 11,00 mm e a interna de 1,13 a 3,45 mm. As trilhas podem variar em seu comprimento, podendo chegar a 126,47 mm. Preservadas como subimpressão em hiporrelevo e em epirrelevo.

**Material analisado:** 17 espécimes das amostras IC018, IC023I, IC027, IC028, IC029, procedentes de São Gabriel.

**Discussão:** *D. gouldi* é atribuído à atividade de deslocamento de miriápodes (Braddy 1947, Johnson *et al.* 1994, Keighley & Pickerill 1996, Buatois *et al.* 1998a, 1998b, Balistieri *et al.* 2002, Balistieri 2003). É comum no registro fóssil do Gondwana desde o Devoniano (Draganits *et al.* 2001), sendo uma das formas dominantes nos depósitos rítmicos do Grupo Itararé (Nogueira & Netto 2001a, 2001b, Balistieri *et al.* 2002, 2003, Balistieri 2003). Associa-se, em geral, a fácies subaéreas e transicionais lacustres, fluviais e estuarinas, podendo ocorrer também em depósitos de supamaré (Braddy 1995, Trewin & McNamara 1995, Johnson *et al.* 1994, Buatois *et al.* 1998a, 1998b), sendo considerado por Johnson *et al.* (1994) como uma icnoespécie substrato-controlada, preservada apenas em substratos úmidos.



Nos ritmitos glaciais do Grupo Itararé, *D. biformis* tem sido registrado em assembléias monoespecíficas (Balistieri *et al.* 2002, Balistieri 2003), muitas vezes vinculados a *wrinkle marks*, sugerindo atividade de pastagem sobre esteiras microbianas. Balistieri (2003), levando em conta os experimentos de Johnson *et al.* (1994) e outros semelhantes realizados por Paz *et al.* (2002), e analisando detalhes sobre os padrões morfológicos das trilhas e a ontogenia e o registro fóssil dos miriápodes, concluiu pela colonização dos depósitos quando o substrato mostrava-se exposto, mas ainda úmido. Balistieri (2003) sugeriu que cada par de ritmitos contendo *D. gouldi* evidencia a deposição dos siltes por fluxo gravitacional em um ambiente muito raso, com pouco espaço de acomodação, a posterior decantação das argilas e, por fim, a exposição do substrato argiloso, quando então os miriápodes (nesse caso, diplópodes) prospectariam a área, em busca de alimento.

Dentre as amostras analisadas, o exemplar da amostra IC018 foi previamente registrado por Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer (1989) como um traço bisserial de deslocamento associado a impressões trífidas, comparando seu padrão morfológico com o de vários icnogêneros representativos trilhas de deslocamento de artrópodes, dentre eles *Diplichnites*. Cabe salientar que a estampa e as figuras indicadas na descrição do material (Est. 1, figs. 5 e 6, Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer 1989, p. 74) não correspondem ao material descrito, o qual está listado na legenda das estampas (Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer 1989, p. 83) e devidamente ilustrado na Est. 2, figs. 3 e 4 (Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer 1989, p. 86). Fernandes *et al.* (1987, 2002) e Nogueira & Netto (2001a, 2001b) também registraram a presença de *Diplichnites* em ritmitos do Grupo Itararé na região de Itu (SP), os quais foram assumidos como *D. gouldi* por Balistieri *et al.* (2002).

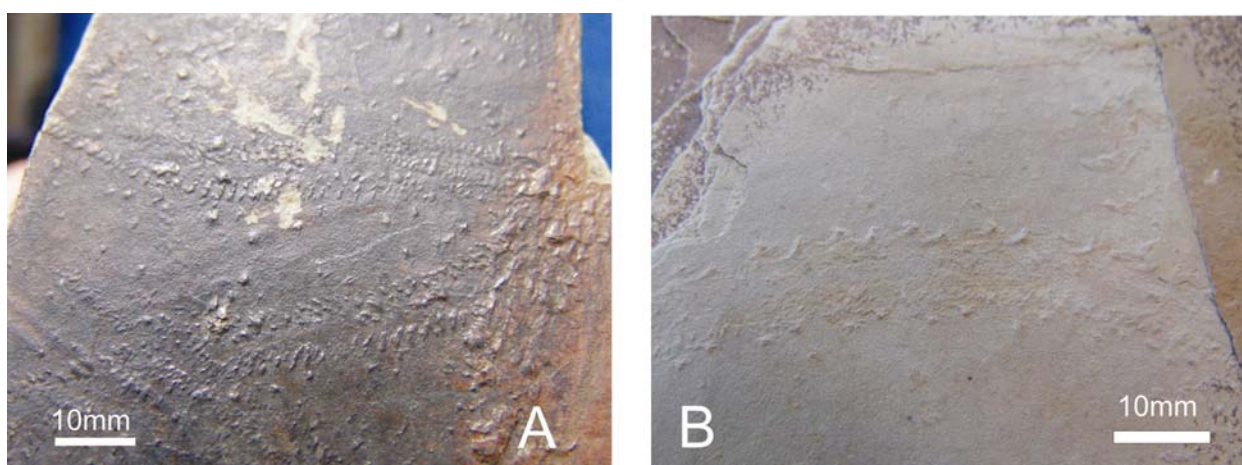


Figura 7 – *Diplichnites gouldi*. A. Preservação em hiporrelevo positivo (mais comum). B. Preservação em epirrelevo negativo.

Ícnogênero *Diplopodichnus* Braddy 1947

*Diplopodichnus biformis* Braddy 1947

Figura 8

2001a *Diplopodichnus*, Nogueira & Netto, p. 389, fig. 2c, 2d

2001b *Diplopodichnus*, Nogueira & Netto, p. 401-402

**Diagnose:** pista horizontal, retilínea a gentilmente recurvada, formada por sulcos (epicniais) ou cristas (hipicniais) pareados e paralelos entre si, separados por uma distância igual ou maior que a largura de cada sulco/crista em si. Os sulcos/cristas podem estar ornamentados por discretas estrias ou marcas pontuadas (a partir de Keighley & Pickerill 1996).

**Descrição:** pistas contínuas formadas predominantemente por duas cristas (mais raramente por dois sulcos, nos exemplares em hiporrelevo) rasas e paralelas, separados por um sulco (crista nos exemplares em hiporrelevo) mediano, em geral de largura equivalente ou maior que a largura das cristas (Tabela 1). Trajetória predominantemente retilínea a ligeiramente curva, raramente formando laços. A largura total da pista varia de 4,80 a 8,71 mm e a relação média entre a largura de cada crista e a largura do sulco mediano na maioria dos exemplares varia entre 1 e 2 mm (Figura 9). As pistas podem variar em seu comprimento, podendo chegar a 184,82 mm. Não se observaram exemplares ornamentados. Preservadas predominantemente em hiporrelevo.

**Material analisado:** 37 espécimes das amostras ICA, ICI, IC016I, IC016II, IC018, IC022, IC033, IC035, IC036, procedentes de São Gabriel.

**Discussão:** alguns espécimes mostram sulco com largura inferior à das cristas paralelas, assemelhando-se em parte a *Didymaulichnus*. Essa característica também está presente nos espécimes descritos por Braddy (1947) e foi considerada por Keighley & Pickerill (1996) como resultante do intemperismo da rocha. *D. biformis* ocorre também em ritmitos glaciais não-marinhos e marginais-marinhos do Grupo Itararé em Santa Catarina (Nogueira & Netto 2001a, 2001b, Balistieri *et al.* 2002, 2003), sendo comum em substratos portadores de marcas de enrugamento (*wrinkle marks*), podendo formar assembléias monoespecíficas (Balistieri 2003). As marcas de enrugamento são estruturas sedimentares primárias induzidas pela ação de esteiras microbianas junto ao substrato subaquático ou úmido (Noffke *et al.* 2001a, 2001b). Esteiras microbianas favorecem a preservação de subimpressões de organismos de hábito terrestre e servem como fonte de alimento para detritívoros e pastadores de algas (Seilacher 2003). Segundo Johnson *et al.* (1994), as morfologias de *D. biformis* são substrato-



controladas, sendo geradas a partir do deslocamento de miriápodes em substratos empapados (Braddy 1947, Buatois *et al.* 1998a, 1998b, Draganits *et al.* 2001, Balistieri *et al.* 2002, Balistieri 2003), uma vez que é comum em estratos contendo *D. gouldi*, muitas vezes transicionando morfológicamente para esta icnoespécie. *D. biformis* tem sido registrado desde o Ordoviciano, em sedimentos marginais-marinhos a lacustres (Pollard & Walker 1984, Aceñolaza & Buatois 1991, 1993, Johnson *et al.* 1994, Buatois *et al.* 1998a, 1998b) e sua ocorrência mais antiga para o Gondwana data do Devoniano, em depósitos de *backshore* (Draganits *et al.* 2001).

Tabela 2 – Razão entre a largura do sulco mediano (Lsm) e a largura do lobo (Ll) nos espécimes analisados com morfologia equivalente a *D. biformis*.

Amostra	LT	Ll	Lsm	Razão Lsm /Ll	Amostra	LT	Ll	Lsm	Razão Ll/Lsm
IC04	6,12	2,14	1,84	<b>0,86(h)</b>	IC018	6,97	2,43	2,11	<b>0,87(h)</b>
	7,23	2,22	2,79	<b>1,25(h)</b>	IC022	6,23	2,25	1,73	<b>0,77(h)</b>
	8,53	2,55	3,43	<b>1,34(h)</b>	IC033	7,08	1,94	3,20	<b>1,65(h)</b>
	7,20	1,93	3,34	<b>1,73(h)</b>		7,73	2,53	2,47	<b>0,98(h)</b>
	7,50	2,60	2,30	<b>0,88(h)</b>		8,05	2,23	3,59	<b>1,61(h)</b>
	8,53	2,20	4,13	<b>1,88(h)</b>		6,29	1,85	2,59	<b>1,40(h)</b>
	8,60	2,13	4,34	<b>2,04(h)</b>		7,47	2,19	3,09	<b>1,41(h)</b>
IC016I	8,22	2,69	2,84	<b>1,05(e)</b>		7,33	2,22	2,89	<b>1,30(h)</b>
	7,38	1,92	3,54	<b>1,84(e)</b>		6,82	2,06	2,74	<b>1,33(h)</b>
	8,29	1,62	5,05	<b>3,12(e)</b>	6,50	2,06	2,38	<b>1,15(h)</b>	
	7,29	1,40	4,49	<b>3,21(h)</b>	IC035	5,45	1,83	1,79	<b>0,98(h)</b>
	7,97	2,49	2,99	<b>1,20(h)</b>		7,70	2,18	3,34	<b>1,53(h)</b>
	7,54	1,85	3,84	<b>2,07(h)</b>		7,32	1,94	3,44	<b>1,77(h)</b>
	5,75	1,75	2,25	<b>1,28(e)</b>	IC036	7,86	2,81	2,24	<b>0,80(h)</b>
IC016II	8,71	2,57	3,57	<b>1,39(h)</b>		6,26	2,08	2,10	<b>1,01(h)</b>
7,30	2,27	2,76	<b>1,21(h)</b>	6,77		2,22	2,33	<b>1,05(h)</b>	
IC018	7,46	1,69	4,08	<b>2,41(e)</b>		7,01	2,33	2,35	<b>1,01(h)</b>
	5,38	1,89	1,60	<b>0,85(e)</b>		7,55	2,74	2,07	<b>0,75(h)</b>
	6,67	1,99	2,69	<b>1,35(h)</b>					



Figura 8 – *Diplopodichnus biformis*.

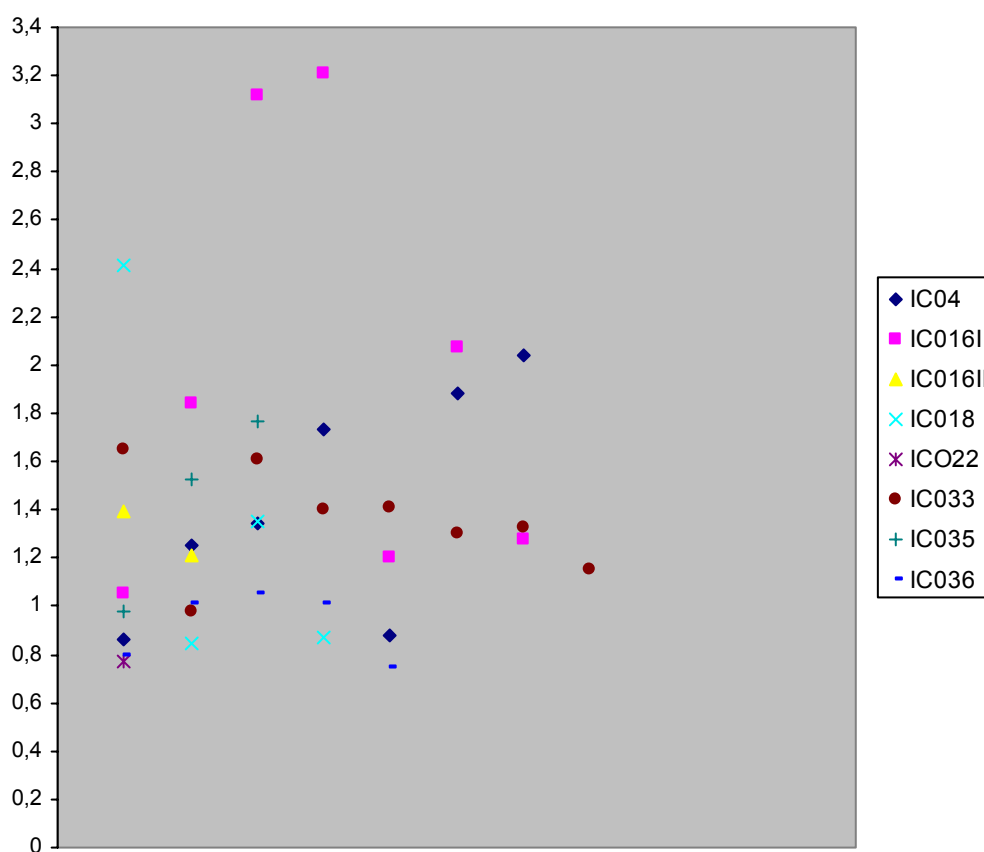


Figura 9 – Gráfico de dispersão da razão largura do sulco mediano/largura do lobo dos exemplares analisados de *D. biformis*. A maior parte dos valores oscilam entre 1 e 2, mostrando que a maioria dos espécimes possui a largura do sulco mediano igual ou até duas vezes maior que a largura do lobo (valores entre 1 e 2).

Ichonôgênero *Gluckstadtella* Savage 1971

*Gluckstadtella cooperi* Savage 1971

Figura 10

- 1989 semelhante a *Gluckstadtella cooperi*, Dias-Fab ricio & Guerra-Sommer, p. 79-80, est. 4, fig. 4  
 2002 *Gluckstadtella ?cooperi*, Fernandes *et al.*, p. 63  
 2002 ?*Gluckstadtella* isp., Fernandes *et al.*, p. 63

**Diagnose:** impressões de repouso de artr opode constituído de seis pares de apêndices, sendo dois pares anteriores mais longos e direcionados para frente e quatro pares relativamente curtos, posicionados próximos uns aos outros, p stero-lateralmente direcionados (a partir de Savage 1971).

**Descri o:** impressões rasas, formadas por seis pares de cristas, sendo os dois anteriores mais longos, com 4,75 mm de comprimento e direcionados para frente, formando um ângulo 30  em rela o ao eixo mediano da trilha, e os quatro restantes mais curtos (comprimento 2,95 mm), posicionados próximos uns aos outros e posterolateralmente direcionados. A largura da estrutura completa é de 10,16 mm e o comprimento 11,50 mm. Preservada em hiporrelevo positivo.

**Material analisado:** duas espécimes na amostra IC026, procedente de São Gabriel.

**Discussões:** *G. cooperi* foi registrada originalmente em ritmitos periglaciais do Grupo Dwyka (bacia de Karoo, Carbonífero Superior, Stollhofen *et al.* 2000), e em ritmitos síltico-argilosos da Forma o Pomquet (Grupo Mabou, Cape Breton Island, leste do Canadá, Carbonífero, Keighley & Pickerill 2003). Savage (1971) interpretou *G. cooperi* como impressão de repouso de crustáceos sincarídeos ou pericarídeos. Impressões similares a *Gluckstadtella* são comuns também nos ritmitos areno-sílticos da Forma o Rio do Sul em Santa Catarina (Marques-Toigo *et al.* 1989). Nos depósitos do Grupo Itararé no RS, *G. cooperi* ocorre associada a *C. intermittens* e a *R. carbonarius*. A similitude morfológica e a ocorrência dos três icnotáxons em uma mesma suíte sugerem padrões comportamentais diferentes de um mesmo produtor, onde *G. cooperi* representaria atividade de repouso estacionário, *R. carbonarius* de repouso temporário ou fugaz e *C. intermittens* de deslocamento intraestratal.



Figura 10 – *Gluckstadella cooperi*.

#### ICNOGÊNERO *Helminthoidichnites* Fitch 1850

##### *Helminthoidichnites tenuis* Fitch 1850

#### Figura 11

- 1984 tipo *Helminthopsis*, Guerra-Sommer *et al.*, p. 133, est. 2, fig. 1, est. 4, fig. 2  
 1989 correspondente a *Helminthopsis*, Dias-Fabrácio & Guerra-Sommer, p. 73-74  
 1989 *Helminthopsis*, Dias-Fabrácio & Guerra-Sommer, p. 83, est. 1, fig. 3  
 1989 *Helminthopsis* sp., Dias-Fabrácio & Guerra-Sommer, p. 83, est. 2, fig. 1  
 1989 *Gordia molassica*, Marques-Toigo *et al.*, p. 132-133, est. VIII, fig. 3  
 2002 *Gordia molassica*, Fernandes *et al.*, p. 65, fig. 61

**Diagnose:** pistas horizontais simples, delgadas, não ramificadas, não meandriiformes, com trajetória retilínea ou gentilmente recurvada, raramente circular. Sobreposições de diferentes indivíduos são comuns, mas não há autocruzamento de pistas. O diâmetro da escavação se mantém constante ao longo da pista, em cada espécime (a partir de Buatois *et al.* 1998b).

**Descrição:** pistas horizontais não ramificadas, simples, estreitas, com largura variando de 0,75 mm a 3,65 mm nos diferentes espécimes analisados, mas mantendo-se constante ao longo de cada pista. Trajetórias retilíneas a recurvadas, ocasionalmente circular, formando um laço. O comprimento é variável, sendo o máximo observado 197,68 mm. Preservadas tanto em hiporrelevo positivo quanto em epirrelevo negativo.

**Material analisado:** 50 espécimes das amostras IC002, IC003, IC004, IC006, IC009, IC011, IC024, IC025, IC028, IC029, procedentes de Cachoeira do Sul e de São Gabriel.

**Discussão:** *H. tenuis* é interpretada atualmente como pista de pastagem produzida, provavelmente, por nematomorfos ou por larvas de inseto (Buatois *et al.* 1997a, Buatois & Mángano 2003, Gaigalas & Uchman 2004). Segundo estes autores, a ausência de sobreposições da pista num mesmo espécime e o seu aspecto não-meandriforme são as principais características que diferenciam *Helminthoidichnites* de *Gordia* e de *Helminthopsis*. A diferenciação entre *Helminthoidichnites* e *Gordia* foi corroborada por análises computacionais efetuadas por Hofmann (1990). Apesar de raros, é possível observar eventuais autocruzamentos em alguns espécimes, formando laços (Schlirf *et al.* 2001), bem como a transição entre morfologias próprias de *Helminthoidichnites* a de *Gordia* no mesmo espécime (Gaigalas & Uchman 2004), sugerindo um mesmo organismo produtor pra ambos os icnogêneros.

*H. tenuis* é abundante nas rochas do Grupo Itararé, tendo o icnogênero sido formalmente registrado por Nogueira & Netto (2001a, 2001b) em ritmitos síltico-argilosos da Formação Rio do Sul em Trombudo Central (SC).

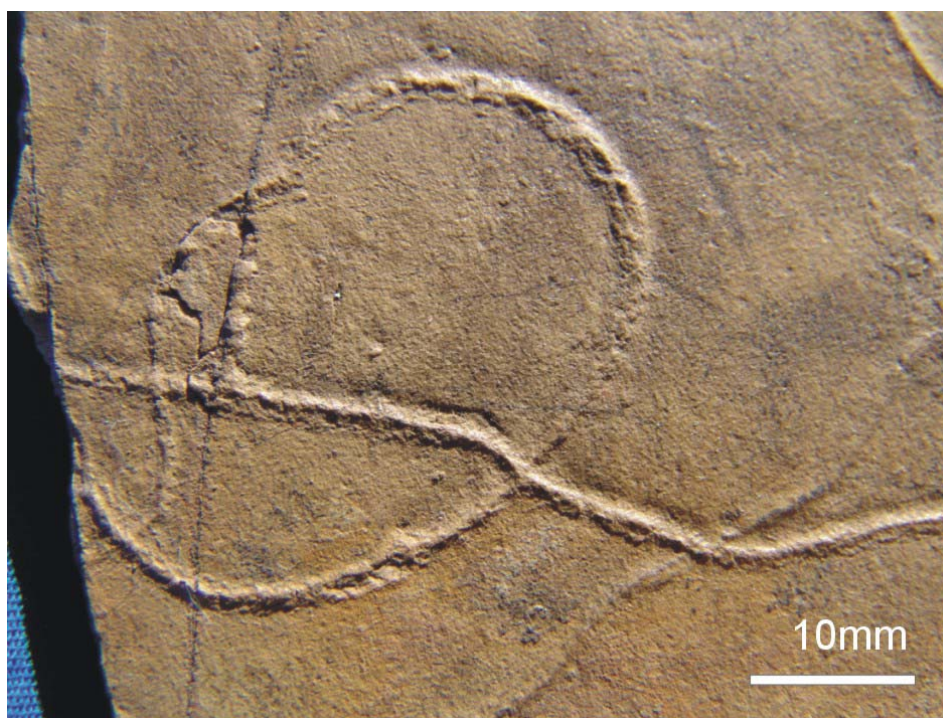


Figura 11 – *Helminthoidichnites tenuis*.

Ichnogênero *Kouphichnium* Nopcsa 1923

*Kouphichnium* isp.

Figura 12

- 1989 traço bisserial associado a impressões trifidas, Dias-Fabrcio & Guerra-Sommer, p. 78-79, est. 4, fig. 1, 2
- 1989 *Kouphichnium minusculum*, Marques-Toigo *et al.*, p. 132, est. VIII, fig. 1.

**Diagnose:** trilhas heterópodas complexas e variadas, compostas por: (i) duas séries de impressões podiais em *chevron*, cada uma com quatro impressões arredondadas ou impressões bífidas, em forma de V ou preservadas como estrias, a abertura do V orientada na direção do deslocamento (produzidas pelos quatro pares de patas anteriores); (ii) um par de impressões digitadas ou flabeladas (feitas pelo quinto par). Sulco mediano pode estar presente (a partir de Häntzschel 1975).

