

**RAFAEL COSTA DA SILVA**

**PEGADAS FÓSSEIS DE TETRAPODA DA BACIA DO PARANÁ, BRASIL**

**Monografia apresentada para obtenção do grau de bacharel em Ciências Biológicas pelo Departamento de Zoologia do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Dr. Emygdio Leite de A. Monteiro-Filho (Dep. Zoologia – UFPR)**

**Co-orientador: MsC. Fernando Antônio Sedor, Biólogo (MCN – SCB – UFPR)**

**CURITIBA**

**2002**

*Dedico este trabalho aos pioneiros que iniciaram a Paleontologia de Vertebrados neste país em meio às condições mais inóspitas, possibilitando que os paleontólogos dos nossos dias continuem estudando a História da Vida na Terra.*

## AGRADECIMENTOS

Aos responsáveis pelas coleções paleontológicas do Departamento Nacional de Produção Mineral, do Museu Nacional do Rio de Janeiro, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro e do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, que gentilmente permitiram-me consultar e observar fósseis importantes.

Ao Setor de Ciências Biológicas, através de seu diretor Dr. Oldemir Carlos Mangili, e à Pró Reitoria de Recursos Humanos e Assuntos Estudantis, que me forneceram os recursos para as viagens aos congressos científicos, saídas de campo e consulta à coleções.

Ao Dr. Ives José Sbalqueiro, que gentilmente cedeu o laboratório fotográfico para revelação das fotos usadas nesta monografia.

À bióloga Rosane Cavet Martins e à Coordenação do curso de Ciências Biológicas, que quebraram muitos galhos nestes anos todos.

Aos paleontólogos Dr. Ismar de Souza Carvalho, MsC. Paulo Roberto de Figueiredo Souto, Dra. Renata Guimarães Netto, MsC. Leonardo de Palma Marconato e Dr. Oscar Rösler, que contribuíram enviando artigos e informações importantes para a realização deste trabalho.

Ao ilustríssimo Dr. Giuseppe Leonardi, que estabeleceu a Paleocnologia de Vertebrados no Brasil, pela revisão do texto e por toda a inspiração que proporcionou-me.

Ao Museu de Ciências Naturais, na figura do prof. Euclides Fontoura da Silva Jr., por todos estes anos de apoio.

Aos professores, que contribuíram na minha formação acadêmica e pessoal, em especial ao Dr. Emygdio Leite de A. Monteiro Filho, que aceitou orientar esta monografia.

Aos meus colegas de faculdade, que me deram companhia agradável nos bons momentos e conforto nos ruins, e que certamente deixarão saudades.

Meus agradecimentos especiais a meus irmãos, meus pais e parentes, que sempre apoiaram minha decisão de adentrar o mundo científico, e ao meu mestre e amigo Fernando Antônio Sedor, que me orientou não só para a carreira científica, mas para a vida, e a quem eu sempre terei como modelo de cientista.

***Apenas a pessoa que buscou por fósseis no campo e os estudou no laboratório pode apreciar seu verdadeiro valor em termos de dispêndio de esforços humanos.***

***Edwin H. Colbert, 1955***

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	VI
RESUMO.....	VII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3.1. MÉTODOS.....	8
3.2. MATERIAL.....	9
3.1.1. Formação Ponta Grossa.....	10
3.1.2. Formação Irati.....	10
3.1.3. Formação Rio do Rasto.....	11
3.1.4. Formação Corumbataí.....	12
3.1.5. Formação Sanga do Cabral.....	13
3.1.6. Formação Santa Maria.....	14
3.1.7. Formação Caturrita.....	14
3.1.8. Formação Botucatu.....	15
3.1.9. Formação Guará.....	17
3.1.10. Formação Caiuá.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1. FORMAÇÃO PONTA GROSSA.....	21
4.2. FORMAÇÃO IRATI.....	22
4.3. FORMAÇÃO RIO DO RASTO.....	23
4.4. FORMAÇÃO CORUMBATAÍ.....	25
4.5. FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL.....	26
4.6. FORMAÇÃO SANTA MARIA.....	27
4.7. FORMAÇÃO CATURRITA.....	28
4.8. FORMAÇÃO BOTUCATU.....	28
4.9. FORMAÇÃO GUARÁ.....	31
4.10. FORMAÇÃO CAIUÁ.....	32
5. CONCLUSÕES.....	34
GLOSSÁRIO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ÍNDICE REMISSIVO.....	48