**Descrição:** trilhas contínuas formadas por duas fileiras de impressões podiais bífidas, às vezes mostrando longos sulcos terminais. A trilha se organiza em séries de impressões podiais e cada conjunto é formado por dois pares de impressões podiais perpendicularmente orientadas em relação ao eixo da trilha, formando um ângulo de 90°. Não se observam impressões arredondadas. As trajetórias são retilíneas. A largura total das trilhas varia entre 9,03 e 14,57 mm e a largura entre as duas fileiras de impressões podiais oscila entre 6,18 e 8,75 mm. A distância entre duas impressões podiais consecutivas varia de 2,97 a 4,71 mm e o comprimento do pódio de 1,23 a 2,14 mm. A distância de repetição das séries de impressões podiais se mantém constante ao longo de cada trilha, variando de 3,97 a 5,56 mm nos espécimes analisados. As trilhas podem variar em seu comprimento total, podendo chegar a 150 mm. Preservadas como subimpressões, tanto em hiporrelevo positivo quanto em epirelevo negativo.

**Material analisado:** sete espécimes das amostras IC016I, IC021I, IC021II, procedentes de São Gabriel.

**Discussão:** a ocorrência de trilhas de *Kouphichnium* contendo corpos fósseis de limulídeos ao final favoreceu não somente sua interpretação como estruturas de deslocamento desses animais, mas principalmente a compreensão de sua heteromorfia. Limulídeos modernos apresentam grande heteromorfia nos apêndices locomotores: enquanto os cinco pares de patas anteriores possuem pódio bífido, em forma de pinça, no sexto par este se assemelha a um pé-de-galinha (Caster 1938). Os primeiros são utilizados na prospecção de alimento junto ao

substrato, à medida que o animal se desloca, e o último par serve de apoio e sustentação do corpo (Goldring & Seilacher 1971). Ao contrário de miriápodes e trilobitas, os limulídeos deslocam-se apoiando primeiro as patas anteriores no chão e, em seqüência, as demais, finalizando o movimento no sexto par. O peso do corpo é transferido então para o sexto par, que toca no chão ao mesmo tempo em que o primeiro par inicia uma nova série, sendo as impressões podiais desses dois pares de patas as mais profundas e, portanto, as de maior potencial de preservação (Goldring & Seilacher 1971). A presença dominante de duas impressões podiais bífidas em cada série sugere preservação como subimpressão e caracterizam uma variação preservacional profunda, onde apenas dois pares de patas anteriores deixaram seu registro, já que não se observam impressões arredondadas, características do sexto par. Segundo Goldring & Seilacher (1971, p. 425, fig. 3), o formato trífido das impressões podiais em *Kouphichnium* é resultante do posicionamento inicial dos pódios no substrato com a pinça aberta, a qual vai se fechando à medida que a perna flexiona, empurrando o pódio para trás. Esse movimento gera um sulco em V, com a abertura do V posicionada para frente. Quando a perna é lançada para frente outra vez, para o próximo passo, o pódio, ainda com a pinça fechada, risca o substrato de trás para frente, desenhando um terceiro sulco, mediano e mais superficial. Assim, é possível que apenas os sulcos bífidos fiquem preservados nas subimpressões mais profundas, como acontece nos espécimes do Grupo Itararé.

Os limulídeos hoje vivem em ambientes marinhos rasos e marginais marinhos. Contudo, *Kouphichnium* tem sido registrado em depósitos não-marinhos e marginais-marinhos (Goldring & Seilacher 1971, Chisholm 1983, Eagar *et al.* 1985, Miller & Knox 1985, Tyler 1988, Aceñolaza & Buatois 1991, 1993, Buatois *et al.* 1997b, 1998b, 1998c, Zhang *et al.* 1998, Hasiotis 2004), a grande maioria de idade carbonífera. Para Goldring & Seilacher (1971), essa discrepância seria resultado da preservação preferencial das trilhas em ambientes protegidos (que oferecem maior potencial de preservação), mascarando o registro original. Ambientes protegidos em sistemas marginais marinhos com lâmina d'água muito reduzida e pouco ou nada influenciados pela salinidade contendo *Kouphichnium* isp. foram discutidos por Eagar *et al.* (1985) e por Buatois *et al.* (1997b, 1998b).

Das amostras analisadas, somente o exemplar da amostra IC021 foi previamente registrado por Dias-Fabício & Guerra-Sommer (1989), que o descreveram como um traço bisserial associado a impressões trífidas, comparando-o ao icnogênero *Paramphybius* (= *Kouphichnium*, Häntzschel 1975). A revisão do espécime não permitiu reconhecer impressões trífidas, apenas bífidas. Os exemplares descritos por Aceñolaza (1978) como *K. minusculum*



foram posteriormente revistos por Aceñolaza & Buatois (1993) e assumidos como ?*Kouphichnium* isp. Dessa forma, o espécime de *K. minusculum* registrado por Marques-Toigo *et al.* (1989) em rochas do Grupo Itararé em Santa Catarina é aqui incluído em *Kouphichnium* isp.



Figura 12 – *Kouphichnium* isp.

### ICNOGÊNERO *Maculichna* Anderson 1975

#### *Maculichna varia* Anderson 1975

#### Figura 13

- 1989 semelhante a *Petalichnus capensis*, Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer, p. 76-77, est. 3, fig. 1, 2, 4
- 2000 *Petalichnus capensis*, Netto, p. 40
- 2002 semelhante a *Petalichnus* isp., Fernandes *et al.*, p. 119, fig.104-105

**Diagnose:** trilha caracterizada pela presença marcante de duas fileiras de pontos. Em cada fileira, os pontos são agrupados a cada dois, sendo os elementos de um par geralmente mais próximos um do outro que do par adjacente. Em geral, o ponto anterior de cada par se mostra consistentemente mais distante da porção mediana da trilha que o posterior. Os pares equivalentes, em cada fileira, não são completamente opostos (a partir de Anderson 1975).

**Descrição:** trilhas contínuas, formadas por duas fileiras de pontos, organizados aos pares em cada fileira. Cada série é formada por um conjunto composto por dois pares de pontos, cada par pertencendo a uma fileira e orientado obliquamente em relação ao eixo da trilha,



formando um ângulo de até 15°. O ponto anterior de cada par se mostra consistentemente mais distante da porção mediana da trilha que o posterior. A trajetória das trilhas varia de retilínea a levemente curva. A sobreposição de trilhas pode ocorrer. A largura externa das trilhas varia de 6,45 a 14,15 mm e a interna de 4,45 a 11,52 mm. A distância entre os pontos de uma mesma série varia entre 1,80 a 6,83 mm e a distância de repetição das séries oscila de 2,90 a 7,03 mm. O diâmetro do ponto varia entre 1,05 a 2,93 mm. As trilhas podem chegar a 258 mm. Preservadas como subimpressões, a maioria em epiarrelevo.

**Material analisado:** 71 espécimes das amostras ICA, ICI, IC016I, IC016II, IC018, IC020, IC021I, IC021II, IC022, IC023I, IC033, IC034, IC035, IC036, provenientes da região de São Gabriel.

**Discussão:** *Maculichna varia* caracteriza o deslocamento de artrópodes (Anderson 1975, Archer & Maples 1984, Aceñolaza & Buatois 1991, 1993, Buatois & Mángano 2003). Quatro variações preservacionais foram registradas para *M. varia* nos depósitos glaciais da Série Dwyka (Carbonífero Superior, bacia do Karoo, África do Sul): (i) séries pareadas contendo seqüências de cinco impressões podiais alongadas acompanhadas por uma linha oblíqua de cinco pontos na porção interna da trilha; (ii) séries pareadas contendo seqüências de dois pontos, acompanhadas ou não de impressões podiais alongadas na porção externa da trilha, onde o anterior situa-se em posição mais distal em relação ao eixo da trilha e o posterior é acompanhado por linha oblíqua formada por cinco discretos pontos, na porção interna da trilha, uma de cada lado, formando um V invertido no sentido do deslocamento do animal e separadas por um sulco mediano; (iii) séries pareadas equivalentes às anteriores sem o sulco mediano e as impressões podiais, mas preservando, de um único lado, a linha oblíqua de cinco pontos; e (iv) séries pareadas contendo seqüências de dois pontos, o anterior em posição mais distal em relação ao eixo da trilha que o posterior (Anderson 1975, Figura 14). Os espécimes de *M. varia* registrados no Grupo Itararé do RS correspondem a essa última forma preservacional, enquanto que aqueles descritos como *Maculichna* isp. (Acher & Maples 1984, Aceñolaza & Buatois 1991, 1993) e *M. carboniferus* (Buatois & Mángano 2003) se aproximam mais da primeira. Segundo Anderson (1975), os pares de pontos isolados seriam possivelmente resultantes de apêndices anteriores em forma de pinças, usados para sondar o substrato, a procura de alimento. Já os pares de pontos associados a impressões podiais teriam sido produzidos por espinhos da carapaça ou por articulações proximais dos pódios. As impressões podiais alongadas teriam sido produzidas por um número desconhecido de apêndices locomotores e o sulco mediano seria resultado do arraste de um télson com extremidade bifurcada.

*M. varia* é a icnoespécie mais abundante nos sedimentitos glaciogênicos do Rio Grande do Sul, preservadas como subimpressões. Apesar da preservação em epirrelevo ser mais comum, as trilhas preservadas em hiporrelevo evidenciam maior riqueza de detalhes morfológicos e se assemelham ao exemplar Kn./K.D. 11 descrito e ilustrado por Anderson (1975, p. 271, fig. 8a). *M. varia* ocorre invariavelmente nos níveis sílticos da fácies de ritmito. A preservação em epirrelevo sugere penetração dos pódios no interior do substrato plástico, deixando subimpressões mais profundas (Goldring & Seilacher 1971), onde os detalhes mais delicados da trilha – como as impressões podiais e o sulco resultante do arraste do télson – são perdidos (Keighley & Pickerill 1996).

*M. varia* foi registrada, até o momento, exclusivamente em depósitos não-marinhos do Carbonífero Superior. Merostomados são os artrópodes com características anatômicas mais próximas das inferidas por Anderson (1975) e eram comuns nos bentos rasos e em depósitos marginais marinhos no Paleozóico Superior.



Figura 13 – *Maculichna varia* preservada em hiporrelevo.

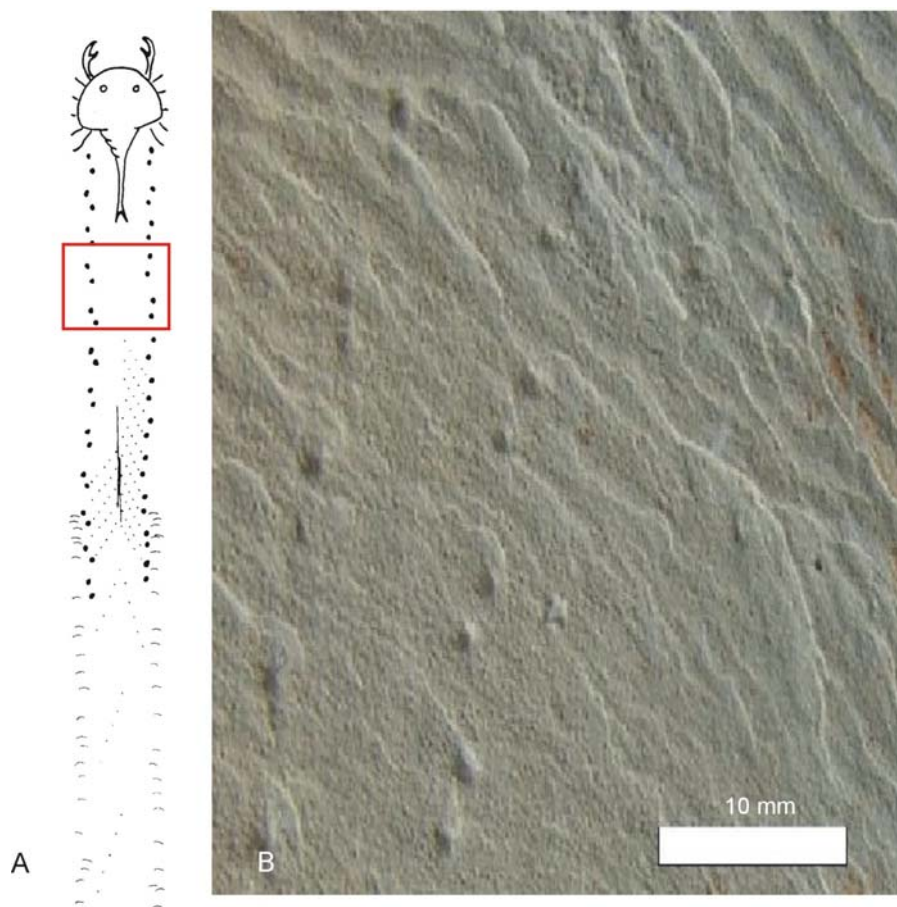


Figura 14 – A. Desenho esquemático mostrando as diferentes formas preservacionais de *M. varia*, com destaque para a forma preservacional registrada nos ritmitos do Grupo Itararé no RS (modificado de Anderson 1975). B. *Maculichna varia* preservada em epirrelevo.

### Ichnogênero *Nereites* MacLeay in Murchison, 1839

*Nereites* isp.

Figura 15

- 1984 como *Gyrochorte*, Guerra-Sommer *et al.*, p.133, est. 3, fig. 1, 2
- 1987 *Neonereites*, Netto, p. 286, fig. 3
- 1989 *Gyrochorte*, Dias-Fabício & Guerra-Sommer, p.74, est. 2, fig. 6
- 1989 *Gyrochorte* isp., Marques-Toigo *et al.*, p. 133, est. V, figs. 1, 3, 4
- 2000 *Gyrochorte* isp., Netto, p. 40
- 2001a *Neonereites*, Nogueira & Netto, p. 389
- 2001b *Neonereites*, Nogueira & Netto, p. 401-402, fig. 4a
- 2002 *Gyrochorte* isp., Fernandes *et al.*, p. 67, fig. 62
- 2002 ?*Neonereites* isp., Fernandes *et al.*, p. 105-106, fig. 87

**Diagnose:** escavação horizontal, recurvada a meandrante, formada por um túnel mediano meniscado envolto por uma zona lobada, onde os lobos se sucedem, dispostos ao longo de todo o comprimento da escavação. Os lobos são resultantes do retrabalhamento do substrato pelo produtor. Comumente, apenas a zona lobada que envolve o túnel fica preservada, mostrando-se como uma cadeia compacta composta por uma ou várias depressões ou pústulas (a partir de Uchman 1995).

**Descrição:** escavação predominantemente horizontal, retilínea a levemente meandrante, ladeada por lobos ao longo de todo o comprimento, que praticamente envolvem o túnel. Os lobos possuem entre 2,69 mm e 3,21 mm de largura e 2,68 mm e 7,69 mm de comprimento. O comprimento total observado da escavação é de 240 mm. O túnel mediano é fino, possuindo 0,80 mm de largura. Não se observa preenchimento meniscado. Preservada em epirrelevo.

**Material analisado:** três espécimes da amostra IC004, procedente da região de Cachoeira do Sul.

**Discussão:** após ampla revisão do icnogênero *Nereites*, realizada por Uchman (1995), *Nereites* passou a reunir morfologias originalmente descritas como *Scalarituba* e *Neonereites*. *Nereites* representa uma atividade combinada de locomoção e alimentação, caracterizando um traço de pastagem de um organismo vermiforme (Seilacher 1983, 1986, Uchman 1995, Mángano *et al.* 2002), possivelmente um poliqueta errante. Apesar da morfologia geral dos espécimes analisados ser compatível com a do icnogênero *Nereites*, o preenchimento meniscado típico e o padrão meandrante de *N. missouriensis* não foram observados. Não se observam tampouco o padrão fortemente meandrante de *N. irregularis*, a disposição oblíqua dos lobos de *N. cambrenis* e a imbricação destes, como em *N. imbricata*. A disposição dos lobos é semelhante à de *N. macleayi* e de *N. jacksoni*, apesar de não serem tão desenvolvidos como nesse último.

Ocorrendo exclusivamente em regiões marinhas profundas desde o Mesozóico (McCann & Pickerill 1988, Crimes & McCall 1995, Uchman 1995), *Nereites* é encontrado em diferentes profundidades no Paleozóico, colonizando zonas mais rasas, inclusive planícies de marés (Seilacher 1983, Miller & Knox 1985, Fillion & Pickerrill 1990, Rindsberg 1994, Mángano *et al.* 2000, Mángano *et al.* 2002). Sua presença em ambientes não marinhos, contudo, é desconhecida. De acordo com Seilacher (1986), *Nereites* é produzido por um organismo vermiforme sedimentívoro, provavelmente um enteropneusta, que separa o sedimento com seu protosoma e o desloca para o lado à medida que escava, formando assim os lobos laterais em torno do túnel. Gibbard & Dreimanis (1978, p. 1973, fig. 3b) ilustraram uma estrutura que lembra *Nereites* (e, em parte, os espécimes aqui ilustrados) em depósitos

lacustres glaciais pleistocênicos do Canadá (SE Ontário). Entretanto, a estrutura não possui o túnel central, sendo a estrutura resultante do deslocamento do isópode *Pontoporeia affinis*.

Netto (1987) registrou a ocorrência de *Neonereites* em rochas da Formação Rio do Sul na região de Vila Nova, RS, associado a *Phycosiphon*. O padrão meandrante da estrutura e a presença de depressões encadeadas são compatíveis com *N. missouriensis*. Contudo, a revisão faciológica efetuada por Elias (1999) na região incluiu estes depósitos na base da Formação Rio Bonito.

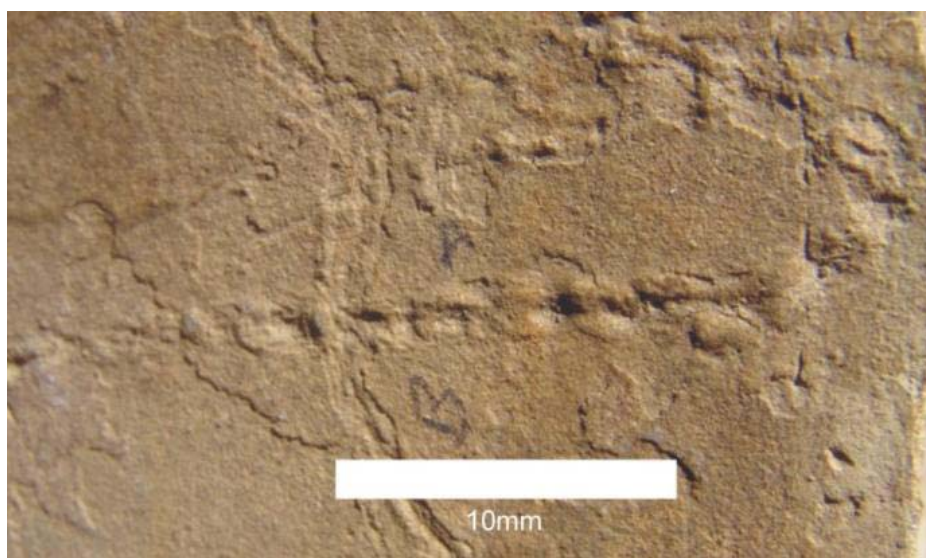


Figura 15 – *Nereites* isp.

#### ICNOGÊNERO *Protichnites* OWEN 1852

##### *Protichnites* isp.

##### Figura 16

- 1989 semelhante a *Incisifex* ou *Incynspica*, Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer, p. 77-78, est. 3, figs. 3 e 5
- 2002 *Incynspica*, Fernandes *et al.*, p. 77, fig. 67
- 2002 *Incisifex*, Fernandes *et al.*, p. 79, fig. 67

**Diagnose:** duas fileiras de impressões bífidas ou trífidas e geralmente estreitas, com sulco longitudinal intermitente duplo na porção mediana da trilha; pódios irregulares, formando séries pouco espaçadas entre si; em alguns pontos, a trilha dá lugar a *Rusophycus* (a partir de Häntzschel 1975).

**Descrição:** trilhas contínuas formadas por duas fileiras de impressões podiais bífidas ladeadas internamente por um sulco mediano, por um sulco excêntrico, de trajetória levemente

irregular ou por dois sulcos longitudinais, paralelos. A trilha se organiza em séries de impressões podiais e cada conjunto é formado por dois pares de impressões podiais, onde o par anterior se dispõe mais afastado do eixo longitudinal que o par posterior. Os sulcos são contínuos, podendo ser acompanhados ao longo de toda trilha. As impressões podiais apresentam-se obliquamente orientadas em relação ao eixo da trilha, formando um ângulo de 30°. Trajetória retilínea a curva, podendo em alguns espécimes formar um laço. A largura total da trilha varia de 7,78 a 14,77 mm e a distância entre as fileiras de impressões podiais varia de 2,13 a 6,80 mm, proporcionalmente à largura total da trilha. A distância entre as impressões podiais varia entre 2,32 e 5,77 mm e a largura do pódio entre 1,17 e 3,09 mm; a distância de repetição das séries de impressões varia de 2,58 a 8,42 mm nos espécimes analisados. As trilhas podem variar em seu comprimento, podendo chegar a 205,83 mm. Preservadas como subimpressões, em epirrelevo negativo.

**Material analisado:** 27 espécimes nas amostras IC017, IC023, IC031, IC032, IC034, IC036, procedentes de São Gabriel.

**Discussão:** a morfologia de *Protichnites* sugere tratar-se de trilha de limulídeos, de crustáceos ou de trilobitomorfos (Häntzschel 1975, Balistieri *et al.* 2002). A organização das impressões podiais em séries pouco espaçadas entre si sugere múltiplos apêndices locomotores, enquanto que os pares de pontos sugerem prospecção do substrato por quelas, a exemplo de *Maculichna*. O sulco mediano possivelmente seja o registro do arraste do télson junto ao substrato e os sulcos longitudinais paralelos sugerem presença de espinhos nos bordos da carapaça ou mesmo outras feições mais rígidas.

As trilhas preservam-se como subimpressões pouco profundas, a julgar pela boa preservação dos sulcos mediano e laterais. Sulcos únicos irregulares e excêntricos e sulcos paralelos laterais não foram observados originalmente em *Protichnites*. Contudo, essas características são comuns nos espécimes do Grupo Itararé no RS, sendo mais freqüente que a ocorrência de sulco único mediano. Em palestra recente, Adolf Seilacher comentou sobre a presença de sulcos paralelos em espécimes de *Protichnites* (A. Rinsberg, 2005, com. pessoal). Savage (1971, p. 226-227, fig. 11) reconheceu como *Protichnites* sp. B um espécime contendo um único sulco excêntrico, posicionado lateralmente a uma das fileiras de impressões podiais, em rochas do Grupo Dwyka, equivalente cronoestratigráfico do Grupo Itararé na bacia do Karoo (sul da África). Uma vez que a organização das impressões podiais nas trilhas que contêm um único sulco irregular e excêntrico ou dois sulcos paralelos laterais é idêntica àquela observada nas trilhas com sulco único mediano, optou-se aqui por incluí-las como variações preservacionais de *Protichnites* isp. A semelhança no padrão organizacional



das impressões podiais entre os espécimes de *Protichnites* isp. e *M. varia* nos depósitos estudados leva a especular sobre serem variações preservacionais distintas do deslocamento de um mesmo produtor.

Das amostras analisadas, os exemplares das amostras IC017 e IC023 (esta ilustrada como IC017 por Dias-Fabrácio & Guerra-Sommer 1989, p. 83, est. 3, fig. 3) foram previamente assumidos por Dias-Fabrácio & Guerra-Sommer (1989) como semelhantes aos icnogêneros *Incisifex* ou *Incyspica*, sendo essa semelhança posteriormente citada para os mesmos exemplares por Fernandes *et al.* (2002). Apesar de ambos os icnogêneros caracterizarem trilhas de artrópodes, o icnogênero *Incisifex* apresenta duas fileiras de estrias chanfradas, arranjadas de forma oblíqua, enquanto que no icnogênero *Incyspica*, as impressões podiais são subtriangulares e se dispõem perpendicularmente ao eixo da trilha, assemelhando-se a um pente. Nenhum dos dois padrões morfológicos pode ser reconhecido nos espécimes analisados.

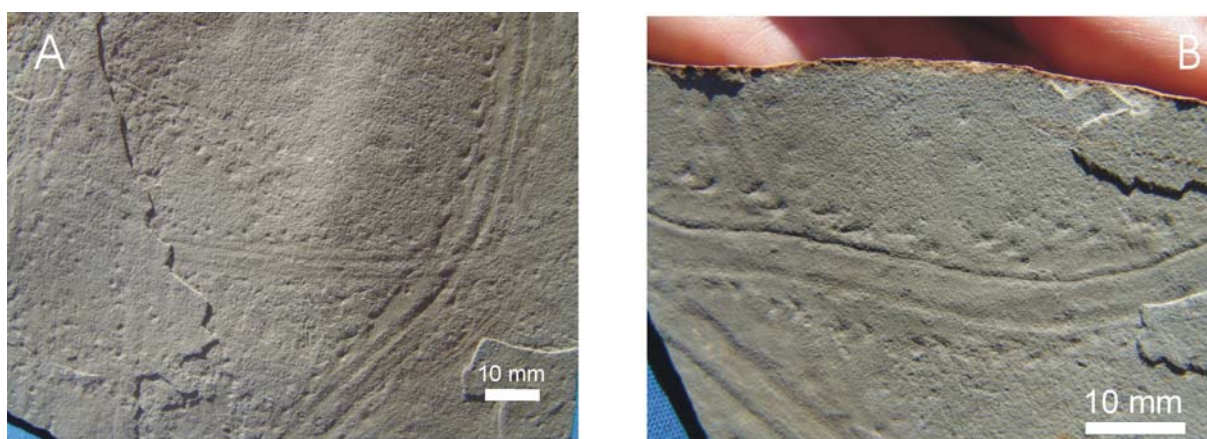


Figura 16 – *Protichnites* isp. A. Detalhe do sulco único irregular. B. Detalhe dos dois sulcos paralelos laterais

Icnogênero *Rusophycus* Hall 1852  
*Rusophycus carbonarius* Dawson 1864

Figura 17

1989 traço de repouso Marques-Toigo *et al.*, p. 150, est. VIII, figs. 4, 6

2002 *Rusophycus* cf. *carbonarius* Balistieri *et al.*, p. 19, fig. 3B

**Diagnose:** traço curto, em forma de grão de café, ornamentado por finas estrias oblíquas a transversais. Lóbulos paralelos ou levemente abertos (a partir de Keighley & Pickerill 1996).

Descrição: estrutura biogênica rasa, bilobada, formada por lóbulos paralelos a subparalelos separados por um sulco mediano. Os lóbulos são ornamentados por finas estrias dispostas obliquamente em relação ao eixo mediano, formando um ângulo de 65°. A largura da estrutura completa varia de 5,67 a 9,54 mm e a do sulco mediano entre 1,29 e 2,07 mm. O comprimento é variável, sendo o máximo observado 13,20 mm, mas sempre mantendo uma relação entre comprimento e largura ao redor de 2:1. Preservada em hiporrelevo convexo.

**Material analisado:** 15 espécimes nas amostras IC022I, IC023I, IC027, IC028, procedentes de São Gabriel.

**Discussão:** Keighley & Pickerill (1996) revisaram todas as descrições prévias de icnofósseis em formato de grão de café, incluindo-os em *Rusophycus carbonarius*. Schlirf *et al.* (2001) reconheceram quatro formas preservacionais distintas de *R. carbonarius*, em função da profundidade de penetração do organismo produtor no substrato (Figura 18). Tanto a mais profunda (tipo d) quanto a mais superficial (tipo a) pode ser observada nos exemplares analisados. As impressões mais profundas possuem a parte anterior achatada e a característica abertura em V entre os lobos em uma das extremidades (Figura 17A), enquanto que as mais superficiais possuem abertura larga entre os dois lóbulos e má definição das estrias (Figura 17B).

*R. carbonarius* é comum em estratos contendo *Cruziana problematica* e *Cruziana intermittens*, muitas vezes ocorrendo como um traço fóssil composto (Rindsberg & Martin 2003), formando uma pista dimórfica deixada por um mesmo indivíduo (Keighley & Pickerill 1996, Schlirf *et al.* 2001). Nas amostras estudadas, *R. carbonarius* aparece associado predominantemente a *Cruziana intermittens* e a *Glukstadtella cooperi*. Balistieri *et al.* (2002) registrou *R. cf. carbonarius* em ritmitos não-marinhos do topo da Formação Mafra na região de Mafra (SC). Entretanto, os exemplares ilustrados pelos autores correspondem à variação preservacional do tipo b ilustrada por Schlirf *et al.* (2001), sendo aqui incluídos em *R. carbonarius*. Os “traços de repouso” ilustrados por Marques-Toigo *et al.* (1989) em ritmitos da Formação Rio do Sul em Trombudo Central (SC) correspondem à variação preservacional mais rasa (tipo a de Schlirf *et al.* 2001) e, portanto, são incluídos aqui em *R. carbonarius*. Nogueira & Netto (2001a, 2001b) também registraram a ocorrência de *Rusophycus* em ritmitos da Formação Rio do Sul em Trombudo Central, sem, contudo, ilustrar os espécimes ou mesmo descrevê-los formalmente. *Rusophycus* é assumido como estrutura de repouso de artrópodes. Em ambientes não-marinhos, representam, provavelmente, a atividade de repouso de isópodes (Buatois & Mángano 1993b, Balistieri *et al.* 2002).





Figura 17 – *Rusophycus carbonarius*. A. Morfologias mais profundas, com porção anterior achatada e abertura pronunciada em V. B. Morfologias mais rasas, mostrando abertura entre os lobos e má definição das estrias.

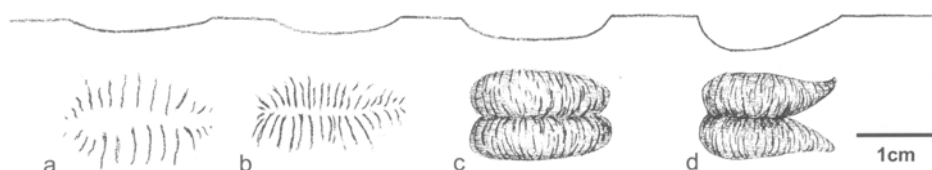


Figura 18 – Representação esquemática das formas preservacionais de *Rusophycus carbonarius*, segundo Schlirf *et al.* (2001) para ilustrar os a, b, c e d ilustradas por caracterizar sulcos mais superficiais (tipos a e b) e mais profundos (tipos c e d) em uma mesma pista.

Ícnogênero *Tonganoxichnus* Mángano, Buatois, Maples & Lenier 1997

*Tonganoxichnus itararensis* Netto & Lermen, n. isp.

Figura 19

1984 traço de repouso, Guerra-Sommer *et al.*, p.134, est. 4, fig. 3

1989 traço de repouso, Dias-Fabício & Guerra-Sommer, p.79, est. 4, fig. 8

**Diagnose:** *Tonganoxichnus* contendo conjunto anterior formado por impressões frontais subparalelas à linha mediana do traço, em parte anuladas, seguidas de impressão anteromediana única cordiforme e por três discretos pares de impressões anteroposteriores bilaterais subarredondadas, perpendiculares ao eixo mediano, sendo o par central mais

afastado do eixo em relação aos demais. Conjunto posterior com impressões elipsoidais alongadas, afastadas entre si e posicionadas quase que perpendicularmente ao eixo mediano da impressão, sem formar *chevron*. Os pares equivalentes, bilateralmente simétricos, podem estar anulados ou ausentes. Impressão espinal terminal e impressões laterais arredondadas ausentes (Netto & Lermen, em preparação).

**Etimologia:** de Itararé, grupo estratigráfico que contém o icnofóssil descrito.

**Holótipo:** IC009

**Localidade-tipo:** Cachoeira do Sul, RS, Brasil.

**Estrato-tipo:** Grupo Itararé, bacia do Paraná.

**Descrição:** estrutura sedimentar biogênica alongada, segmentada, mostrando dois conjuntos bem marcados de caracteres ântero-posteriores. O conjunto anterior é composto por uma impressão frontal subparalela à linha mediana do traço, seguida por impressão única elipsoidal a cordiforme e, após, por três discretos pares de impressões arredondadas muito próximas, dispostas perpendicularmente ao eixo mediano em simetria bilateral, sendo o par central mais afastado do eixo em relação aos demais. O conjunto posterior apresenta pelo menos cinco impressões elipsoidais, ligeiramente alongadas nas extremidades externas, as duas primeiras possuindo um par equivalente em simetria bilateral. Não se observa impressão espinal terminal. O comprimento total do espécime é de 9,52 mm e a largura varia de um máximo de 2,57 mm na porção anterior a um mínimo de 1,55 mm na extremidade posterior. Preservada em hiporrelevo positivo.

**Material analisado:** um único espécime na amostra IC009, procedente da região de Cachoeira do Sul.

**Discussão:** Mángano *et al.* (1997) propuseram o icnogênero *Tonganoxichnus* para estruturas sedimentares biogênicas que reproduzem com fidelidade a anatomia de insetos apterigotos da ordem Monura (Carbonífero Superior–Permiano, Figura 20), detalhando, principalmente, as características do tórax e do abdômen. Três icnospécies foram definidas em depósitos carboníferos e permianos da América do Norte: *T. buildexensis*, *T. ottawensis* e *T. robledoensis* (Mángano *et al.* 1997, 2001, Buatois *et al.* 1998b, Braddy & Briggs 2002, Lucas *et al.* 2004). *T. buildexensis*, como icnoespécie-tipo, reproduz fielmente a anatomia ventral do inseto, caracterizando uma estrutura de repouso, muito provavelmente relacionada ao comportamento de planar sobre a água (Mángano *et al.* 1997, Buatois *et al.* 1998b). Riscos bífidos bem pronunciados na região anterior e a ocorrência de várias impressões lado a lado são característicos de *T. ottawensis*. Tais características levaram Mángano *et al.* (1997, 2001) a interpretar essa icnoespécie como uma estrutura complexa de alimentação, onde o produtor

rasparia o substrato para obter seu alimento (possivelmente sobre esteiras microbianas) e se deslocaria lateralmente aos saltos, em busca de novas áreas de prospecção. *T. robledoensis* também apresenta riscos bífidos bem pronunciados na região anterior e a ocorrência de várias impressões, mas que se sucedem ao longo do conjunto, e não lateralmente, como em *T. ottawensis*, sendo interpretado por Braddy & Briggs (2002) como o resultado do deslocamento aos saltos do produtor.

*T. itararensis* não apresenta as características morfológicas de *T. ottawensis* e de *T. robledoensis*, assemelhando-se mais a *T. buildexensis* e caracterizando uma impressão de repouso. É provável que a presença de apenas uma impressão frontal subparalela e a ausência dos pares de impressões correspondentes no conjunto posterior (abdominais) sejam decorrentes de preservação parcial da estrutura ou mesmo como subimpressão (Goldring & Seilacher 1971). Contudo, o formato cordiforme da impressão anteromediana do conjunto anterior (equivalente à cabeça) e o arranjo das impressões anteroposteriores que caracterizam o tórax - pequenas, subarredondadas e com disposição mais externa do segundo par - são diferentes do observado em *T. buildexensis* (Figura 20). No conjunto posterior (equivalente ao abdômen), as impressões elipsoidais são mais alongadas que em *T. buildexensis* e mostram-se mais afastadas entre si, posicionando-se quase que perpendicular ao eixo mediano da impressão, e não em *chevron*, como é característico em *T. buildexensis*.

Mángano *et al.* (1997) consideraram as diferenças morfológicas observadas em *T. buildexensis* como resultante de diferentes estágios ontogenéticos. A ausência de impressão espinal terminal (equivalente à furca) e de impressões arredondadas laterais o conjunto anterior (equivalente aos pódios?) no espécime analisado poderia caracterizar um estágio juvenil, onde os apêndices posteriores e as patas ainda não estivessem bem desenvolvidos. Contudo, insetos apterigotos sofrem pouca ou nenhuma metamorfose e as ninfas (estágio juvenil) se assemelham aos adultos (Ruppert *et al.* 2003, Grimaldi & Engel 2005). Assim, é mais provável que as diferenças morfológicas observadas entre o espécime estudado e *T. buildexensis* sejam decorrentes de produtores com anatomias diferentes. A distância paleogeográfica entre os depósitos portadores de *T. buildexensis* e os depósitos do Grupo Itararé durante o Permo-Carbonífero, as diferentes condições paleoclimáticas experimentadas por estes depósitos nessa época, a rápida especiação dos insetos desde sua origem, no Devoniano inferior, e a alta diversificação do grupo, que já contava com um grande número de ordens diferentes no Permo-Carbonífero, reforçam essa idéia, permitindo a proposição de uma nova icnoespécie. A definição de icnotáxons a partir de apenas um exemplar não é algo incomum (Norman & Pickerill 1996). Apesar do registro de *T. itararensis* conter apenas um

espécime, a designação da nova icnoespécie está em sintonia com a proposta de Mángano *et al.* (2001) e tem sua relevância na ampliação do registro fóssil de *Tonganoxichnus*, até então restrito à América do Norte (Mángano *et al.* 1997, 2001, Buatois *et al.* 1998b, Braddy & Briggs 2002, Lucas *et al.* 2004). Além de insetos monuros, hexápodes das classes Collembola e Protura, presentes no registro fóssil desde o Devoniano (Labandeira & Sepkoski 1993, Braddy & Briggs 2002, Regier *et al.* 2004), também possuem anatomia compatível com a morfologia de *T. itararensis*.

O espécime aqui descrito foi previamente discutido e ilustrado por Guerra-Sommer *et al.* (1984) e Dias-Fabrizio & Guerra-Sommer (1989), que o identificaram como traço de repouso, ressaltando que os mesmos não foram comparados a qualquer outro icnotáxon pela ausência de morfologias comparáveis na literatura, à época.

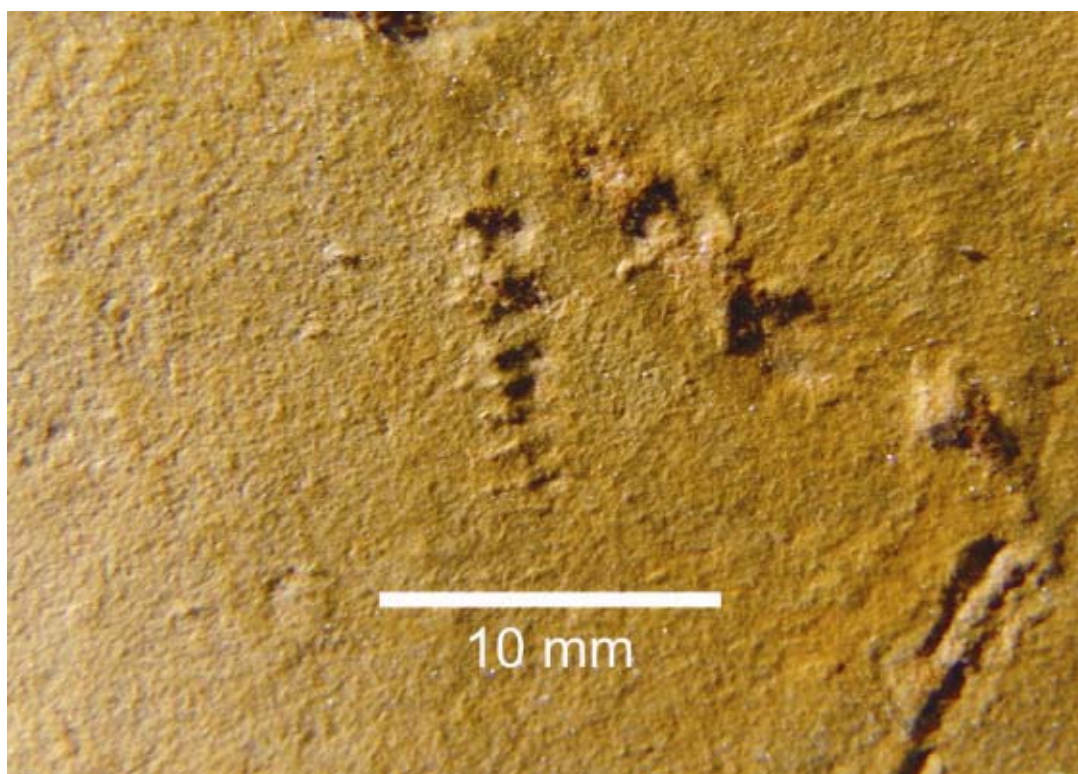


Figura 19 – *Tonganoxichnus itararensis* n. isp.

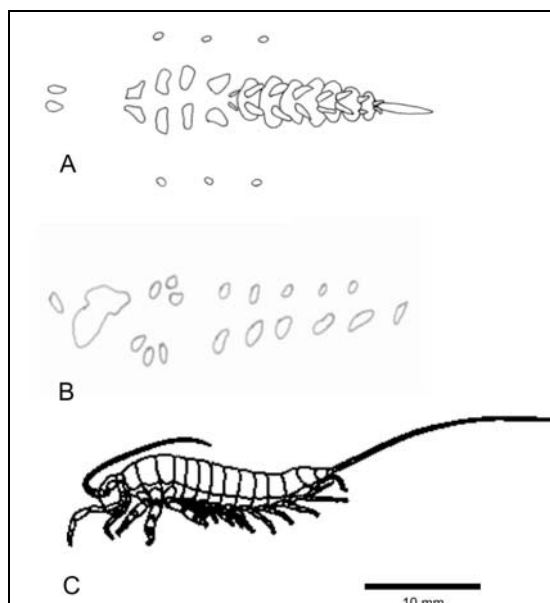


Figura 20 - Morfologias de *Tonganoxichnus buildexensis* (A) e de *T. itararensis* (B) e sua semelhança com a anatomia de insetos monuros (C) (a partir de Mángano *et al.* 2001 e de <http://www.palaeos.com/Invertebrates/Arthropods/Insecta/Insecta2.htm>).

Ícnogênero *Treptichnus* Miller 1889

*Treptichnus pollardi* Buatois & Mángano 1993a

Figura 21.

**Diagnose:** *Treptichnus* delgado, apresentando pequenas fossas nos ângulos de junção entre os segmentos horizontais da escavação ou ao longo das mesmas, correspondendo às aberturas das hastes verticais; segmentos da escavação retilíneos a levemente recurvados (a partir de Buatois & Mángano 1993a).

**Descrição:** escavações tridimensionais rasas, horizontalizadas, com trajetória recurvada, apresentando bordos lineados por compactação do sedimento, sem filme pelítico ou parede construída. Apresentam um padrão em ziguezague irregular, formado pela alternância das aberturas verticais típicas deste ícnogênero. Diâmetro ao redor de 2 mm e comprimento variável, podendo chegar até 15 cm. Preservadas em epirrelevo.

**Material analisado:** 12 espécimes preservados nas amostras IC001, IC003, IC006, IC009, procedentes da região de Cachoeira do Sul.

**Discussão:** *Treptichnus pollardi* foi definido a partir de espécimes preservados em depósitos gonduânicos lacustres com influência glacial (Formación Agua Colorada, bacia de Paganzo, NW Argentina, Buatois & Mángano 1993a) e de idade Carbonífero Superior. No entanto, o

icnogênero *Treptichnus* possui ampla distribuição espacial, desde depósitos marinhos profundos até continentais (Crimes *et al.* 1981, Archer & Maples 1984, Kvale *et al.* 1989, Rindsberg 1990, Buatois & Mángano 1993a, Geyer & Uchman 1995, Uchman *et al.* 1998, Buatois *et al.* 2001). Apesar de o icnogênero *Treptichnus* caracterizar um padrão comportamental euritópico, *T. pollardi* tem sido registrado exclusivamente em depósitos continentais lacustres (Aceñolaza & Buatois 1993, Buatois & Mángano 1993a, 1993b) e em fácies de planícies de inundação proximais associadas a sistemas deltaicos (Archer & Maples 1984) e em ambientes de supramaré não influenciados por salinidade (Buatois *et al.* 1998b, Balistieri 2003). O diâmetro dos espécimes de *T. pollardi* presentes nos depósitos gonduânicos da América do Sul não ultrapassa 2 mm, sugerindo um produtor de tamanho bem menor que os escavadores das demais espécies de *Treptichnus*. Essa redução do tamanho corporal pode ser resultante da adaptação dos produtores de *T. pollardi* a ambientes de água doce ou de muito baixa salinidade (Balistieri 2003).

No Grupo Itararé, *T. pollardi* ocorre em ritmitos do topo da Formação Mafra na região de Mafra (SC), interpretados como depósitos lacustres rasos, formados em depressões inundadas em zona de supramaré (Balistieri *et al.* 2002, Balistieri 2003). Estes ritmitos estão sotopostos a folhelhos negros contendo insetos fósseis da Fauna I de Rodrigues & Iannuzzi (2001), de idade Stephaniana (Carbonífero Superior).

*Treptichnus* caracteriza uma estrutura de alimentação, provavelmente produzida por animais vermiformes de hábito trófico detritívoro (Buatois & Mángano 1993a, 1993b, Rindsberg 1990) e ocorre no registro fóssil desde o Ediacarano até o Eoceno (Jensen *et al.* 2000, Uchman *et al.* 1998). Entretanto, a julgar pelo registro conhecido, ocorrência de *T. pollardi* parece restrita ao Carbonífero Superior.

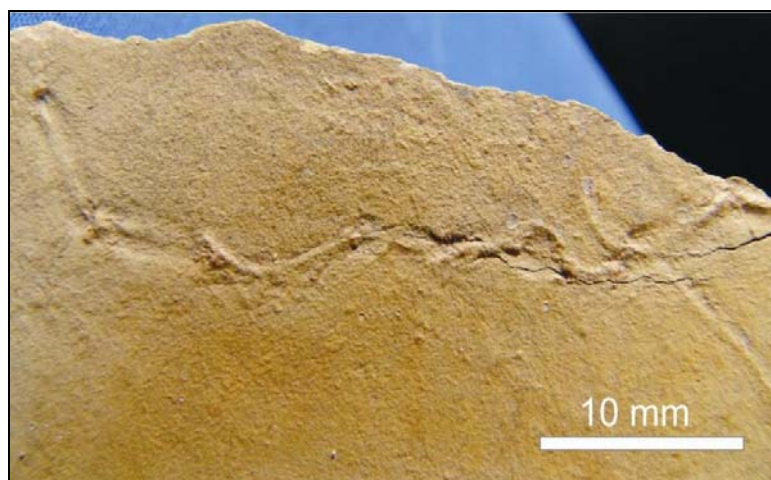


Figura 21 - *Treptichnus pollardi*.