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

TABELA 1 – TÁXONS REPRESENTADOS POR PEGADAS FÓSSEIS DA BACIA DO PARANÁ.....	20
FIGURA 1 - ICNOFÓSSIL DA FORMAÇÃO PONTA GROSSA .....	50
FIGURA 2 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO IRATI.....	51
FIGURA 3 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO .....	52
FIGURA 4 - COPRÓLITO COM PEGADAS DA FORMAÇÃO SANTA MARIA.....	53
FIGURA 5 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU .....	54
FIGURA 6 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU .....	55
FIGURA 7 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU .....	56

## RESUMO

O estudo das pegadas fósseis da Bacia do Paraná desenvolveu-se principalmente após a década de 1970, mas atualmente poucos pesquisadores têm realizado estudos sistemáticos sobre icnofósseis de vertebrados. Este trabalho teve como objetivo levantar as ocorrências de pegadas fósseis de tetrápodes na Bacia do Paraná com base na literatura especializada e material de coleções científicas e relacionar estas icnofaunas com outras faunas conhecidas. Na Formação Ponta Grossa (Neodevoniano) foi descrito o icnofóssil *Notopus petri* Leonardi, 1983, atribuído originalmente a Amphibia; posteriormente, a origem deste icnofóssil foi questionada, e este foi interpretado como uma impressão de um Asteroidea ou Ophiuroidea; esta explicação é também duvidosa, e a possibilidade de tratar-se de uma pegada de tetrápode não deve ser descartada. Icnofósseis produzidos por Mesosauridae foram recentemente registrados na Formação Irati (Neopermiano), constituindo a única evidência direta de natação entre estes animais. Na Formação Rio do Rasto (Neopermiano) ocorrem pegadas atribuídas a Lepidosauria e Cynodontia, que constituem uma nova fauna local para esta formação; além destas, há o registro de uma pegada de semi-natação produzida por um réptil não lacertiforme. Na Formação Corumbataí (Neopermiano - Eotriássico) foram registradas pegadas atribuídas a Archosauria, semelhantes à pegadas triássicas da África do Sul. Icnofósseis atribuídos a tecodontes e répteis mamaliformes são encontrados na Formação Sanga do Cabral (Eotriássico), e podem constituir novos elementos de correlação com o Eotriássico africano. Em um coprólito procedente da Formação Santa Maria (Mesotriássico) foram encontradas pegadas atribuídas a Archosauria, constituindo a única ocorrência de pegadas desta formação. Pegadas atribuídas a répteis mamaliformes ocorrem também na Formação Caturrita (Neotriássico). Uma abundante icnofauna é conhecida na Formação Botucatu (Jurássico), constituída por pegadas de dinossauros, de mamíferos primitivos e prováveis pegadas de répteis mamaliformes; o conhecimento desta icnofauna permitiu uma datação mais precisa destes estratos. Na Formação Guará (Neojurássico?) foram registradas estruturas interpretadas como pegadas em seção vertical, atribuídas a dinossauros saurópodes, mas há poucos indícios apontando para uma origem biológica destas feições. Duas icnofaunas são conhecidas na Formação Caiuá (Neocretáceo), constituídas por pegadas dinossauróides e teromorfóides, mas estas ainda não podem ser relacionadas com segurança à outras faunas. Os sedimentitos da Bacia do Paraná apresentam um grande potencial para a preservação de pegadas, e estudos futuros deverão revelar novas icnofaunas gondwânicas.

Palavras-chave: Bacia do Paraná; Icnofósseis; Tetrápoda

## 1. INTRODUÇÃO

Durante o final da Era Paleozóica e início da Mesozóica, as placas continentais da América do Sul, África, Antártica, Austrália e porção peninsular da Índia encontravam-se unidas formando um megacontinente conhecido como Gondwana (COLBERT, 1985). Durante este intervalo de tempo geológico o Gondwana foi cenário do surgimento, diversificação e extinção de uma grande variedade de formas de seres vivos.