### **5.3 – Vínculos faciológicos da icnofauna do Grupo Itararé no RS**

Encontrar icnofósseis em afloramentos é uma tarefa relativamente fácil, especialmente quando os estratos estão expostos às intempéries, evidenciando suas estruturas sedimentares. O mesmo fator que favorece a observação, contudo, acelera a erosão das camadas, reduzindo suas chances de preservação. Contudo, muito pouco material foi encontrado em campo durante a realização desse trabalho, mas o suficiente para poder reconhecer de que níveis e locais provieram as amostras analisadas.

Seis fácies sedimentares distintas puderam ser reconhecidas, duas delas portadoras de icnofósseis. Todo o material icnofossilífero do acervo estudado ocorre vinculado à fácies de ritmitos e as icnofábricas reconhecidas em campo estão vinculadas à fácies de depósitos heterolíticos.

#### **5.3.1 - Fácies de pelitos**

Composta por siltitos, finamente laminados, com gradação normal, formando pacotes com até 1 m de espessura e geometria tabular. A coloração varia de cinza clara a escura. Grânulos e seixos caídos são comuns, predominando diâmetros de 3 cm (Figura 22). Esta fácies ocorre sotoposta à fácies de ritmito A no afloramento da Fazenda dos Mudinhos (Figura 23) e sobre a fácies diamictitos nos afloramentos na área do cerro Manuel Prates (Figura 24).

Silveira (2000) reconheceu uma fácies equivalente na região de Mariana Pimentel, sugerindo deposição por decantação em ambiente de águas calmas, sem agitação do fundo por ondas ou correntes, e pouco oxigenado, a julgar pela coloração cinza dos depósitos. Essa interpretação é adotada para os depósitos da fácies de pelitos aqui descrita.



Figura 22 - Depósitos da fácies de pelitos aflorantes na Fazenda dos Mudinhos (A) e nos arredores do cerro Manoel Prates (B).



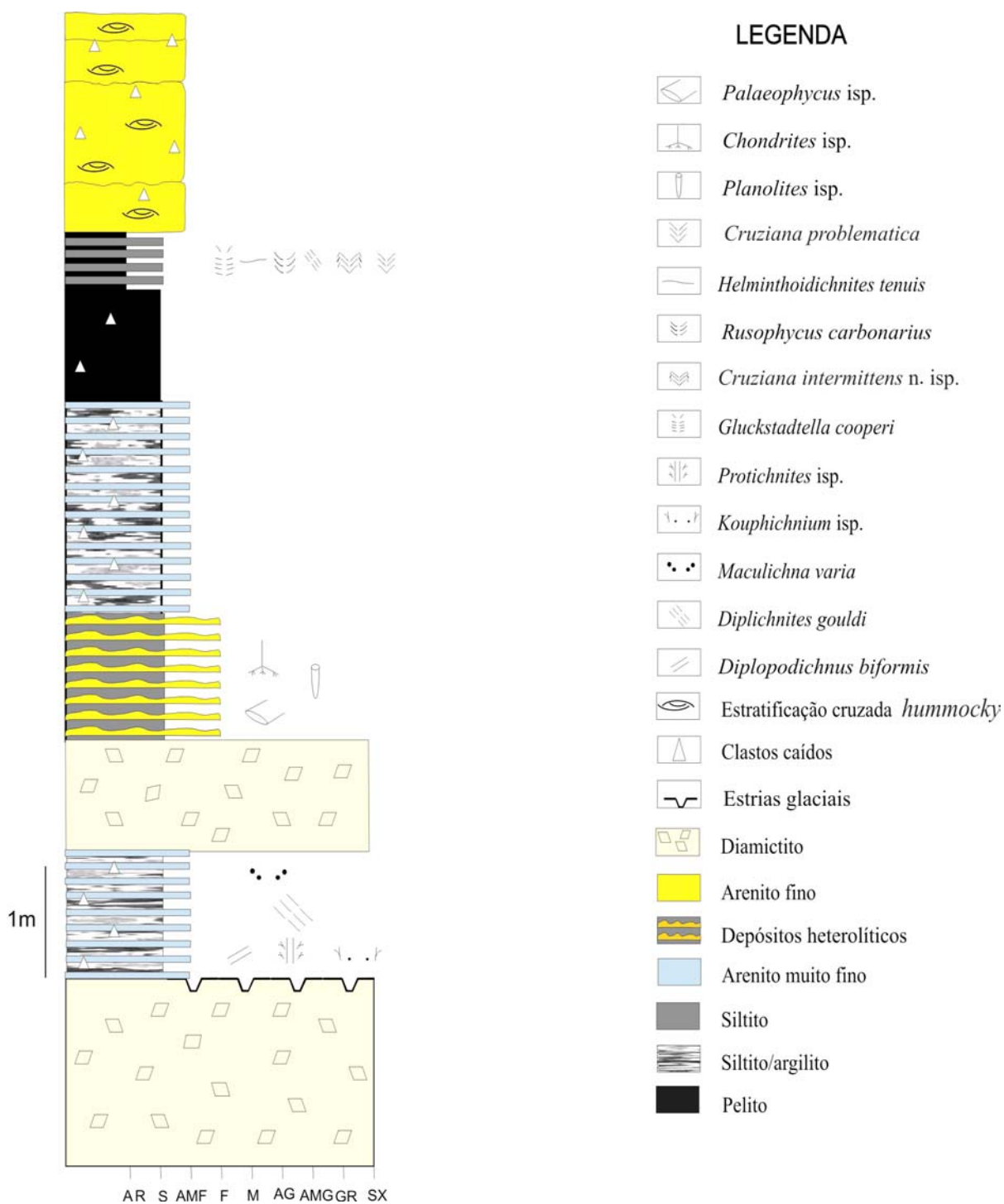


Figura 23 - Representação esquemática do empilhamento dos depósitos do Grupo Itararé aflorantes a SW de São Gabriel (RS), na região de Batovi.

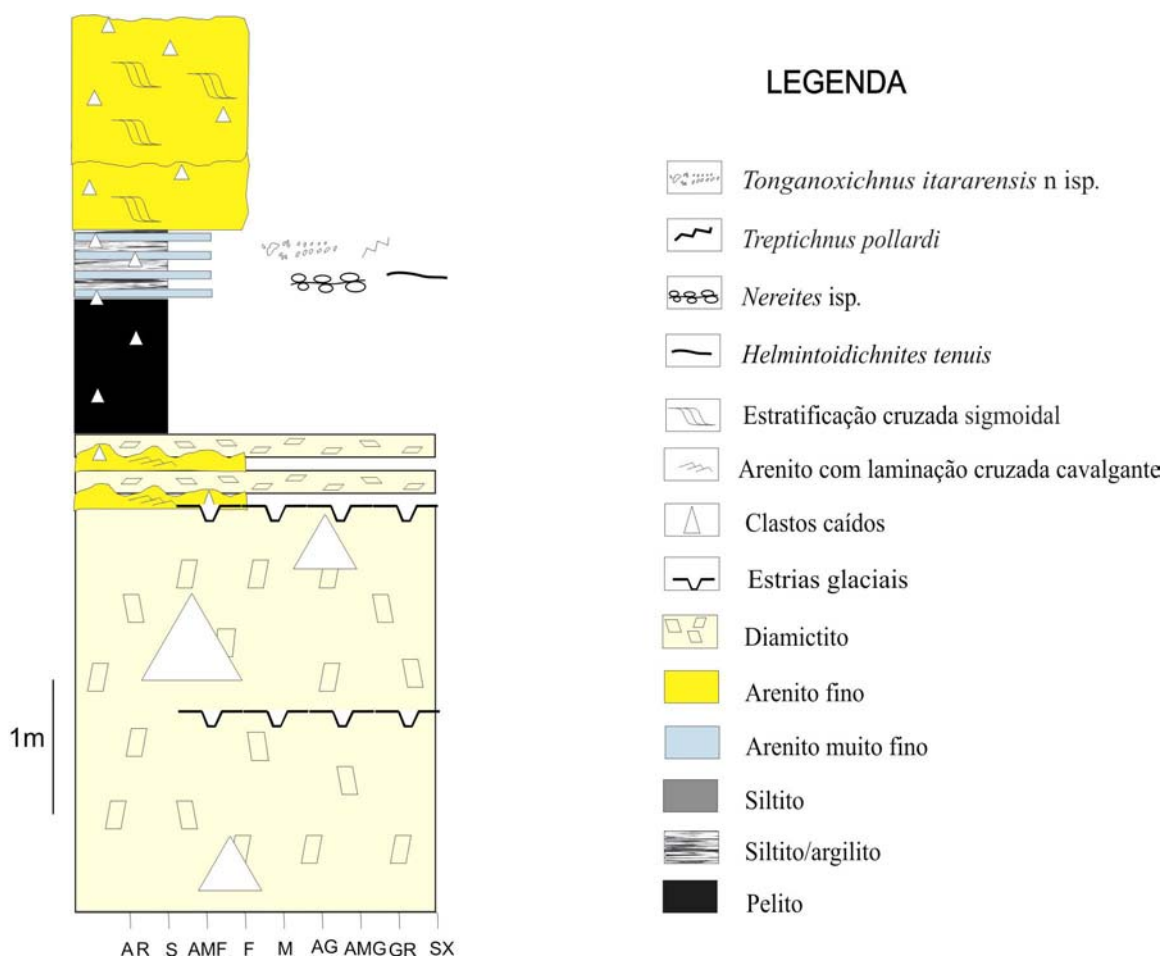


Figura 24 - Representação esquemática do empilhamento dos depósitos do Grupo Itararé aflorantes a SSW de Cachoeira do Sul (RS), nos arredores do cerro Manuel Prates.

### 5.3.2 - Fácies de ritmito

Caracteriza-se pela intercalação rítmica de camadas centimétricas de arenitos muito finos e camadas milimétricas a centimétricas de siltitos e argilitos. As alternâncias de litologias formam pares de camadas que se destacam pela alternância de tons de cinza mais claros nos estratos de granulometria maior e mais escuros nos argilitos. A geometria é tabular. Trilhas e impressões de repouso de artrópodes, e escavações rasas de artrópodes e de organismos vermiformes podem ocorrer localmente. De acordo com a litologia dominante e com o tipo de bioturbação, três tipos de ritmitos puderam ser diferenciados na área de estudo, denominados A, B e C.

Os ritmitos do tipo A se caracterizam pela alternância rítmica de arenito muito fino e siltito, por vezes gradando até argila. Os arenitos contêm acamadamento ondulado e o contato entre os pares siltito-arenito é abrupto. Clastos caídos são comuns, em sua maioria grãos,

podendo atingir até 15 cm de diâmetro, localmente. A espessura das camadas varia de 0,5 cm a 7 cm, sendo as camadas arenosas sempre mais espessas que as silticas. Formam pacotes de pequena espessura, em geral em torno de 1m e as camadas silticas contêm trilhas de deslocamento de artrópodes (*Maculichna varia*, *Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus biformis*, *Protichnites* isp. e *Kouphchnium* isp.) e marcas de enrugamento (*wrinkle marks*), produzidas a partir da atividades de esteiras microbianas. Esta fácies ocorre intercalada com a fácies de diamictito no afloramento da Fazenda dos Mudinhos (Figuras 23 e 25).

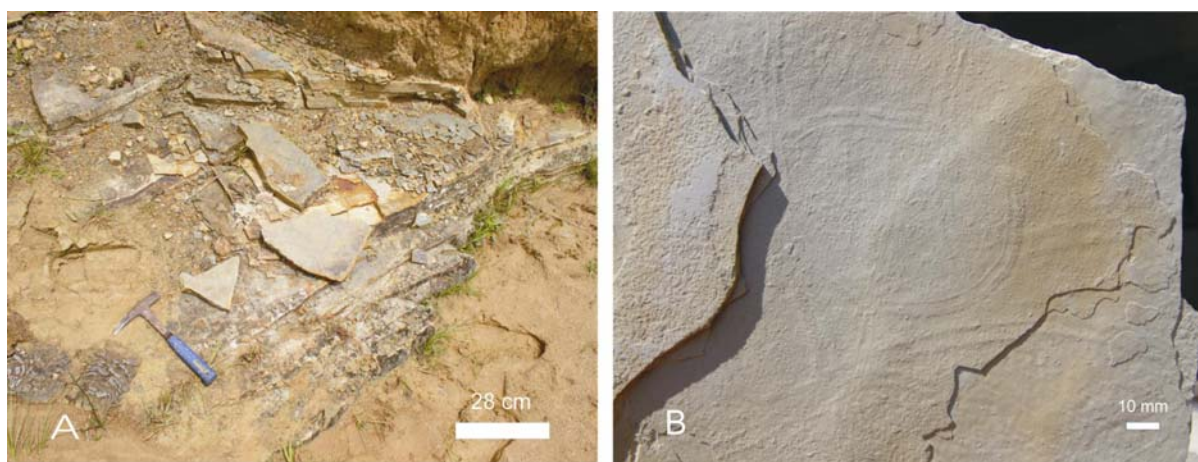


Figura 25 - Ritmitos do tipo A aflorantes na Fazenda dos Mudinhos. A. Aspecto geral dos depósitos. B. Detalhe das trilhas de artrópodes associadas, preservadas na base das camadas de siltito, em hiporrelevo positivo.

Os ritmitos do tipo B constituem-se de intercalações de camadas milimétricas de arenitos muito finos e siltitos. Os estratos silticos possuem coloração cinza e apresentam uma nítida separação dos estratos arenosos, de cor mais clara. A espessura das lâminas varia de 0,5 a 4 mm. Esta unidade se diferencia dos ritmitos do tipo A apenas pela icnofauna, composta exclusivamente por escavações rasas de organismos vermiformes (*Helminthoidichnites tenuis*, *Nereites* isp. e *Treptichnus pollardi*) e por impressão de repouso de inseto (*Tonganoxichnus itararensis* n. isp.). Organiza-se em pacotes de pequena espessura (cerca de 50 cm) e ocorre nos arredores do cerro Manuel Prates, onde se assenta sobre a fácies de pelitos (Figuras 24 e 26).





Figura 26 - Ritmitos do tipo B aflorantes nos arredores do cerro Manuel Prates.

Silveira (2000) classificou os ritmitos do Grupo Itararé na região de Mariana Pimentel em I, II e III, de acordo com o percentual de argilitos, independentemente da outra litologia participante, se arenito ou siltito. Levando-se em conta exclusivamente esse critério, o ritmito I poderia ser comparado aos ritmitos do tipo A e B, aqui descritos. Contudo, não se observou a ocorrência de icnofósseis nos ritmitos aflorantes na região de Mariana Pimentel.

Os ritmitos do tipo C são compostos por camadas alternadas de siltito e de argilito. As camadas sílticas possuem coloração cinza médio e espessura de até 2,5 cm. As camadas argilosas são cinza escuras e possuem espessura milimétrica. Contêm escavações rasas e impressões de repouso de artrópodes e de organismos vermofirmes (*Cruziana intermittens* n. isp., *Cruziana problematica*, *Gluckstadtella cooperi*, *Rusophycus carbonarius* e *Helminthoidichnites tenuis*), produzidas logo abaixo ou junto à interface água/sedimento (*tier* raso, senso Bromley 1996), e trilhas de deslocamento de miriápodes (*Diplichnites gouldi*) superpostas. Formam, em geral, pacotes bem compactados com até 70 cm de espessura (Figura 27). Esta fácies ocorre sobre os depósitos da fácies de pelitos e abaixo dos depósitos

da fácies de arenitos finos com estratificação de baixo ângulo no afloramento Fazenda dos Mudinhos (Figura 23). De acordo com o percentual de argilitos, comparam-se à fácies de ritmito II de Silveira (2000).



Figura 27 - Ritmitos do tipo C aflorantes na Fazenda dos Mudinhos. A. Aspecto geral do pacote, destacado na parte inferior da foto, onde se pode notar o alto grau de compactação das camadas. B. Detalhe da base dos siltitos contendo *Cruziana intermittens* n. isp., preservada em hiporrelevo.

A fácies de ritmitos representa deposição em condições subaquáticas, aparentemente sem ação de ondas. A alternância rítmica de litologias de granulometria fina é comum tanto em depósitos distais gerados por fluxos gravitacionais quanto em ambientes com ação de marés. Contudo, estruturas típicas de depósitos de marés estão ausentes e dominam icnofósseis mais comumente registrados em ambientes de água doce.

A dominância de trilhas de artrópodes e sua associação com marcas de enrugamento geradas por esteiras microbianas, e a presença marcante de trilhas de miriápodes (*Diplichnites gouldi* e *Diplopodichnus biformis*) – artrópodes essencialmente terrestres – nos ritmitos do tipo A e C sugerem depósitos rasos, que secam periodicamente, ficando assim expostos ao ar atmosférico. Os miriápodes aproveitam então esse momento para explorar o substrato, pastando sobre as esteiras microbianas. Estas retêm a umidade junto ao substrato exposto, evitando seu gretamento e mantendo a plasticidade do sedimento, que preserva as delicadas trilhas como sub-impressões (Noffke *et al.* 2001a, Noffke *et al.* 2001b, Seilacher 2003). Situação semelhante foi observada e discutida por Balistieri (2003) nos depósitos rítmicos do Grupo Itararé na região de Mafra (SC), em especial nos ritmitos basais da pedreira de Rio Negro e do afloramento Fazenda Potreiro (topo da Formação Mafra, ver Figura 4). Para

Balistieri (2003), estes ritmitos caracterizam depósitos distais de fluxos gravitacionais gerados por degelo e acumulados em planícies costeiras, laterais às cabeceiras dos cursos d'água que alimentam sistemas estuarinos, preenchendo depressões rasas escavadas pelas geleiras, nos períodos de acúmulo de gelo. A semelhança no padrão da icnofauna permite assumir interpretação semelhante para os ritmitos do tipo A e C. A abundância de *Kouphichnium* isp., *Maculichna varia* e *Protichnites* isp. nos ritmitos do tipo A, feitas possivelmente por xifosurídeos, sugere talvez terem sido os corpos d'água rasos no RS mais perenes e mais influenciados pelo mar que aqueles observados em SC. Apesar de serem comuns em depósitos permocarboníferos interpretados como de água doce, os xifosurídeos sempre foram organismos de hábito marinho raso e costeiro (Goldring & Seilacher 1971).

A ausência de trilhas de artrópodes – e, em especial, de miriápodes – nos ritmitos do tipo B e a dominância de escavações de organismos vermiformes que ocupam a zona mais superficial do endobento (próximo à interface sedimento/água) sugerem deposição desses ritmitos em ambiente permanentemente subaquático. A presença de *Nereites* isp. sugere um certo teor de salinidade na água, já que o registro desse icnotáxon é quase que exclusivamente marinho. Contudo, não estão restritos aos ambientes marinhos francos ou profundos, podendo ocorrer em ambientes salobros, em zonas costeiras. Assim, há que se considerar a possibilidade de que os ritmitos do tipo B representem um corpo d'água costeiro, periodicamente inundado pelo mar. A ausência de argilas laminadas reforça a interpretação de ambientes influenciados por salinidade.

### 5.3.3 – Fácies de depósitos heterolíticos

É caracterizada pela alternância de delgadas camadas tabulares de siltitos maciços de cor cinza médio e de camadas mais espessas, lenticulares, de arenitos finos amarelados com acamadamento ondulado e laminação cruzada cavalgante, possivelmente gerada por ondas (Figura 28). Contém icnofábrica dominada por *Chondrites* e *Planolites* com *Palaeophycus* subordinado (Figuras 29 e 30). Essas ocorrências são muito esparsas e se caracterizam pelo baixo a moderado índice de bioturbação (BI2-4, senso Taylor & Goldring 1993), pela baixa icnodiversidade e pelo tamanho bastante reduzido das escavações (até 5 mm de diâmetro). Está bem representada na região de Coxilha do Tabuleiro (Figura 29), mas ocorre também nos afloramentos da Fazenda dos Mudinhos, da Fazenda Querência e na região de Mariana Pimentel. Na região de São Gabriel, os siltitos contêm fósseis de braquiópodes articulados e



inarticulados, pelecípodes, dentes e escamas de peixes de águas salobras, escolecodontes marinhos, insetos e fragmentos vegetais.

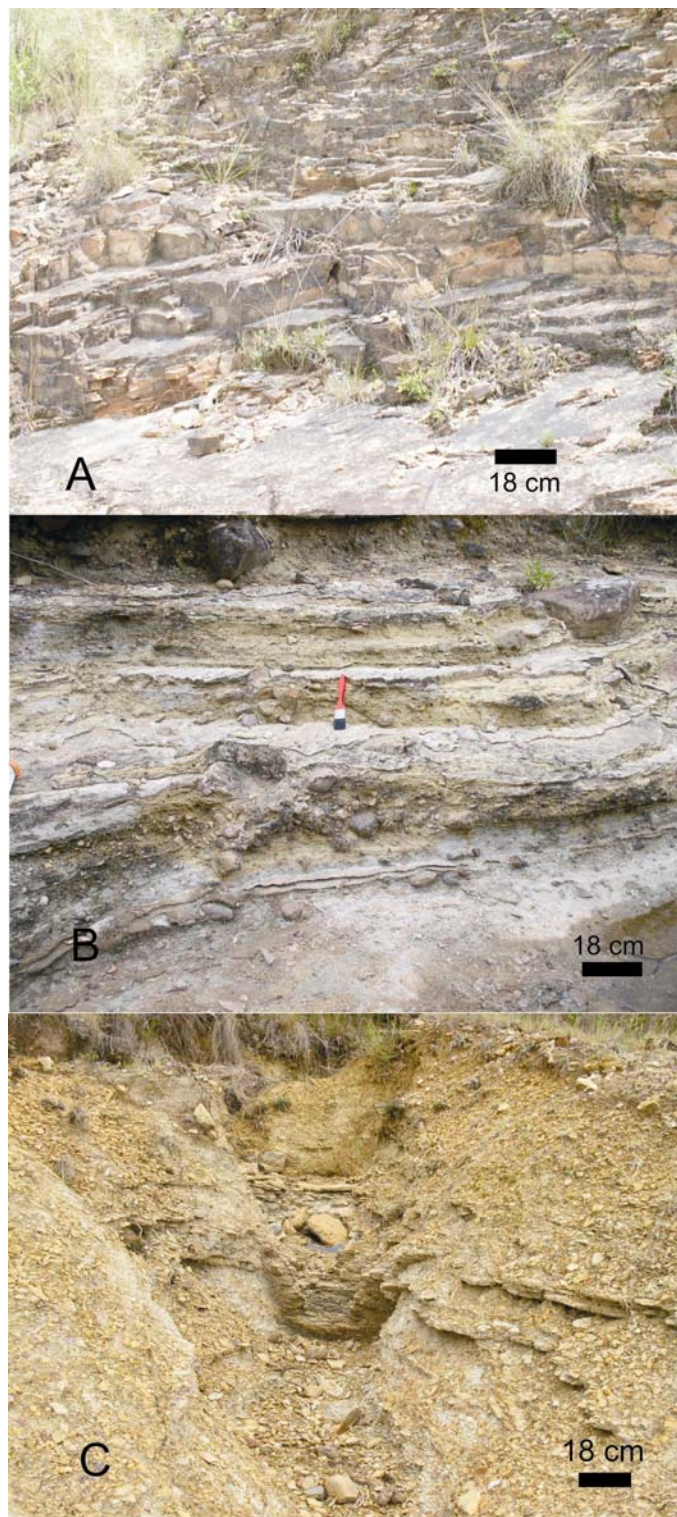


Figura 28 - Fácies de depósitos heterolíticos. A. Heterolitos do tipo A, associados com arenitos finos amalgamados, evidenciando uma tendência bidirecional das camadas. B. Heterolitos do tipo B, intercalados com diamictitos. C. Heterolitos do tipo C, assentados sobre diamictitos.



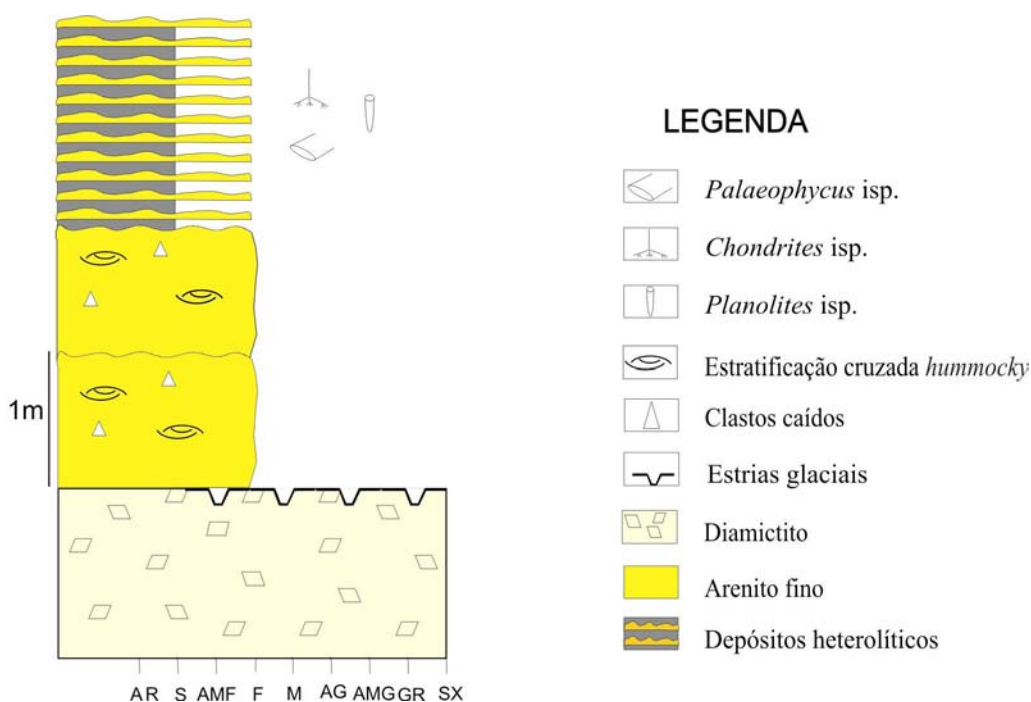


Figura 29 - Representação esquemática do empilhamento dos depósitos do Grupo Itararé aflorantes a SSE de São Gabriel (RS), na região de Coxilha do Tabuleiro.

Assenta-se diretamente sobre arenitos finos amalgamados (Coxilha do Tabuleiro) ou sobre diamictitos (Fazenda dos Mudinhos), com os quais aparece intercalada na Fazenda Querência.

Três tipos de depósitos heterolíticos foram observados, de acordo com a maior participação de arenito nos depósitos e com o índice de bioturbação: (i) heterolitos do tipo A, contendo uma significativa participação de areias finas, formando camadas entre 7 e 15 cm, alternados com capas milimétricas de siltitos e possuindo BI2 (Figura 28A); (ii) heterolitos do tipo B, onde a participação das areias ainda é significativa, mas as camadas são pouco espessas, raramente ultrapassando 7 cm, com BI2 (Figuras 28B e 30D); e (iii) heterolitos do tipo C, onde os siltitos são mais abundantes e há equivalência em espessura entre as camadas de ambas as litologias, além de um índice de bioturbação mais alto (BI3-4) (Figuras 28C e 30A-C). Os heterolitos do tipo B interdigitam-se com delgadas camadas de diamictitos, revelando o caráter mais proximal dos depósitos heterolíticos com dominância de arenitos (tipos A e B). Essa pode ser a razão da existência de um índice de bioturbação mais baixo nesses depósitos.

Silveira (2000) reconheceu fácies equivalente à fácies de depósitos heterolíticos na região de Mariana Pimentel, denominando-a de fácies de pelitos com *wavy-linsen* e

associando seus depósitos a eventos de tempestades. Balistieri (2003) e Balistieri & Netto (2002) reconheceram fácies semelhante nos depósitos do Grupo Itararé aflorantes na região de Mafra, interpretados como depósitos transgressivos, de água salobra, em contexto marginal-marinho. Em Mafra, icnofábricas de *Thalassinoides* e de *Rhizocorallium* complementam a assembléia icnofossilífera, além de *Planolites*, *Chondrites* e *Paleophycus*. Apesar da maior icnodiversidade, o padrão de icnofábricas, o índice de bioturbação e o tamanho reduzido das escavações são equivalentes.

O padrão de icnofábricas revela colonização em ambiente subaquático, por organismos oportunistas capazes de suportar baixos níveis de disaerobia (Ekdale 1988, Bromley 1996, Pemberton *et al.* 2001). O tamanho reduzido dos espécimes pode ser decorrente da aclimatação desses organismos a ambientes com baixa oxigenação (Balistieri 2003). A presença de *Chondrites* sugere acúmulo dos depósitos em ambientes salinos, pelo menos salobro (Buatois *et al.* 2005). O conjunto de estruturas sedimentares e a relação com as demais fácies associadas sugerem deposição em ambiente dominado por ondas, com aporte significativo de água doce em ambiente marinho ou em ambientes sujeitos a inundações marinhas.

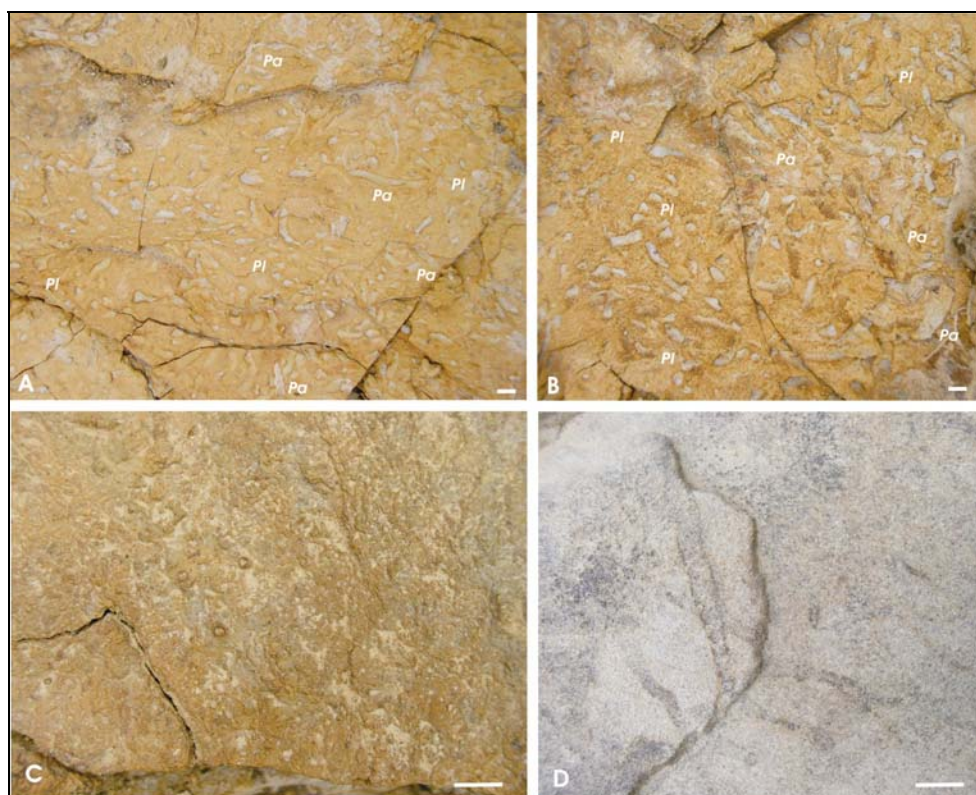


Figura 30 - Icnofábricas preservadas nos depósitos heterolíticos do Grupo Itararé aflorantes no RS. A, B. Icnofábrica de *Planolites* (Pl) com *Palaeophycus* (Pa) subordinado. C. Icnofábrica de *Chondrites*. D. Detalhe de icnofábrica de *Planolites* em arenitos finos com topos ondulados. Escala = 5 mm

### 5.3.4 – Fácies de arenitos com laminação cruzada cavalgante

Essa fácies é composta por arenitos finos com marcas onduladas assimétricas no topo e laminação cruzada cavalgante (Figura 31). As espessuras variam de 0,5 a 70 cm. A geometria das camadas é lenticular. É mais expressiva na região do cerro Manuel Prates, ocorrendo por sobre os depósitos de diamictitos e intercalada a camadas delgadas dessa litologia.

A morfologia das marcas de ondulação sugere ação de ondas. A intercalação desses arenitos com a fácies de diamictitos sugere retrabalhamento dos depósitos de degelo por ondas.



Figura 31 - Arenitos com laminação cruzada cavalgante contendo marcas onduladas assimétricas no topo. Escala = 15 cm.

### 5.3.5 – Fácies de arenitos finos amalgamados

Arenitos finos, amarelados, em geral amalgamados, localmente apresentando ou estratificação cruzada *hummocky* e acamadamento ondulado, ou estratificação cruzada sigmoidal. Formam camadas centimétricas (5 e 30 cm de espessura), organizadas em pacotes estratodecrescentes de 70 cm a 2 m de espessura (Figura 32). A geometria dos depósitos é lenticular e formas tipicamente lobadas podem ser observadas nos pacotes com estratificação



cruzada sigmoidal. Clastos caídos são comuns, principalmente grânulos, mas seixos facetados e angulosos podem estar presentes.

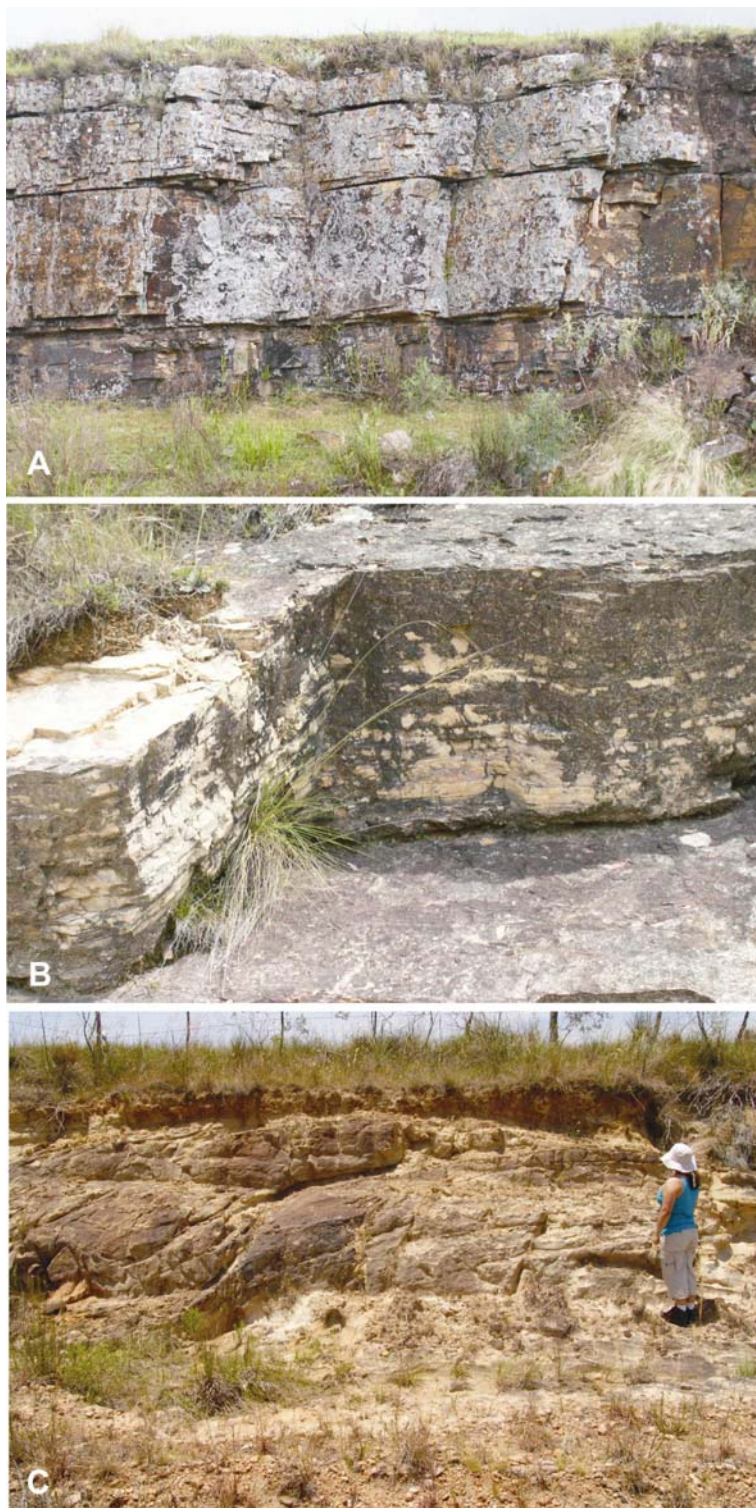


Figura 32 - Depósitos de arenitos finos amalgamados, aflorantes na Fazenda dos Mudinhos (A) na região de Coxilha do Tabuleiro (B) e nos arredores do cerro Manuel Prates (C). Escala= 1,50 m

Esta fácies ocorre no topo das sucessões aflorantes na Fazenda dos Mudinhos, nos arredores do cerro Manuel Prates e na região de Coxilha do Tabuleiro (Figuras 23, 24 e 29, respectivamente), assentando-se diretamente sobre a fácies de diamictitos. É estreitamente relacionada com a fácies de depósitos heterolíticos do tipo A, que se assenta sobre ela na região SSW do Estado.

Os arenitos com estratificação cruzada sigmoidal sugerem deposição por fluxos gravitacionais em ambiente subaquático, em regime de fluxo inferior, em frentes deltaicas (Walker & James 1992), enquanto que os arenitos com estratificação cruzada *hummocky* refletem retrabalhamento dessas areias por ondas de tempestade. A pouca espessura das camadas pode ser decorrente de alta frequência deposicional durante o ciclo de degelo. A associação entre essa fácies e os depósitos heterolíticos do tipo A sugere um posicionamento marinho raso para estes depósitos.

Apenas a fácies de depósitos heterolíticos foi observada por sobre estes arenitos, em afloramentos. Aparentemente, os ritmitos do Grupo Itararé no RS são capeados por essa fácies e não voltam a ocorrer no topo da sucessão, como observado por Balistieri (2003) na região de Mafra. Contudo, a presença de clastos caídos, em especial de seixos facetados e angulosos vincula esses depósitos ainda a um contexto de deglaciação.

### **5.3.6 – Fácies de diamictito**

Depósitos de paraconglomerado polimítico de cor cinza, matriz maciça, formada por siltito-arenito fino a médio, quartzo-feldspático, caracterizado por um arcabouço composto por grânulos (quartzo e feldspato), seixos e matacões (composição granítica, ígnea, sedimentar e metamórfica) subarredondados e subangulares, que atingem até 10 cm de diâmetro, podendo aparecer matacões com 1,5 m (Figura 33). As espessuras dos depósitos variam entre 1 e 3 m, podendo apresentar geometria lenticular. A presença de estrias nos diamictitos com clastos facetados e estriados permite uma vinculação à ação do gelo, que se deslocava em direção SN. Esta fácies ocorre na base e sobre os ritmitos A na sucessão aflorante na Fazenda dos Mudinhos (Figura 23), na base e intercalada por arenitos com laminação cruzada cavalgante nos arredores do cerro Manuel Prates (Figura 24) e somente na base dos depósitos da região de Coxilha do Tabuleiro (Figura 29).



Figura 33 - Fácies de diamictitos, destacando os clastos facetados e angulosos de diferentes tamanhos (A) e os pavimentos estriados (B).

Essa fácies foi reconhecida por Silveira (2000) na região de Mariana Pimentel como fácies de paraconglomerado. Esta caracterizaria depósitos transportados por suspensão em um meio no qual a turbulência fluida não controla o transporte e a deposição, e os clastos não possuem movimentação individual.

As superfícies estriadas foram geradas sobre substratos inconsolidados (*soft-sediment striated surfaces*). Tais tipos de estrias também ocorrem nos estratos permocarboníferos do Grupo Dwyka (bacia Karoo, África do Sul) (Savage 1972, Visser 1990). A recorrência das superfícies na vertical indica que estas foram produzidas penecontemporaneamente à sedimentação dos outros estratos, durante o avanço de geleiras de base aterrada (Rocha-Campos *et al.* 1999).

## 6. ASSINATURAS ICNOLÓGICAS PRESENTES NOS DEPÓSITOS GLACIOGÊNICOS PERMOCARBONÍFEROS DO RS

---

As assinaturas icnológicas são ferramentas muito úteis na reconstrução de paleoambientes. A análise da icnofauna no contexto da fácies que a contém fornece valiosas informações paleossinecológicas que os demais atributos (textura, estruturas, geometria, paleocorrentes e, na maioria das vezes, os fósseis copóreos) não são capazes de transmitir (Netto 2000). Dessa forma, a caracterização das assinaturas icnológicas de um dado depósito permite avaliar melhor os processos deposicionais envolvidos e favorece a uma delimitação mais precisa dos paleoambientes.

### 6.1 – Paleoicnocenoses e suítes

Segundo Bromley (1996), uma assembléia icnofossilífera é o conjunto completo de traços fósseis presentes numa unidade de rocha (camada, par de camadas ou camadas recorrentes intercaladas). As diferentes assembléias podem compor paleoicnocenoses, de acordo com seus vínculos faciológicos, estando estas organizadas em suítes, diferenciando-se as suítes quando as assembléias dentro de cada paleoicnocenose são diacrônicas (Keighley & Pickerill 2003). As assembléias icnofossilíferas do Grupo Itararé no RS compõem duas paleoicnocenoses distintas: (i) uma contendo trilhas de deslocamento de artrópodes e escavações rasas de artrópodes e de organismos vermiformes (Paleoicnocenose A), vinculada aos ritmitos; e (ii) outra reunindo exclusivamente escavações mais profundas (Paleoicnocenose B), vinculada à fácies de depósitos heterolíticos.

#### 6.1.1 – Paleoicnocenose A

Quatro suítes distintas são observadas na Paleoicnocenose A: (i) uma mais antiga, contando abundantes trilhas de artrópodes do tipo *Maculichna varia*, *Protichnites* isp., *Diplichnites gouldi* e *Diplopodichnus biformis*, com *Kouphichnium* isp. subordinado, vinculada aos ritmitos do tipo A (suíte **MP**); (ii) outra composta por *Helmithoidichnites tenuis* e *Treptichnus pollardi*, com *Nereites* isp. e *Tonganoxichnus itararensis* n. isp. subordinados,



vinculada com os ritmitos do tipo B (suíte **HT**); (iii) a terceira contém *Cruziana problematica*, *C. intermittens* n. isp., *Rusophycus carbonarius* e *Gluckstadtella cooperi*, com *H. tenuis* subordinado, estando vinculada aos ritmitos do tipo C (suíte **CR**); (iv) a quarta é monoespecífica para *Diplichnites gouldi* e está preservada nas mesmas superfícies da suíte CR, em palimpsesto (suíte **Dg**).

#### 6.1.1.1 – Suíte MP

Caracteriza-se pela presença exclusiva de trilhas de artrópodes epibênticos, pelo tamanho diminuto dos espécimes e pela maior abundância e icnodiversidade, quando comparados às demais suítes.

*M. varia* é a icnoespécie mais abundante nos sedimentitos glaciogênicos do Rio Grande do Sul, e, conseqüentemente, o principal componente da suíte **MP**. Merostomados xifosurídeos são os artrópodes com características anatômicas mais próximas das inferidas por Anderson (1975) e eram comuns nos bentos rasos e em depósitos marginais marinhos no Paleozóico Superior. *Protichnites* isp. também é bastante comum nos estratos do Grupo Itararé no RS, sendo a forma preservacional contendo sulco único mediano a mais abundante. A exemplo de *M. varia*, esta forma preservacional está presente também nos ritmitos do Grupo Dwyka (equivalente cronoestratigráfico do Grupo Itararé na bacia do Karoo, sul da África) (Savage 1971).

A semelhança morfológica entre a forma preservacional dominante de *Protichnites* isp. e *M. varia* nos depósitos estudados leva a especular sobre serem variações preservacionais distintas do deslocamento de um mesmo produtor, provavelmente um xifosurídeo. Além delas, a suíte **MP** contém também *Kouphichnium* isp. *Kouphichnium* isp. também ocorre nos depósitos da Série Dwyka e as três trilhas foram registradas em depósitos glaciais da bacia de Paganzo (Argentina) (Aceñolaza & Buatois 1993). A ocorrência dessas três trilhas em paleoicnocenos de depósitos considerados cronoequivalentes sugere a existência de uma paleoartropodofauna residente dominada por merostomados – possivelmente xifosurídeos – nas regiões de acúmulo dos depósitos de ritmitos do tipo A.

A preservação de subimpressões pouco profundas em epiirrelevo sugere pouca ou nenhuma erosão do substrato, o que sugere deposição por correntes de turbidez (Goldring & Seilacher 1971). Experimentos realizados por Johnson *et al.* (1994) e Paz *et al.* (2002) mostraram que a consistência e a plasticidade do substrato são os principais fatores que interferem no potencial de preservação de trilhas de artrópodes. Quanto mais fino e menos

encharcado o substrato, maior o potencial de preservação das trilhas. Esse tipo de preservação, comum na suíte **MP** e observado especialmente em exemplares de *M. varia* e de *Protichnites* isp., reflete um substrato úmido, ou exposto ao ar atmosférico ou recoberto por uma pequena lâmina d'água, durante a produção das trilhas. Essa inferência é reforçada pela presença comum – e monoespecífica em alguns estratos – de *Diplopodichnus biformis*, inclusive com preservação epiestratal. *D. biformis* é uma trilha substrato-controlada, gerada pelo deslocamento de miriápodes em ambientes úmidos a levemente empapados (Johnson *et al.* 1994, Keighley & Pickerill 1996, Buatois *et al.* 1998a, 1998b, Draganits *et al.* 2001, Balistieri *et al.* 2002, Balistieri 2003).