Estudos sobre a paleontologia e geologia gondwânica têm evidenciado uma estreita ligação entre as paleofaunas e rochas africanas e brasileiras. No sul da África, a Bacia do Karoo, que é cronologicamente equivalente à Bacia do Paraná, foi dividida em biozonas segundo a distribuição dos seus fósseis (KITCHING, 1970). Na América do Sul, as paleofaunas da mesma idade foram divididas em "faunas locais" (BONAPARTE, 1979, BARBERENA *et al.*, 1983), considerando os fósseis que ocorrem em cada localidade, permitindo assim a comparação com outras faunas gondwânicas, mas até o presente poucos elementos de correlação entre as faunas africanas e brasileiras foram estabelecidos.

Quando estes estudos foram realizados eram desconhecidas ocorrências de pegadas e pistas fósseis de tetrápodes na Bacia do Paraná. Estes fósseis enquadram-se na categoria de icnofósseis, que correspondem às evidências de atividade biológica produzidas em épocas geológicas passadas e preservadas em rocha sedimentar (LEONARDI, 1987a). Os icnofósseis podem fornecer informações biológicas, comportamentais e biogeográficas que muitas vezes não são evidenciadas pelos esqueletos fossilizados, visto que ocorrem *in situ*, são representantes diretos de uma biocenose e podem ocorrer em rochas onde ossos não foram preservados, ampliando o registro de táxons (CARVALHO, 2000, NETTO, 1997). A probabilidade de uma pegada ser fossilizada é muito maior que a de um osso, pois um único animal pode produzir milhares delas durante sua existência, mas deixar apenas um esqueleto passível de ser fossilizado (LOCKLEY, 1991, SARJEANT, 1988). Apesar disso, poucos cientistas têm se aventurado no estudo dos icnofósseis.



Tendo em vista a necessidade de estudos para a ampliação do conhecimento da distribuição geográfica, biologia e evolução dos tetrápodes durante o Paleozóico e Mesozóico, a proposta do presente estudo é: 1) efetuar levantamento das ocorrências de pegadas fósseis de tetrápodes na Bacia do Paraná no Brasil com base na literatura especializada e material de coleções científicas; 2) relacionar estas icnofaunas com faunas já estabelecidas para a Bacia do Paraná e com outras biozonas; 3) descrever novas ocorrências de icnofósseis de tetrápodes das Formações Irati e Rio do Rasto no Estado do Paraná.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

No Brasil, a maior parte dos afloramentos da Bacia do Paraná encontram-se em cortes rodoviários, ferroviários e pequenas áreas de erosão, sendo portanto pouco extensos, dificultando o estabelecimento de horizontes para o uso de zonas de amplitude (BARBERENA, 1987). Em 1983, BARBERENA *et al.*, e posteriormente BARBERENA, ARAÚJO e LAVINA (1985), propuseram a divisão das faunas permotriássicas do Sul do Brasil em biozonas chamadas de “faunas locais”, reunindo os táxons de acordo com a localidade em que foram encontrados. Segundo os mesmos autores, isso permitiu uma correlação da Bacia do Paraná com rochas da mesma idade na África e na Argentina, fornecendo novas evidências que corroboram a existência do megacontinente do Gondwana durante o final do Paleozóico e início do Mesozóico.

O primeiro registro de icnofósseis de tetrápodes para a Bacia do Paraná data de 1913, quando PACHECO<sup>1</sup> (*apud* LEONARDI, 1979a) descreveu uma laje com pegadas em um calçamento no Município de São Carlos, São Paulo. Estas pegadas foram posteriormente estudadas por HUENE<sup>2</sup> (*apud* MEZZALIRA, 1966) e atribuídas a Cynodontia.

As pesquisas de paleoicnologia de vertebrados no Brasil tomaram novo impulso a partir da década de 70. Icnofósseis de tetrápodes foram registrados por LEONARDI (1977a) na Formação Caiuá no noroeste do Estado do Paraná, consistindo de pegadas de dinossauros Theropoda e pegadas mamiferóides<sup>3</sup>, que poderiam ter sido produzidas por Therapsida ou mamíferos primitivos, dependendo da idade atribuída à esta formação. O registro dos Therapsida estende-se até o Jurássico, mas existem indícios de que tenham sobrevivido até o Paleoceno (FOX;

---

<sup>1</sup> PACHECO, J.A.B.A. Notas sobre a Geologia do Valle do Rio Grande a partir da Fóz do Rio Pardo até a sua confluência com o Rio Paranyhyba. In: **Com. Geogr. e Geol. do Est. de São Paulo. Exploração do Rio Grande e de seus afluentes**. S. José dos Dourados, São Paulo, Brazil, de Rothschild, p. 33-38, 1913.