Segundo Seilacher (2003), a preservação de subimpressões é altamente favorecida pela presença de esteiras microbianas na superfície dos substratos que as contêm. Quando gerados em corpos d'água efêmeros e muito rasos, mantêm o substrato úmido mesmo após a evaporação da água, em exposição subaérea. Estas esteiras servem como fonte de alimento para organismos detritívoros e pastadores de algas. Além disso, conferem uma certa resistência à superfície do substrato, por gerar uma película coriácea que envolve os grãos do sedimento na rede orgânica formada pelas esteiras.

Marcas de enrugamento (*wrinkle marks*) são comuns nos ritmitos do tipo A, em geral associadas com as trilhas. Elas representam feições mecânicas geradas pela movimentação de esteiras microbianas (Hagadorn & Bottjer 1997, Noffke *et al.* 2001a). Estas esteiras são relativamente comuns em ambientes modernos onde as condições extremas da maré impedem a colonização do substrato por metazoários (Noffke *et al.* 2001a). Contudo, marcas de enrugamento são registradas em diferentes paleoambientes no Proterozóico superior, não estando exclusivamente vinculadas a ambientes influenciados por marés (Hagadorn & Bottjer 1997). De acordo com a Teoria da Revolução Agronômica (Seilacher & Plüfger 1994), a presença incipiente de metazoários endobiontes no Proterozóico favoreceu o desenvolvimento extensivo das esteiras microbianas, sendo este desfavorecido no Fanerozóico, após a rápida diversificação desses metazoários na passagem Proterozóico-Fanerozóico.

Situação semelhante à do Proterozóico superior tem sido observada em depósitos permocarboníferos do Gondwana, tanto no Grupo Itararé (Nogueira & Netto 2001a, 2001b, Balistieri 2003) quanto em depósitos da Formación Santa Elena (Buatois *et al.* 2002). As condições climáticas extremas, com temperaturas glaciais, e a presença extensiva de capas de gelo seriam elementos restritivos à colonização de substratos por metazoários endobiontes. Tais condições favoreceriam ao desenvolvimento de extensas esteiras microbianas nos

períodos de degelo, que serviam como base da cadeia alimentar, abrindo a janela de colonização (*colonization window*, senso Pollard *et al.* 1993) para pastadores e detritívoros.

Há que destacar também a presença de *Diplichnites gouldi* e de *Diplopodichnus biformis* na suíte **MP**. Ambas são trilhas atribuídas a miriápodes (Braddy 1947, Buatois *et al.* 1998a, Draganits *et al.* 2001, Balistieri *et al.* 2002), organismos exclusivamente terrestres desde sua mais remota origem. *D. biformis* e *D. gouldi* são morfologias substrato-controladas, sendo a primeira gerada em substratos empapados de água e a segunda em substratos mais secos a levemente úmidos (Johnson *et al.*, 1994). Em alguns espécimes as morfologias transicionam de uma icnoespécie à outra, sendo difícil separá-las por vezes (Gevers *et al.* 1971). O padrão duplicado observado nas impressões podiais de alguns espécimes analisados e sua associação com marcas de enrugamento sugerem trilhas de diplópodes (dois pares de patas por segmento do corpo), miriápodes de hábito herbívoro e pastadores em detritos vegetais e de esteiras microbianas (Shrock & Twenhofel 1953, Barnes 1985, Clarkson 1996).

Em depósitos permocarboníferos e permianos, *D. gouldi* e *D. biformis* são comuns em assembléias não-marinhas (Braddy 1947, Buatois *et al.* 1998a, Balistieri, 2003), bem como fósseis corpóreos de xifosurídeos. Contudo, apesar de serem comumente interpretados como de água doce nesse intervalo de tempo, os xifosurídeos sempre foram organismos de hábito marinho raso e costeiro (Goldring & Seilacher 1971). A presença dominante de trilhas de xifosurídeos na suíte **MP** aliadas a trilhas de diplópodes e a ausência de escavações de organismos endobênticos sugere que os ritmitos do tipo A tenham se depositado em uma planície lamosa marginal a um corpo d'água costeiro, periodicamente inundada nos ciclos de degelo. A água de degelo se acumularia nos baixios dessa planície, formando depósitos subaquáticos muito rasos sujeitos a ingressões marinhas, que secavam ao final de cada ciclo, expondo os substratos úmidos ao ar atmosférico. A ocorrência de uma asa de inseto fossilizada em estrato contendo exemplares de *Protichnites* isp. reforça essa interpretação. Interpretação semelhante foi assumida por Balistieri (2003) para os ritmitos do Grupo Itararé na região de Mafra (SC).

#### 6.1.1.2 – Suíte **HT**

À exceção de *T. itararensis*, as demais icnoespécies presentes na suíte **HT** caracterizam escavações rasas de organismos vermiformes. A icnodiversidade é baixa e registra-se um baixo número de espécimes, de modo geral. *T. pollardi* e *Nereites* isp. são escavações de alimentação de organismos detritívoros seletivos e *H. tenuis* representa traços de pastagem.

Apenas *T. itararensis* não caracteriza uma escavação, sendo uma impressão de repouso de um inseto apterigoto ou de hexápodos proturos ou dipluros.

A dominância de escavações rasas horizontalizadas de organismos vermiformes, o baixo percentual de bioturbação e o tamanho reduzido dos espécimes são características de assembléias de ambientes límnicos subaquáticos, como corpos lacustres e baixios inundados em planícies de inundação e em depósitos aluviais (Buatois *et al.* 2002). Contudo, segundo Buatois & Mángano (1993b), a icnodiversidade dos ambientes límnicos subaquáticos é moderada, característica não observada na Icnocenose A.

Icnodiversidade baixa é, por outro lado, uma característica forte em ambientes salobros (Buatois *et al.* 2005) e pode ocorrer em ambientes afetados por significativo estresse ambiental (Balistieri 2003). O contexto climático gacial que condiona a deposição do Grupo Itararé não deixa dúvidas sobre a existência de condições ambientais estressantes. A partir de uma dada profundidade, as temperaturas tendem a se manter estáveis no fundo de corpos aquáticos mesmo em altas latitudes, não baixando de 4°C. Contudo, quanto mais raso o corpo d'água, mais baixa é a temperatura junto ao fundo, afetando diretamente a biota. Assim, a baixa icnodiversidade da suíte **HT** pode ser conseqüência da pouca profundidade dos corpos d'água onde se desenvolveu. A presença de impressão de repouso de inseto não-aquático (*T. itararensis* n. isp.), por sua vez, revela a pequena espessura de lâmina d'água nesses corpos ou a redução significativa da mesma por evaporação, permitindo a esporádica colonização do substrato por organismos de hábito terrestre.

A sazonalidade dos corpos d'água doce e a disponibilidade de nutrientes, respectivamente mais volumosos e maior durante os períodos de degelo, também são fatores de estresse em ambientes periglaciais, cujos ciclos de degelo são anuais. Segundo Balistieri (2003), contudo, cada par silte-argila dos ritmitos icnofossilíferos do Grupo Itararé na região de Mafra caracteriza um ciclo de degelo a cada 18 a 25 anos, não correspondendo, pois, a uma sazonalidade estacional, o que minimizaria a ação desse tipo de estresse.

A presença de *Nereites* isp. na suíte **HT** também deve ser considerada nessa discussão. *Nereites* é um icnogênero estenohalino, registrando-se exclusivamente em ambientes marinhos profundos a partir do Mesozóico. No Paleozóico, contudo, ocorre em zonas mais rasas, possuindo registro em depósitos de planícies de marés (Pemberton *et al.* 2001, Buatois *et al.* 2005). Não há, até o momento, registro para *Nereites* em ambientes de água doce (A. Uchman, comunicação pessoal). Sua ocorrência na suíte **HT** advoga por uma situação pelo menos marginal marinha dos corpos d'água que continham a comunidade produtora, sujeitos a sofrerem ingressões marinhas ou talvez afetados pela maré. Flutuações de salinidade são

fenômenos extremamente estressantes (Buatois *et al.* 2005) e podem ter se somado às baixas temperaturas, acentuando o estresse ecológico observado na suíte **HT**.

A julgar pela suíte **HT**, os ritmitos do tipo B aflorantes na região de Cachoeira do Sul caracterizam depósitos de planícies associadas a um sistema marginal marinho, que eram inundadas durante períodos de degelo e formavam pequenos lagos efêmeros de água doce, localmente afetados por ingressões marinhas. Terminado o período de degelo, essas planícies secavam, preservando em poucos locais corpos d'água muito rasos, que supriam a condição de umidade necessária para a ocupação das áreas expostas por organismos de hábito terrestre.

Apesar de possuírem icnofauna diferenciada, as assinaturas icnológicas dos ritmitos do tipo A e B apontam para um contexto deposicional semelhante. Enquanto os ritmitos do tipo A caracterizam depósitos mais proximais em zonas marginais marinhas, sujeitos a oscilações na lâmina d'água e flutuações de salinidade, os ritmitos do tipo B caracterizam corpos d'água mais perenes, onde a atividade endobêntica é mais favorecida, e menos influenciados pela cunha salina.

#### **6.1.1.3 – Suíte CR**

Caracteriza-se, pela dominância de pistas epiestratais rasas e impressões de repouso de artrópodes trilobitomorfos ou de anatomia e/ou biomecânica similar, produzidas logo abaixo ou junto à interface água/sedimento. O tamanho diminuto dos espécimes também é uma característica marcante aqui, como nas demais suítes. *Cruziana intermittens* n. isp. e *Rusophycus carbonarius* são as icnoespécies dominantes, com *Cruziana problematica*, *Gluckstadtella cooperi* e *Helminthoidichnites tenuis* subordinados. Ocorre vinculada aos ritmitos do tipo C.

Ao que tudo indica, *C. intermittens* n. isp., *R. carbonarius* e *G. cooperi* são estruturas geradas por um mesmo produtor – possivelmente crustáceos sincarídeos, pericarídeos ou isópodes – onde *C. intermittens* seria a estrutura de deslocamento intraestratal, *R. carbonarius*, um traço de repouso temporário ou fugaz, durante a atividade de deslocamento, e *G. cooperi* representaria a atividade de repouso estacionário.

A alternância rítmica de siltitos e argilitos, característica dos ritmitos do tipo C é comumente observada em depósitos distais gerados por fluxos gravitacionais ou em depósitos proximais em ambientes com ação de marés. Contudo, estruturas típicas de depósitos de marés estão ausentes e dominam icnofósseis mais freqüentemente registrados em ambientes

de água doce. A dominância de estruturas produzidas por crustáceos sugere colonização de substratos subaquáticos.

#### 6.1.1.4 – *Suíte Dg*

Formada exclusivamente por *Diplichnites gouldi*, a suíte **Dg** ocorre nos ritmitos do tipo C, superposta à suíte CR, como palimpsesto. Marcas de enrugamento são comuns nas superfícies que contêm essas suítes.

A presença exclusiva de trilhas de miriápodes na suíte e sua associação com marcas de enrugamento sugerem depósitos rasos, em planícies lamosas, que secam periodicamente. A exemplo do observado nos ritmitos do tipo A, as esteiras microbianas retêm a umidade junto ao substrato exposto, evitando seu gretamento e mantendo a plasticidade do sedimento, que preserva as delicadas trilhas como subimpressões. Diferentemente do ritmito do tipo A, contudo, as assinaturas icnológicas impressas pelas suítes **CR** e **Dg** nos ritmitos do tipo C apontam para um corpo de água doce, situado em regiões mais continentais no sistema deposicional.

#### 6.1.2 – **Paleoicnocenose B**

Formada por uma icnofábrica composta, gerada por escavações do tipo *Chondrites* isp. e *Planolites* isp. em níveis intermediários do substrato, e do tipo *Palaeophycus* isp. em níveis mais superficiais. Vincula-se à fácies de depósitos heterolíticos. Apresenta baixa icnodiversidade, com dominância de estruturas de alimentação de quimiossimbiontes e detritívoros. O padrão da icnofábrica revela colonização em ambiente subaquático perene, feita por organismos oportunistas capazes de suportar baixos níveis de disaerobia (Ekdale 1988, Bromley 1996, Pemberton *et al.* 2001). O tamanho reduzido dos espécimes pode ser decorrente da aclimação desses organismos a ambientes com baixa oxigenação (Balistieri 2003). A presença de *Chondrites* isp. sugere acúmulo dos depósitos em ambientes salinos, pelo menos salobro (Buatois *et al.* 2005).

Balistieri (2003) e Balistieri & Netto (2002) reconheceram assinatura icnológica semelhante em depósitos do Grupo Itararé em Mafra (SC), interpretado-os como transgressivos, de água salobra, em contexto marginal-marinho.

## 6.2 – Icnofácies

O contexto das paleoicnocenoses A e B e seus vínculos faciológicos sugerem representar, respectivamente, uma Icnofácies *Scoyenia* atípica e uma Icnofácies *Cruziana* empobrecida.

A Icnofácies *Scoyenia* reúne predominantemente escavações horizontalizadas de preenchimento meniscado (icnogêneros *Scoyenia*, *Taenidium* e *Beaconites*) e escavações verticais simples (*Skolithos*, *Arenicolites*) de invertebrados, trilhas e pegadas de vertebrados e rizobioturbação, geradas em depósitos de planícies de inundação (Bromley, 1996, Pemberton *et al.* 2001, Netto 2000, Buatois *et al.* 2002). Apesar de não comporem a icnofácies em seu modelo original, trilhas de deslocamento de artrópodes têm sido registradas em depósitos contendo elementos típicos da Icnofácies *Scoyenia* (Bromley & Asgaard 1979, Netto, no prelo).

O baixo potencial de preservação das trilhas de artrópodes, de um modo geral, talvez seja o fator responsável pela ausência dessas trilhas na maioria dos depósitos contendo Icnofácies *Scoyenia* típica. A preservação de trilhas tão delicadas requer condições específicas, como aquelas apresentadas por Goldring & Seilacher (1971) e por Johnson *et al.* (1994), já discutidas anteriormente. Tais condições – manutenção da umidade do substrato para que seja plástico o suficiente para preservar as subimpressões – nem sempre estão presentes em planícies de inundação. Estas tendem a secar rapidamente e a ausência de salinidade não estimula a formação esteiras microbianas, que evitariam a dessecação do substrato. Esse baixo potencial de preservação já foi motivo de ampla discussão (Frey & Pemberton 1987, Pemberton *et al.* 1992, Grangeiro 2002, Grangeiro & Netto 2003) quando da caracterização da Icnofácies *Psilonichnus*. Trilhas de artrópodes são estruturas comuns nos depósitos costeiros modernos onde esta icnofácies se estabelece, mas, ao perder a umidade pela exposição ao sol, as areias finas do substrato são retrabalhadas pelo vento, que as apaga, anulando qualquer chance de preservação.

Trilhas de artrópodes têm sido registradas com frequência em depósitos não marinhos, em geral em zonas de planícies de inundação, em margens de corpos lacustres ou associados a lagos rasos efêmeros (Gibbard & Dreimanis 1978, Archer & Maples 1984, Bromley & Asgaard 1991, Aceñolzada & Buatois 1993, Buatois & Mángano 1993a, 1993b, Buatois *et al.* 1998b, 2002), com destaque para *D. gouldi*. Buatois & Mángano (1993a, 1993b) inseriram, tentativamente, a assembléia icnofossilífera dominada por trilhas de artrópodes ocorrentes em depósitos glaciais permocarboníferos do NW da Argentina (bacia de Paganzo) na Icnofácies



Scoyenia. Tal assembléia é equivalente, em composição, à suíte **MP** da Paleocenose A. Segundo os autores, a alta densidade de trilhas de artrópodes é um fator de destaque nas icnofaunas permocarboníferas gonduânicas, levando em conta as ocorrências similares no Brasil (Grupo Itararé), na África (Série Dwyka) e na Austrália. Contudo, a definição pela Icnofácies Scoyenia baseou-se principalmente na posição marginal dos depósitos contendo assembléias com alta concentração de trilhas em relação a outros dominados por escavações rasas horizontalizadas e de icnodiversidade moderada, próprios da Icnofácies Mermia, de corpos lacustres. Contudo, a maioria dos icnogêneros tipicamente registrados na Icnofácies Scoyenia encontra-se ausente.

A Icnofácies *Scoyenia* é típica de ambientes úmidos de baixa energia, com exposição subaérea e sujeito a inundações periódicas, em depósitos transicionais entre meios subaquáticos e essencialmente terrestres (Frey *et al.* 1984, Frey & Pemberton 1987, Pemberton *et al.* 1992, Buatois & Mángano 2002, Buatois *et al.* 2002). De acordo com o paradigma vigente, icnofácies são entidades recorrentes no tempo e no espaço (Frey *et al.* 1990). A concentração da quase totalidade de assembléias icnofossilíferas equivalentes à Paleocenose A em depósitos gonduânicos e sua restrição ao intervalo permocarbonífero inibem a proposição de uma icnofácies específica. Em geral estão relacionadas a planícies de inundação, lateralmente dispostas a corpos d'água mais perenes, situação ambiental onde normalmente se desenvolve a Icnofácies Scoyenia. Contudo, a ausência dos icnogêneros típicos da icnofácies lhe confere um caráter totalmente atípico. A ausência de vertebrados terrestres e de rizobioturbação são, indubitavelmente, consequência das temperaturas glaciais. Os vertebrados terrestres vivos na época eram todos pecilotérmicos (répteis e anfíbios) e a baixa umidade relativa do ar, característica comum em habitats de clima glacial, desfavoreceria o desenvolvimento extensivo da vegetação, dominada, na época, por plantas higrófilas. A ausência de escavações feitas por organismos edáficos ou endobênticos deve-se, provavelmente, à falta de comida no interior do substrato, já que a maioria dos escavadores dessa icnofácies são detritívoros. O desenvolvimento de esteiras microbianas supriria nutrientes para os pastadores epibênticos, preservando a umidade do substrato, evitando sua dessecação e imprimindo os pódios dos pastadores nas suas camadas mais superiores.

A dominância de trilhas de xifosurídeos na suíte **MP** e a presença de *Nereites* isp. na suíte **HT** colocam os depósitos contendo a Paleocenose A em zonas marginais marinhas, que eram inundadas durante períodos de degelo e formavam pequenos lagos efêmeros de água doce, localmente afetados por ingressões marinhas. Terminado o período de degelo, essas planícies secavam, preservando em poucos locais corpos d'água muito rasos, que supriam a

condição de umidade necessária para a ocupação das áreas expostas por organismos de hábito terrestre.

A ausência de trilhas de artrópodes – e, em especial, de miriápodes – nos ritmitos do tipo B e a dominância de escavações de organismos vermiformes de *tier* raso sugerem deposição desses ritmitos em ambiente permanentemente subaquático.

A Icnofácies Cruziana empobrecida é uma variação de baixíssima icnodiversidade da típica Icnofácies Cruziana, normalmente vinculada a depósitos heterolíticos gerados em águas salobras. Ocorre em estuários, lagunas e associada a frentes deltaicas, variando sua composição e icnodiversidade de acordo com o estresse ambiental gerado pelas flutuações de salinidade (Netto 2000, Pemberton *et al.* 2001). É composta exclusivamente por icnogêneros de organismos generalistas tróficos, fácies-independentes e habitantes de *tiers* intermediários a mais profundos, sendo *Chondrites*, *Cylindrichnus*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Rhizocorallium*, *Taenidium*, *Teichnichnus* e *Thalassinoides* os icnogêneros mais comuns (Buatois *et al.* 2005). Quanto maior a lâmina d'água (lagunas, baías estuarinas), menos extremas são as flutuações de salinidade junto ao fundo, permitindo o desenvolvimento de uma assembléia icnofossilífera mais estável. Quanto menor a circulação de correntes e/ou ondas junto o fundo, maior o grau de disaerobia do substrato, favorecendo a colonização apenas por organismos aptos a viver em ambientes pouco oxigenados. Nesse caso, *Chondrites* e *Planolites* serão os icnogêneros dominantes (Bromley & Ekdale 1984, Wignall 1991).

Assim, a Paleoicnocenose B representa depósitos salobros perenes, pouco oxigenados, de lâmina d'água mais espessa. Essa assinatura icnológica, somada às anteriores, sugere que os depósitos heterolíticos do Grupo Itararé no RS tenham se formado em baías estuarinas, já que fiordes são feições comuns mais comuns em ambientes glaciais que lagunas.

Assinaturas icnológicas equivalentes às expressas pelas paleoicnocenoses A e B também foram observadas por Balistieri (2003) nos depósitos heterolíticos do Grupo Itararé em Mafra (SC). Tais assinaturas permitiram à autora interpretar deposição em um sistema estuarino formado em fiordes, onde os ritmitos dominados por trilhas de artrópodes representariam a deposição em planícies lamosas marginais a esse sistema, sujeitas a ingressões marinhas. Os ritmitos dominados por escavações rasas horizontalizadas representariam corpos de água doce muito rasos, mais perenes, formados em baixios dessas planícies, em zonas mais proximais. Os heterolitos portadores de icnofauna indicadora de ambientes salobros caracterizariam depósitos distais desse fiorde, permanentemente influenciados pelo mar, próximos à desembocadura do estuário.

Os depósitos do Grupo Itararé no RS não permitiram a execução de um mapeamento faciológico tão extensivo como o efetuado por Balistieri (2003). Contudo, foi possível diagnosticar assinaturas icnológicas equivalentes, o que pode sugerir um sistema deposicional semelhante. Os ritmitos do tipo B se concentrariam na região mais proximal, os ritmitos dos tipos A e B se desenvolveriam nas planícies laterais ao corpo d'água e os depósitos heterolíticos próximo à desembocadura deste, junto ao mar, em águas salobras. A presença de fósseis de organismos estenohalinos em afloramentos próximos e em depósitos associados à fácies de depósitos heterolíticos reforça esse posicionamento. Estudos faciológicos de maior detalhe e uma análise estratigráfica integrada devem, contudo, calibrar melhor essa interpretação.

### 6.3 – Idades

De um modo geral, icnofósseis não são bons datadores, já que a maioria dos icnotáxons possui uma amplitude temporal bastante grande (Netto 2000). Contudo, em alguns casos específicos a icnofauna tem sido fator decisivo na determinação das idades, como na passagem entre o Proterozóico e o Fanerozóico, onde *Treptichnus pedum* marca o início do Cambriano (Jensen *et al.* 2000), ou mesmo em rochas do Paleozóico inferior, onde as icnoespécies de *Arthropycus* sinalizam o Siliuriano e as de *Cruziana* contribuem para a bioestratigrafia do Devoniano (Buatois *et al.* 2002, Seilacher 2003).

A análise da icnofauna dos ritmitos do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul revelou alguns dados bioestratigráficos interessantes. Um terço dos icnotáxons presentes na Paleocenose A registra-se, em nível global, em depósitos não marinhos carboníferos, com especial ênfase no Carbonífero Superior (Pensilvaniano).

*Gluckstadtella cooperi* – componente da suíte **CR** – foi registrada originalmente em ritmitos periglaciais da Série Dwyka (bacia de Karoo, sul da África), assumidos como permocarboníferos. Datações mais recentes, feitas a partir de zircões obtidos em tufos vulcânicos presentes em depósitos do topo dessa série, revelaram uma idade Carbonífero Superior (Stollhofen *et al.* 2000). Além dos registros sul-africanos, *G. cooperi* ocorre nos depósitos do Grupo Itararé no Brasil, de idade permocarbonífera (Rodrigues & Iannuzzi 2001). *G. cooperi* também é registrada fora do âmbito do Gondwana, em ritmitos síltico-argilosos da Formação Pomquet, no leste do Canadá (Grupo Mabou, Cape Breton Island), também de idade Carbonífero (Keighley & Pickerill 2003).

O icnogênero *Maculichna* – presente na suíte **MP** – ocorre, até o momento, também na Série Dwyka (Anderson 1975), no Tonganoxie Sandstone (Indiana, USA, Archer & Maples 1984), no Grupo Itararé (no RS) e na bacia de Paganzo (NW Argentina, Aceñolaza & Buatois 1991, 1993, Buatois & Mángano 2003), os dois primeiros de idades Carbonífero Superior e os dois últimos considerados permocarboníferos. No RS, *Maculichna* está estreitamente relacionada a *Protichnites*, ocorrendo nos mesmos estratos, onde também se registrou uma asa fóssil de inseto, possivelmente pertencente à Fauna I de Rodrigues & Iannuzzi 2001(1999), de idade Carbonífero Superior.

Apesar da grande amplitude do icnogênero *Treptichnus* (Ediacarano ao ?Recente), *T. pollardi* tem sido registrada exclusivamente em depósitos do Carbonífero Superior da Argentina e dos Estados Unidos (Archer & Maples 1984, Aceñolaza & Buatois 1993, Buatois & Mángano 1993a, 1993b, Buatois *et al.* 1998b). Sua ocorrência nos depósitos de degelo do Grupo Itararé está sempre relacionada aos ritmitos mais basais, como a suíte **HG** de Balistieri (2003) e a suíte **HT**, aqui descrita. Por sobre esses ritmitos, ocorrem pelitos contendo braquiópodes fósseis de idade Carbonífero Superior, na região de Mafra (SC), e insetos fósseis da Fauna I de Rodrigues & Iannuzzi 2001(1999), também do Carbonífero Superior.

Das três icnoespécies previamente conhecidas de *Tonganoxichnus* no hemisfério norte, duas estão restritas ao Carbonífero Superior (*T. buildexensis*, *T. otawwensis*) e uma ocorre em depósitos permianos (*T. robledoensis*) (Mángano *et al.* 1997, 2001, Buatois *et al.* 1998b, Braddy & Briggs 2002, Lucas *et al.* 2004). A ocorrência de *T. itararensis* n. isp. na suíte **HT**, contendo *Treptichnus pollardi*, restringiria sua ocorrência ao Carbonífero Superior.

Acredita-se que esses elementos sejam suficientes para supor uma idade Carbonífero Superior para boa parte dos depósitos do Grupo Itararé aflorantes nas regiões centro e oeste do Estado onde a fácies de ritmitos foi diagnosticada.

## 7. CONCLUSÕES

---

A revisão da paleoicnofauna Grupo Itararé no RS revelou a presença de uma assembléia icnofossilífera composta por *Cruziana problematica*, *Diplichnites gouldi*, *Diplopodichnus biformis*, *Gluckstadtella cooperi*, *Helminthoidichnites tenuis*, *Kouphichnium isp.*, *Maculichna varia*, *Nereites isp.*, *Protichnites isp.*, *Rusophycus carbonarius*, *Treptichnus pollardi*, além de duas novas icnoespécies, *Cruziana intermittens* n. isp. e *Tonganoxichnus itararensis* n. isp., e

de icnofábricas de *Chondrites*, *Planolites* e *Palaeophycus* subordinado. Duas paleoicnocenoses distintas foram diagnosticadas nessa assembléia: uma contendo trilhas de deslocamento de artrópodes e escavações rasas de artrópodes e de organismos vermiformes (Paleoicnocenose A), vinculada aos ritmitos, e outra reunindo exclusivamente escavações mais profundas (Paleoicnocenose B), vinculada à fácies de depósitos heterolíticos.

Quatro suítes distintas são observadas na Paleoicnocenose A: (i) uma mais antiga, contendo abundantes trilhas de artrópodes do tipo *Maculichna varia*, *Protichnites* isp., *Diplichnites gouldi* e *Diplopodichnus biformis*, com *Kouphichnium* isp. subordinado, vinculada aos ritmitos do tipo A (suíte **MP**); (ii) outra composta por *Helmithoidichnites tenuis* e *Treptichnus pollardi*, com *Nereites* isp. e *Tonganoxichnus itararensis* n. isp. subordinados, vinculada com os ritmitos do tipo B (suíte **HT**); (iii) a terceira contém *Cruziana problematica*, *C. intermittens* n. isp., *Rusophycus carbonarius* e *Gluckstadtella cooperi*, com *H. tenuis* subordinado, estando vinculada aos ritmitos do tipo C (suíte **CR**); (iv) a quarta é monoespecífica para *Diplichnites gouldi* e está preservada nas mesmas superfícies da suíte CR, em palimpsesto (suíte **Dg**).

A presença dominante de trilhas de xifosurídeos na suíte **MP**, com trilhas de diplópodes e restos fósseis de insetos associados, e a ausência de escavações de organismos endobênticos sugerem deposição dos ritmitos do tipo A em planície lamosa marginal a corpo d'água costeiro, periodicamente inundada nos ciclos de degelo e sujeita a ingressões marinhas e à exposição subaérea do substrato, ao final de cada ciclo. A dominância de escavações rasas horizontalizadas de organismos vermiformes, o baixo percentual de bioturbação e o tamanho reduzido dos espécimes observado na suíte **HT** indicam uma assembléia límnic subaquática. A presença de impressão de repouso de inseto não-aquático (*T. itararensis* n. isp.) revela a pequena espessura da lâmina d'água ou a redução significativa da mesma por evaporação. A ocorrência de *Nereites* isp. sugere ingressões marinhas episódicas ou o avanço esporádico da cunha salina, pela ação da maré.

As assinaturas icnológicas dos ritmitos do tipo A e C permitem situá-los em um contexto marginal marinho, sendo os ritmitos do tipo A depósitos mais proximais, sujeitos a oscilações na lâmina d'água e flutuações de salinidade, enquanto os do tipo B caracterizam corpos d'água mais perenes menos influenciados pela cunha salina. A presença exclusiva de trilhas de miriápodes na suíte **Dg** e sua associação com marcas de enrugamento sugere depósitos rasos, em planícies lamosas, que secam periodicamente. As assinaturas icnológicas impressas pelas suítes **CR** e **Dg** nos ritmitos do tipo C apontam para um corpo de água doce, situado em regiões mais continentais no sistema deposicional.

O padrão de icnofábricas da Paleoicnogenese B indica colonização em ambiente subaquático perene, feita por organismos oportunistas capazes de suportar baixos níveis de disaerobia. A presença de *Chondrites* isp. sugere acúmulo dos depósitos em ambientes salinos (pelo menos salobro) e o vínculo com a fácies de depósitos heterolíticos sugerem depósitos transgressivos, em contexto marginal-marinho.

A análise paleoicnológica efetuada evidenciou no RS o mesmo contexto icnofaciológico observado nas rochas aflorantes do Grupo Itararé no centro-leste da bacia (região de Mafra, SC), com a Paleoicnogenese A representando uma Icnofácies Scoyenia atípica e a Paleoicnogenese B uma Icnofácies Cruziana empobrecida. As assinaturas icnológicas presentes nas rochas aflorantes no RS permitiram sugerir um sistema deposicional semelhante ao observado na região centro-leste da bacia, com os depósitos mais proximais situados na região de Cachoeira do Sul e os mais distais, na região ao sul de São Gabriel/sudoeste de Lavras do Sul. Os ritmitos do tipo B se concentrariam na região mais proximal, e os dos tipos A e C na mais distal, nas planícies laterais ao corpo d'água. Os depósitos heterolíticos e formariam na desembocadura do estuário, junto ao mar, em águas salobras.

A ocorrência de *Gluckstadtella cooperi*, *Maculichna varia*, *Treptichnus pollardi* e *Tonganoxichnus itararensis* n. isp. nos ritmitos permitem supor uma idade Carbonífero Superior para esses depósitos.

## 8. REFERÊNCIAS

---

- Ab`Saber , A. M 1948. Sequência de rochas glaciais e sub-glaciais dos arredores de Itu, São Paulo. *Mineração e metalurgia*, Rio de Janeiro, 13 (73): 43-45.
- Aceñolaza, F.G. & Buatois, L.A. 1991. Trazas fósiles del Paleozóico Superior continental argentino. *Ameghiniana*, 28(1-2):89-108.
- Aceñolaza, F.G. & Buatois, L.A. 1993. Nonmarine perigondwanic trace fossils from the Paleozoic of Argentina. *Ichnos*, 2:183-201.
- Aceñolaza, F.G. 1978. Trazas fósiles de la Formación Patquía en el Bordo Atravesado, Sierra de Famatina, La Rioja. *Acta Geologica Lilloana*, 15:19-29.
- Anderson, A.M. 1975. Turbidites and arthropod trackways in the Dwyka glacial deposits (Early Permian) of Southern Africa. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 78:265-273.
- Anderson, A.M. 1981. The *Umfolozia* arthropod trackways in the Permian Dwyka and Eccla Series of South Africa. *Journal of Paleontology*, 55:84-108.
- Archer, A.W. & Maples, C.G. 1984. Trace-fossil distribution across a marine-to-nonmarine gradient in the Pennsylvanian of southwestern Indiana. *Journal of Paleontology*, 58(2):448-466.
- Balistieri, P. & Netto, R.G. 2002. A *Glossifungites* suite in deposits of the Itararé Group (Upper Carboniferous-Lower Permian of Paraná Basin) at Mafra Region, North of Santa Catarina State, Brazil: Ichnotaxonomic, Palaeoecological and Stratigraphical Constraints. *Acta Geologica Leopoldensia*, 55:91-106.
- Balistieri, P.R.M.N., Netto, R.G., Lavina, E.L.C. 2002. Ichnofauna from the Upper Carboniferous-Lower Permian rhythmites from Mafra, Santa Catarina State, Brazil: Ichnotaxonomy. *Revista da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, 4:13-26.
- Balistieri, P.R.M.N. 2003. *Paleoicnologia da porção superior do Grupo Itararé na região de Mafra (SC): limitações paleoecológicas, paleoambientais e estratigráficas*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2 v., 128 p.+57 fig.
- Balistieri, P.R.M.N., Netto, R.G., Lavina, E.L.C. 2003. Ichnofauna de ritmitos do topo da Formação Mafra (Permocarbonífero da bacia do Paraná) em Rio Negro, Estado do Paraná. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, 9:131-139.
- Barnes, R.D. 1985. *Zoologia dos Invertebrados*. 4. ed., São Paulo, Roca, 1179 p.
- Bortoluzzi, C.A.; Piccoli, A.E.M.; Corrêa da Silva Z.C.; Cazzulo-Klepzig, M.; Dias-Fabricio, M.E.; Silva Filho, B.C. da; Guerra-Sommer, M.; Marques-Toigo, M.; Bossi, G. E.; Andreis, R.S. 1980. Estudo geológico da bacia carbonífera de Gravataí-Morungava, RS. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA**, 31. Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú: **SBG**, v.1, p.266-282.
- Bossi, G.E. & Piccoli, A.E. M. 1979. Interpretações Paleogeográficas na Bacia do Paraná, nordeste do Rio Grande do Sul: I-Grupo Itararé. In: **SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA**, Rio Claro. Atas 1: 157.
- Braddy, L.F. 1947. Invertebrate tracks from Cocconino sandstone of Northern Arizona. *Journal of Paleontology*, 21:466-472.
- Braddy, S.J. 1995. A new arthropod trackway and associated invertebrate ichnofauna from the Lower Permian Hueco Formation of the Robledo Mountains, Southern New México. In: Lucas, S.G. & Heckert, A.B. (eds.) Early Permian footprints and fácies. *New México Museum of Natural History and Science Bulletin*, 6:101-105.
- Braddy, S.J. & Briggs, D.E. 2002. New Lower Permian nonmarine arthropod trace fossils from New México and South Africa. *Journal of Paleontology*, 76(3):545-557.
- Bromley, R.G. & Asgaard, U. 1979. Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 28(1979):39-80.
- Bromley, R.G. & Ekdale, A.A. 1984. *Chondrites*: a trace fossil indicator of anoxia in sediments. *Science*, 224:872-874.
- Bromley, R.G. & Asgaard, U. 1991. Ichnofacies: a mixture of taphofacies and biofacie. *Lethaia* 24: 153-163.
- Bromley, R.G. 1996. *Trace fossils. Biology, taphonomy and applications*. Chapman & Hall, Londres, 361 p.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. 1993a. The ichnotaxonomic status of *Plangtichnus* and *Treptichnus*. *Ichnos*, 2:217-224.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. 1993b. Trace fossils from a Carboniferous turbiditic lake: implications for the recognition of additional nonmarine ichnofacies, *Ichnos*, 2:237-258.
- Buatois, L.A., Jalfin, G., Aceñolaza, F.G. 1997a. Permian nonmarine invertebrate trace fossils from Southern Patagônia, Argentina: ichnologic signatures of substrate consolidation and colonization sequences. *Journal of Paleontology*, 71(2):324-336.

- Buatois, L.A., Mángano, M.G., Maples, C.G., Lanier, W.P. 1997b. The paradox of nonmarine ichnofaunas in tidal rhythmites: integrating sedimentologic and ichnologic data from the Late Carboniferous of Eastern Kansas, USA. *Palaaios*, **12**:467-481
- Buatois, L.A., Mángano, M.G., Maples, C.G., Lanier, W.P. 1998a. Taxonomic reassessment of the ichnogenus *Beaconichnus* and additional examples from the Carboniferous of Kansas, USA. *Ichnos*, **5**:287-302.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G., Maples, C.G., Lanier, W.P. 1998b. Ichnology of an Upper Carboniferous fluvio-estuarine paleovalley: the Tonganoxie Sandstone, Buildex Quarry, Eastern Kansas, USA. *Journal of Paleontology*, **72**(1):152-180.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G., Maples, C.G., Lanier, W.P. 1998c. Allostratigraphic and sedimentologic applications of the trace fossils to the study of incised estuarine valleys: an example from the Virgilian Tonganoxie Sandstone Member of Eastern Kansas. *Current Research in Earth Sciences*, **241**:1-27.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G., Sylvester, Z. 2001. A diverse deep-marine ichnofauna from the Eocene Tarcau Sandstone of the Eastern Carpathians, Romania. *Ichnos*, **8**(1):23-62.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. 2002. Trace fossils from Carboniferous floodplain deposits in western Argentina: implications for ichnofacies models of continental environments. *Palaeoecology, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **183**:71-86.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G., Aceñolaza, F.G. 2002. *Trazas fósiles: señales de comportamiento en el registro estratigráfico*. Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Bahía Blanca, 382 p.
- Buatois, L.A. & Mángano, M.G. 2003. Caracterización icnológica y paleoambiental de la localidad tipo de *Orcheropterus atavus* Frenguelli, Huerta de Huachi, provincia de San Juan, Argentina. *Ameghiniana*, **40**(1):53-70.
- Buatois, L. A.; Gingras, M. K.; Maceachern, J.; Mángano, M. G.; Zonneveld, J. P.; Pemberton, S. G.; Netto, R. G.; Martin, A. 2005. Colonization of Brackish-Water Systems through Time: Evidence from the Trace-Fossil Record. *Palaaios*; **20**: 321 - 347.
- Buerlen, K. 1952. A idade geológica da Formação Anitápolis e considerações sobre *Oliveirania santa catharinae*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **24**(3): 273-279.
- Buerlen, K. & Martins, E.A. 1953. o Itararé do Rio Grande do Sul, o Escudo Rio Grandense. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **25**(4): 411-416.
- Buerlen, K.; Sena Sobrinho, M. & Martins, E.A. 1955. Formações Gondwânicas do Rio Grande do Sul. *Boletim do Museu Nacional*, **22**: 1-56.
- Carvalho, P. F. 1932. Reconhecimento Geológico no Estado do Rio Grande do Sul. *Boletim de Serviço Geológico e Mineralógico*, **66**: 1-73.
- Carvalho, P. F. 1936. Traços de vermes nos varvitos do rio Itabajahy, Santa Catarina. Rio de Janeiro, SGM, Notas Preliminares e estudos, n.3 1-2.
- Caster, K.E. 1938. A restudy of the tracks of *Paramphibius*. *Journal of Paleontology*, **12**:3-60.
- Chisholm, J.I. 1983. Xiphosurid traces, *Kouphichnium* aff. *variabilis* (Linck), from the Namurian Upper Haslingden Flags of Witworth, Lancashire. *Reports Institute of Geological Sciences*, **83**(10):37-44.
- Clarkson, E. N. K. 1996. *Invertebrate palaeontology and Evolution*. 3 ed. Chapman & Hall, 434 p.
- Corrêa da Silva, Z. C. 1978. Observações sobre o Grupo Tubarão no Rio Grande do Sul com Especial Destaque à Estratigrafia da Formação Itararé. *Pesquisas*, Porto Alegre, **9**:9-61.
- Crimes, T.P. 1975. The production and preservation of trilobite resting and furrowing traces. *Lethaia*, **8**:35-48.
- Crimes, T.P., Goldring, R., Homewood, P., van Stuijvenberg, J., Winler, W. 1981. Trace fossil assemblages of deep-sea fan deposits, Gurnigel and Schilieren flysch (Cretaceous-Eocene), Switzerland, *Eclogae Geologicae Helvetiae*, **74**:953-995.
- Crimes, T.P. & McCall, G.J.H. 1995. A diverse ichnofauna from Eocene-Miocene rocks of the Makran Range (S.E. Iran). *Ichnos*, **3**:231-258.
- D'Elboux, C.V. & Paiva, I.B. 1980. Bacia Residuais: proposição de uma nova unidade prospectiva uranífera no Escudo Sul-Rio-Grandense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. *Anais...* Camboriú, SBG, **4**:2437-2445.
- Delany, P.J.V. & Goñi, J. 1963. Correlação Preliminar entre as Formações Gondwânicas do Uruguai e Rio Grande do Sul. *Boletim Paranaense de Geografia*, **8**(9):1-21.
- Della Fávera, J.C.; Chaves, H.A.F.; Pereira, E.; Medeiros, M.A.M.; Câmara, L.M. 1994. Evolução Geológica da Sequência Permiana da Região de Candiota-RS-Brasil. *Acta Geológica Leopoldensia*, **39**/1(17):235-246.
- Dias-Fabricsio, M.E.; Guerra-Sommer, M.; Piccoli, A. E. 1984 registro de icnofósseis no Permiano Inferior do Rio Grande do Sul. IN: CONGRESSO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais*, Rio de Janeiro, SBG, V. 2: 1017



- Dias-Fabício, M.E.; Guerra-Sommer, M.; Piccoli A. E. 1985 Novos registro de icnocenoses em varvitos do grupo Itararé no Rio Grande do Sul, área de São Gabriel. IN: CONGRESSO BRASILEIRO PALEONTOLOGIA ,9, Fortaleza, 1985. *Anais*, Fortaleza , SBP : 42
- Dias-Fabício, M.E. & Guerra-Sommer, M. 1989. Síntese dos estudos icnológicos do Grupo Itararé no Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, **22**:71-88
- Dolianiti, E. 1945. Descoberta de Fósseis na Formação Maricá, Estado do Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, **9** (51): 110.
- Draganits, E., Braddy, S.J., Briggs, D.E.G. 2001. A Gondwanan coastal arthropod ichnofauna from the Muth Formation (Lower Devonian, Northern Índia): paleoenvironment and tracemaker behavior. *Palaios*, **16**:126-147.
- Eagar, R.M.C., Baines, J.G., Collinson, J.D., Hardy, P.G., Okolo, S.A., Pollard, J.E. 1985. Trace fossil assemblages and their occurrence in Silesian (Mid-Carboniferous) deltaic sediments of the central Pennine Basin, England. In: Curran, H.A. (ed.) *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, Tulsa, n. 35, p. 99-149.
- Ekdale, A.A. 1988. Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on trace fossil assemblages. *Palaios*, **3**:464-472.
- Elias, A.R.D. 1999. *Estratigrafia de Sequências e Proveniência das rochas eopermianas da Bacia do Paraná na região centro-oeste do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Leopoldo. Universidade do Vale do Rio dos Sinos). Dissertação de Mestrado, 2v.
- Elias, A.R.D., Garcia, A.J.V., Lavina, E.L. 2000. Arcabouço cronoestratigráfico da bacia do Paraná na região centro-oeste do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em geociências*, **27**(2):31-44.
- Fernandes, A.C.S., Carvalho, I.S., Netto, R.G. 1987. Comentários sobre os traços fósseis do paleolago de Itu, São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro, *Atas*, **1**:297-312.
- Fernandes, A.C.S., Borghi, L., Abreu, C.J., Carvalho, I.S. 2002. *Guia dos icnofósseis de invertebrados do Brasil*. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, 260 p.
- Fillion, D. & Pickerill, R.K. 1990. Ichnology of the Lower Ordovician Bell Island and Wabana Groups of eastern Newfoundland. *Palaontographica Canadiana*, **7**:1-119.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., Fagerstrom, J.A. 1984. Morphological, ethological and environmental significance of the ichnogenera *Scoyenia* and *Ancorichnus*. *Journal of Paleontology*, **58**:511-528.
- Frey, R.W. & Pemberton, S.G. 1987. The *Psilonichnus* ichnocoenose and its relationship to adjacent marine and nonmarine ichnocoenoses along the Georgia coast. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **35**:333-357.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., Saunders, T.D.A. 1990. Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship. *Journal of Paleontology*, **64**:155-158.
- Gaigalas, A. & Uchman, A. 2004. Trace fossils from Upper Pleistocene varved clays S of Kaunas, Lithuania. *Geologija*, **45**:16-26.
- Gevers, T. W.; Frakes, L. A.; Edwards, L. N. & Marzolf, J. E. 1971. Trace fossils in the Lower Beacon sediments (Devonian), Darwin Mountains, southern Victoria Land, Antarctica. *Journal of Paleontology*, **45**:81
- Geyer, G. & Uchman, A. 1995. Ichnofossil assemblages from the Nama Group (Neoproterozoic-Lower Cambrian) in Namibia and the Proterozoic-Cambrian boundary problem revisited. In: G. Geyer & E. Landing (eds.) Morocco '95. The Lower-Middle Cambrian standard of western Gondwana. *Beringeria*, Special Issue, **2**:175-202.
- Gibbard, P.L. & Dreimanis, A. 1978. Trace fossils from late Pleistocene glacial lake sediments in southwestern Ontario, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **15**:1967-1976.
- Glaessner, M.F. 1967. Palaeozoic arthropod trails from Australia. *Palaontologische Zeitschrift*, **31**:103-109.
- Goldring, R. & Seilacher, A. 1971. Limulid undertracks and their sedimentological implications. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologi, Abh.*, **137**(3):422-442.
- Gradzinski, R. & Uchman, A. 1994. Trace fossils from interdune deposits – an example from the Lower Triassic Aeolian Tumlin Sandstone, central Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **108**(1994):121-138.
- Grangeiro, M.E. 2002. *Estruturas biogênicas da área do canal de desembocadura da Lagoa do Peixe (Mostardas, RS): um modelo nálogo à Icnofácies Psilonichnus*. PPGeo, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Dissertação de Mestrado, 77 p.
- Grangeiro, M.E. & Netto, R.G. 2003. Icnofauna de depósitos costeiros modernos do sul do Brasil. *Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina*, **9**:109-118.
- Grimaldi, D. & Engel, M.S. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge Press, 772 p.
- Guerra-Sommer, M., Piccoli, A.E.M., Dias-Fabício, M.E. 1984. Icnofósseis em varvitos do Grupo Itararé, Permiano Inferior, Bacia do Paraná, RS, Brasil. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE PALEONTOLOGIA 3, México, 1984, *Memoria*, p. 130-139.

- Hagadorn, J.W. & Bottjer, D.J. 1997. Wrinkle structures: microbially mediated sedimentary structures common in subtidal siliciclastic settings at the Proterozoic-Phanerozoic transition. *Geology*, 25(11):1047-1050.
- Häntzschel, W. 1975. Trace fossil and problematica. In: C. Teichert (ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellanea*, Geological Survey of America and University of Kansas Press, Supplement 1, 269 p.
- Hasiotis, S.T. 2004. Reconnaissance of Upper Jurassic Morrison Formation ichnofossils, Rocky Mountain Region, USA: paleoenvironmental, stratigraphic, and paleoclimatic significance of terrestrial and freshwater ichnocoenosis. *Sedimentary Geology*, 167(2004):177-268.
- Hoffman, H.J. 1990. Computer simulation of trace fossils with random patterns and the use of goniograms. *Ichnos*, 1:15-22.
- Holz, M. & Dias-Flor, M.A. 1984. Análise Estratigráfica da Formação Rio Bonito (Palermo Inferior) na área de Cachoeira do Sul - RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais... Rio de Janeiro, SBG*. p. 993-1006.
- Holz, M. & Philipp, R.P. 1995 - Estratigrafia de Seqüências e Controle Tectônico: um exemplo na borda leste da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 5, Gramado, 1995. *Boletim de Resumos Expandidos...* Gramado, SBG. p.284-286.
- Holz, M. 1995. *Análise estratigráfica do intervalo gonduânico basal (Eo-Permiano) na região nordeste do Rio Grande do Sul - um exercício de estratigrafia*. Porto Alegre. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado, 2v.
- Jensen, S., Saylor, B.Z., Gehling, J.G., Germs, G.B. 2000. Complex trace fossils from the terminal Proterozoic of Namibia. *Geology*, 28(2):143-146.
- Johnson, E.W., Briggs, D.E.G., Suthren, R.J., Wright, J.L., Tunnicliff, S.P. 1994. Non-marine arthropod traces from the subaerial Ordovician Borrowdale Volcanic Group, English Lake District. *Geological Magazine*, 131:395-406.
- Keighley, D.G. & Pickerill, R.K. 1996. Small *Cruziana*, *Rusophycus*, and related ichnotaxa from eastern Canada: the nomenclatural debate and systematic ichnology. *Ichnos*, 4:261-285.
- Keighley, D.G. & Pickerill, R.K. 2003. Ichnocoenosis from the Carboniferous of eastern Canada and their implications for the recognition of ichnofacies in nonmarine strata. *Atlantic Geology*, 39:1-22.
- Kvale, E.P., Archer, A.W., Johnson, H.R. 1989. Daily, monthly and yearly tidal cycle within laminated siltstones of the Mansfield Formation (Pennsylvanian) of Indiana. *Geology*, 17:365-368.
- Labandeira, C.C. & Sepkoski, J.J. 1993. Insect diversity in the fossil record. *Science*, 261:310-315.
- Lange, F.W. 1944. Pistas Fósseis. Publicações Avulsas Paranaenses. 1 1-2
- Lange, F.W. 1954. Estratigrafia e idade geológica da Série Tubarão. *Arquivos do Museu Paranaense, Série Geologia*, 2: 1-22.
- Leinz, V. 1937. Estudos sobre a Glaciação Permo-Carbonífera do Sul do Brasil. *Boletim do Serviço de Fomento da Produção Mineral*, DNPM, Rio de Janeiro, 21:1-47.
- Lucas, S., Lerner, A.J., Bruner, M., Shipman, P. 2004. Middle Pennsylvanian ichnofuna from Eastern Oklahoma. *Ichnos*, 11:45-55.
- Machado, M.A.P. 1994. *O degelo final e seu registro geológico na borda Sudeste da Bacia do Paraná (Paleoval de Candiota - RS)*. Porto Alegre, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, 165p.
- MacNaughton, R.B. & Pickerill, R.K. 1995. Invertebrate ichnology of the nonmarine Lepreau Formation (Triassic), southern New Brunswick, eastern Canada. *Journal of Paleontology*, 69:160-171.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A., Maples, C.G., Lanier, W.P. 1997. *Tonganoxichnus*, a new insect trace from the Upper Carboniferous of eastern Kansas. *Lethaia*, 30:113-125.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A., West, R.R., Maples, C.G. 2000. A new species of *Nereites* from Carboniferous tidal-flat facies of eastern Kansas, USA – implications for the *Nereites-Neonereites* debate. *Journal of Paleontology*, 74:149-157.
- Mángano, M.G., Labandeira, C.C., Kvale, E.P., Buatois, L.A. 2001. The insect trace fossil *Tonganoxichnus* from the Middle Pennsylvanian of Indiana: paleobiologic and paleoenvironmental implications. *Ichnos*, 8:165-175.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A., West, R.R., Maples, C.G. 2002. Ichnology of Pennsylvanian equatorial tidal flat – the Stull Shale Member at Waverly, eastern Kansas. *Kansas geological Survey, Bulletin*, 245:1-133.
- Marques-Toigo, M. 1988. *Palinologia, Bioestratigrafia e Paleoecologia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil*. Porto Alegre. Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado, 259p.
- Marques-Toigo, M., Dias-Fabrizio, M.E., Guerra-Sommer, M., Cazzulo-Klepzig, M., Picolli, A.E.M. 1989. Afloramentos da área de Trombudo Central, Permiano inferior, Santa Catarina: palinologia, icnologia e sedimentologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, *Anais*, 1:125-150.
- Martins, E.A. 1948. Fósseis Marinhos na Série Maricá, Estado do Rio Grande do Sul. *Mineração e Metalurgia*, 12: 237-239.

- Martins, E.A. 1951. *Aviculopecten cambahyensis* n. sp. do permo-carbonífero do R. G. S. *Boletim do Museu Nacional, Geologia* (Boletim 13).
- Martins, E.A. & Sena Sobrinho, M. 1950. Novos Fósseis e a Idade da Formação Maricá, Rio Grande do Sul. *Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro*, **8**: 1-15.
- Maury, C.J. 1927. Fósseis silurianos de Santa Catarina. Rio de Janeiro, Serv. Geol. Min. Bras. (Boletim 23).
- McCann, T. & Pickerill, R.K. 1988. Flysch trace fossils from the Cretaceous Kodiak Formation of Alaska. *Journal of Paleontology*, **62**:330-348.
- Mendes, J.C. 1962. Problemas Paleogeográficos e Estratigráficos do Grupo Tubarão (Carbonífero Superior). *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **11**(2):71-74.
- Mezzalira, S. 1948. Ocorrências de rastros de vermes no município de Jundiá, Estado de São Paulo. *Mineração e Metalurgia*, Rio de Janeiro, **12** ( 72): 285-286.
- Mezzalira, S. 1956. Novas ocorrências de camadas marinhas Permo-Carboníferas no Estado de São Paulo. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **5**(1): 61-69.
- Mezzalira, S. 1958. Dados sobre águas subterrâneas nas Séries Passo Dois e Tubarão do estado de São Paulo. Ocorrências de camadas marinhas Permo-Carboníferas no Estado de São Paulo. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, **7**(1):49-73
- Mezzalira, S. 1959. Notas preliminares sobre as recentes descobertas paleontológicas no estado de São Paulo no período 1958-1959. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico., Notas Prévias, n 2 :1-9
- Mezzalira, S. 1966. Os fósseis do Estado de São Paulo. Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, Boletim 45, 132 p.
- Mezzalira, S. 1968. Nota sobre a ocorrência de insetos fósseis em testemunhos de sondagem. Em Boitava, estado d São Paulo. Instituto Geográfico e Geológico, São Paulo, **20**: 61-64.
- Mezzalira, S. 1969. Geologia de subsuperfície em Itu, SP – ocorrência de “roche moutonée” nos testemunhos de sondagem. *Anais da academia Brasileira de Ciências*, **41**(1):83-89.
- Milani, E.J.; França, A.B.; Scheider, R.L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, **8**(1):69-82.
- Milani, E.J. 1997. *Carta Estratigráfica da Bacia do Paraná*. Rio de Janeiro, Petrobrás, Relatório Interno (inédito).
- Miller, M.F. & Knox, L.W. 1985. Biogenic structures and depositional environments of a Lower Pennsylvanian coal-bearing sequence, northern Cumberland Plateau, Tennessee, U.S.A. In: Curran, H.A. (ed.) *Biogenic structures: their use in interpreting depositional environments*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, Tulsa, n. 35, p. 67-97.
- Netto, R.G. 1987. Sobre a ocorrência de *Neonereites* Seilacher, 1960 no Permiano do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, *Anais*, **1**:285-290.
- Netto, R.G. 2000. Paleocnologia do Rio Grande do Sul. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.) *Paleontologia do Rio Grande do Sul*. Publicação especial CIGO/UFRGS, p. 25-43.
- Netto, R.G. 2001. Icnologia e Estratigrafia de Sequências. In: Severiano Ribeiro, H.J.P. (ed.), *Estratigrafia de Sequências: fundamentos e aplicações*, Ed. Unisinos, São Leopoldo, p. 219-260.
- Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T., Krumbein, W.E. 2001a. Microbially induced sedimentary structures – a new category within the classification of primary sedimentary structures. *Journal of Sedimentary Research*, **71**:649-656.
- Noffke, N., Gerdes, G., Klenke, T., Krumbein, W.E. 2001b. Microbially induced sedimentary structures indicating climatological, hydrological and depositional conditions within Recent and Pleistocene coastal facies zones (Southern Tunisia). *Facies*, **44**:23-30.
- Nogueira, M.S. & Netto, R.G. 2001a. A presença de *Cruziana* nos sedimentos da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permocarbonífero da bacia do Paraná) na pedreira Itaú-Itaúna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, **52/53**:387-396.
- Nogueira, M.S. & Netto, R.G. 2001b. Icnofauna da Formação Rio do Sul (Grupo Itararé, Permiano da bacia do Paraná) na pedreira Itaú-Itaúna, Santa Catarina, Brasil. *Acta Geologica Leopoldensia*, **52/53**:397-406.
- Norman, Y.J.-C. & Pickerill, R.K. 1996. *Lobichnus variabilis* Kemper 1968 from the Devonian of Maine, northeastern U.S.A. *Ichnos*, **4**:233-237.
- Paim, P.S.G.; Piccoli, A.E. M.; Sartori, J.A.D.; Muraro, P.; Holz, M.; Granitoff, W. 1983. Evolução Paleogeográfica do supergrupo Tubarão na área de Mariana Pimentel-Faxinal, Guaíba, RS. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA. I, Porto Alegre. *Atas...* Porto Alegre, SBG. p. 141-161.
- Palaeos, The Diversity of (Basal) Insects. Link: <http://www.palaeos.com/Invertebrates/Arthropods/Insecta/Insecta2.htm>. Último acesso 25/05/2005
- Paz, C.P., Netto, R.G. & Balistieri, P. 2002. Biomecânica de decápodes e variações morfológicas das assinaturas icnológicas, de acordo com a natureza e a consistência do substrato. *Paleontologia em Destaque*, **40**:22.
- Pemberton, S.G., McEachern, J.A., Buatois, L.A. 1997. Criterios icnológicos para el reconocimiento y la interpretación de discontinuidades erosivas. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos*, **22**(1): 7-32.

- Pemberton, S.G., MacEachern, J.A., Frey, R.W. 1992. Trace fossil facies models. In: Walker, R.G. e James, N.P. (eds.) *Facies Models: response to sea level changes*. Geological Association of Canada, Geotext 1:47-72.
- Pemberton, S.G., Spila, M., Pulham, A.J., Saunders, T., Maceachern, J.A., Robbins, D. & Sinclair, I.K. 2001. *Ichnology & Sedimentology of Shallow to Marginal Marine Systems: Ben Nevis & Avalon Reservoirs, Jeanne D'Arc Basin*. Geological Association of Canada, Short Course Notes 15: 343 p.
- Perinotto, J.A. 1992. *Análise Estratigráfica da Formação Palermo (P) na Bacia do Paraná, Brasil*. Rio Claro: UNESP. Curso de Pós-Graduação em Geociências - UNESP. Tese de Doutorado, 2v.
- Petri, S. 1985. Ritmitos de Itu. In: Simpósio Regional de Geologia, 5, São Paulo, *Atas*, 1:235-241.
- Piccoli, A.E.M. 1989. Relações estratigráficas entre as fácies Budó e Suspiro (Grupo Itararé) nas folhas de Vila Nova, Lagoa da Meia Lua e Suspiro, RS. *Pesquisas*, 22:45-51.
- Pinto, I.D. 1947. Novos fósseis na Formação Maricá, *Ciências e Letras*, v. 1, n. 1.
- Pinto, I.D. 1949. Contribuição ao conhecimento de novos fósseis na Formação Maricá (Afl. Budó), Faculdade de Filosofia URGs, Publ. n. 2, Porto Alegre.
- Pinto, I.D. 1955. Série Maricá, Camaquan e Formação Teixeira Soares no Rio Grande do Sul, histórico, idade e correlação, *Boletim do Instituto de Ciências Naturais*, URGs (Boletim 2).
- Pinto, I.D. 2000. Insetos fósseis. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.), *Paleontologia do Rio Grande do Sul*, UFRGS/CIGO, p. 131-140.
- Pinto, I.D. & Purper, I. 2000. Escolocodontes - dentes de vermes. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.), *Paleontologia do Rio Grande do Sul*, UFRGS/CIGO, p. 126-130
- Pollard, J.E. & Walker, E. 1984. Reassessment of sediments and trace fossils from Old red Sandstone (Lower Devonian) of Dunure, Scotland, described by John Smith (1909). *Geobios*, 17:567-576.
- Pollard, J.E. 1985. *Isopodichnus*, related arthropod trace fossils and notostracan from Triassic fluvial sediments. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 76:273-285.
- Pollard, J.E., Goldring, R.Buck, S.G. 1993. Icnnofabrics containing *Ophiomorpha* significance in shallow-water facies interpretation. *Journal of the Geological Society of London* 150:149-164
- Regier, J.C., Shultz, J.W., Kambic, R.E. 2004. Phylogeny of basal Hexapoda lineages and estimates of divergence times. *Annals of the Entomological Society of America*, 97(3):411-419.
- Richter, M. 2000. Peixes fósseis do Rio Grande do Sul. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (eds.), *Paleontologia do Rio Grande do Sul*, UFRGS/CIGO, p. 162-175.
- Rindsberg, A.K. 1990. Freshwater to marine trace fossils of the Mary Lee Coal Zone and overlying strata (Westphalian A), Pottsville Formation of Northern Alabama. In: R.A. Gastaldo, T.M. Demko, Y. Liu (eds.) *Carboniferous coastal environments and paleocommunities of the Mary Lee Coal Zone, Marion and Walker Counties, Alabama*. Guidebook, Field Trip VI, 39<sup>th</sup> Annual Meeting, Southeastern Section, Geological Society of America, Tuscaloosa, Alabama, p. 82-95.
- Rindsberg, A.K. 1994. Ichnology of the Upper Mississippian Hartselle Sandstone of Alabama, with notes on other Carboniferous formations. *Geological Survey of Alabama, Bulletin*, 158:1-107.
- Rindsberg, A.K. & Martin, A.J. 2003. *Arthropycus* in the Silurian of Alabama and the problem of compound trace fossils. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 192(2003):187-219
- Rocha-Campos, A.C. 1967. The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Parana Basin. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. eds. *Problems in Brazilian Gondwana geology*. Curitiba. CNPq. P.27-102.
- Rocha-Campos, A.C. Ernesto, M. , Sundaram, D. 1981. Geological, palynological and paleomagnetic investigations on late Paleozoic varvites from the Paraná Basin, Brasil. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981, SBG, 2: 162-175
- Rocha-Campos A.C., Santos P.R., Canuto J.R. 1999. Multiple, glacially striated, soft sediment surfaces in the Late Paleozoic and Proterozoic of Brazil. *Anais Acad, Bras. Ciênc.*, 71:841.
- Rodrigues, K. A.; Iannuzzi, R. . Late Paleozoic terrestrial arthropod faunal and floral successions in the Paraná Basin: a preliminary synthesis.. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 24, n. 52-53, p. 165-179, 2001.
- Ruppert, E.E., Fox, S.R., Barnes, R.D. 2003. *Invertebrate zoology: a functional evolutionary approach*. 7<sup>a</sup> ed., Brooks Cole, 928 p.
- Savage, N.M. 1971. A varvite ichnocoenosis from the Dwyka Series of Natal. *Lethaia*, 4:217-233.
- Savage N. M. 1972. Soft-sediment glacial grooving of Dwyka age in South Africa. *J. Sed. Petrol.*, 42:307-308.
- Schindewolf, O. 1921. Studien aus dem Marburger Buntsandstein. IV. *Isopodichnus problematicus* (Schidwlf) im Uteren und Mittleren Buntsandstein. *Senckenbergiana*, 10:27-37.
- Schlirf, M., Uchman, A., Kümmel, M. 2001. Upper Triassic (Keuper) non-marine trace fossils from the Haßberge area (Franconia, south-eastern Germany). *Paläontologische Zeitschrift*, 75(1):71-96.
- Schneider, R.L., Müllmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R.A., Daemon, R.F., Nogueira, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: SBG, Congr. Bras. Geol., 28, Porto Alegre, *Anais*, 1:41-65.

- Seilacher, A. 1970. Evolution of trace fossil communities. *In: Crimes, T.P. & Harper, J.C. (eds) Trace fossils. Geological Journal, Special Issue, n. 3, p. 359-376.*
- Seilacher, A. 1983. Upper paleozoic trace fossils from the Gifl Kebir-Abu Ras area in southwestern Egypt. *Journal of African Earth Sciences, 1:21-34.*
- Seilacher, A. 1986. Evolution of behavior as expressed in marine trace fossils. *In: Nitecki, N.H. & Kitchell, J.A. (eds.) Evolution of animal behavior, New York, Oxford University Press, p. 67-87.*
- Seilacher, A., Pflüger, F. 1994. From biomats to benthic agriculture: A biohistoric revolution. *En W.E.Krumbein, D.M.Peterson y L.J. Stal (eds.), Biostabilization of sediments. Bibliotheks und Informationssystem der Carl von Ossietzky Universität Odenburg. 97-105*
- Seilacher, A. 2003. *Arte fossil. Divulgações do Museu de Ciências e Tecnologia, UBEA/ PUCRS, Porto Alegre, Publicação Especial n. 1, p. 1-86.*
- Shrock, R.R. & Twenhofel, W.H. 1953. *Principles of Invertebrate Paleontology.* McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 816 p.
- Silva Filho, B.C. da. 1974. Discordância entre o Subgrupo Itararé e a Formação Rio Bonito do Estado do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, SBG, v.2, p.58-67.*
- Silveira, A. S. da. 2000. Estratigrafia de Sequências e Evolução Paleambiental da Sucessão Permiana (Sakmario-Eokazaniano) da Bacia do Paraná, entre Rio Pardo e Mariana Pimentel (RS). Dissertação, Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 150
- Simões, M.G. & Fittipaldi, F. C. , Campanha, V. A. Canuto, J. R.. 1988. Icnofósseis do neopaleozóico da Bacia do Paraná como indicadores faciológicos . I : REUNIÃO ANNUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 40 São Paulo, 1988. São Paulo Resumos, SBPC, 692.
- Stollhofen, H., Stanistreet, I.G., Bangert, B., Grill, H. 2000. Tuffs, tectonism and glacially related sea-level changes, Carboniferous-Permian, southern Namibia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 161(2000):127-150.*
- Taylor, A.M. & Goldring, R. 1993. Description and analysis of bioturbation and ichnofabric. *Journal of the Geological Society of London, 150:141-148.*
- Tomazelli, L.J. & Soliani Jr., E. 1982. Evidências de Atividade Glacial no Paleozóico Superior no Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 32, Salvador. Anais... Salvador, SBG, 4:1378-1391.*
- Trewin, N.H. 1994. A draft system for the identification and description of arthropod trackways. *Palaeontology, Vol 34 (4): 811-823*
- Trewin, N.H. & McNamara, K.J. 1995. Arthropods invade the land: trace fossils and palaeoenvironments of the Turnlagooda Sandstone (?late Silurian) of Kalbarri, Western Australia. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences, 85:177-210.*
- Tyler, D.J. 1988. Evidence and significance of limulid instars from trackways in the Bude Formation (Westphalian), south-west England. *Proceedings of the Usher Society, 7:77-80.*
- Uchman, A. 1995. Taxonomy and paleoecology of flysch trace fossils – the Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, northern Apennines, Italy). *Beringeria, 15:1-115.*
- Uchman, A., Bromley, R.G., Leszczyński, S. 1998. Ichnogenus *Treptichnus* in Eocene flysch, Carpathians, Poland: taxonomy and preservation. *Ichnos, 5:269-275.*
- Visser J.N.J. 1990. Glacial bedforms at the base of the Permo-Carboniferous Dwyka Formation along the western margin of the Karoo Basin, South Africa. *Sedimentology, 37:231-245.*
- Walker, R.G. & James, N.P. 1992 eds. *Facies Models: Response to sea-level change.* Geological Association of Canada. p.219-240.
- Wetzel, A., Uchman, A. 1998. Deep-sea benthic food content recorded by ichnofabrics: A conceptual model based on observations from paleogene flysch, Carpathians, Poland. *Palaios 13:533-546*
- Wignall, P.B. 1991. Dysaerobic trace fossils and ichnofabrics in the Upper Jurassic Kimmeridge Clay of Southern England, *Palaios, 6:264-270.*
- Zhang, G., Buatois, L.A., Mángano, M.G., Aceñolaza, F.G. 1998. Sedimentary facies and environmental ichnology of a ?Permian playa-lake complex in western Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 138 (1998):221-243.*

Autorizo a reprodução deste trabalho mediante o respeito  
à menção da fonte de informações.

São Leopoldo, XX de março de 2006.

---

RAQUEL ELISA LERMEN