<sup>2</sup> HUENE, F.F. von. Verschiedene mesozoische wirbeltierreste aus Südamerika. **Neuen Jb. für Min. Geol. Paläont.**, Stuttgart, Beil. Bd. 66, Abt. B. 181-196, 1931.

<sup>3</sup> O termo original usado por Giuseppe Leonardi é *mamalóides*, mas optou-se por usar *mamiferóides* por constituir um termo mais descritivo.

YOUZWYSHYN; KRAUSE, 1992), embora não sejam evidências definitivas (NOVACEK, 1992).

Uma importante icnocenose foi reconhecida por LEONARDI (1977b) para a Formação Botucatu no Município de Analândia e posteriormente em outros municípios dos Estados de São Paulo e Paraná (LEONARDI, 1979a, 1981a). Foi registrada nesta formação uma pista de um animal saltador com andadura do tipo ricochete (LEONARDI, 1977b), comum em cangurus, que foi atribuída preliminarmente a um pequeno dinossauro Theropoda (LEONARDI, 1979a), e posteriormente à Mammalia (LEONARDI; GODOY, 1980). Outra pista atribuída a mamíferos primitivos foi reconhecida (LEONARDI, 1981b) e posteriormente descrita como um novo icnogênero e icnoespécie, *Brasilichnium elusivum* Leonardi, 1981(c). Outras pistas encontradas na Formação Botucatu foram atribuídas a Coelurosauria e Therapsida (LEONARDI, 1979a, 1980), totalizando 25 formas diferentes de tetrápodes (LEONARDI, 1983a). Nesta formação também foram registrados icnofósseis de invertebrados (FERNANDES; CARVALHO; NETTO, 1990, LEONARDI, 1977b, 1979a, 1980).

Segundo LEONARDI (1979a) a Formação Botucatu representa o maior paleodeserto já encontrado. As pegadas desta icnocenose foram produzidas em areia úmida, talvez devido ao orvalho noturno, e cobertas por areia seca levada pelo vento durante o dia, sendo que 90% das pegadas foram mal preservadas devido à evaporação da umidade antes do seu soterramento. De acordo com o autor, esta icnofauna enquadra-se no Eojurássico.

A idade da Formação Botucatu foi estimada, através da datação radiométrica dos derrames basálticos que a recobrem e que constituem a Formação Serra Geral, por AMARAL<sup>4</sup> (*apud* SOARES; LANDIM, 1973) entre 130-140 milhões de anos, compreendendo o Neojurássico e Eocretáceo. Segundo FÚLFARO (1972) esta idade pode ser incorreta uma vez que deriva da interpretação de *sills* intrusivos como derrames, o que viria a apoiar a idade eojurássica indicada pelos icnofósseis. A descoberta desta associação é muito importante visto que ossos fossilizados são praticamente inexistentes nesta formação (LEONARDI, 1980), provavelmente devido

---

<sup>4</sup> AMARAL, G. *et al.* Potassium-argon dates of basaltic rocks from Southern Brasil. *Geoch. Cosmoch. Acta*, n. 30, p. 159-189, 1966.

às condições oxidantes em que as rochas foram formadas (LEONARDI, 1983a). Recentemente, estudos foram realizados com icnofósseis da Formação Botucatu no sentido de catalogar as lajes de arenito contendo pegadas que fazem parte do pavimento de vias urbanas da cidade de São Carlos, Estado de São Paulo (MARCONATO; BERTINI, 1999). Outros estudos em andamento visam comparar esta icnofauna com unidades isócronas de outros continentes (CARVALHO; BERTINI; MARCONATO, 2001a, CARVALHO; BERTINI; MARCONATO, 2001b).

No Município de Tibagi, Estado do Paraná, foi registrada uma das mais antigas evidências de Tetrapoda conhecidas, em rochas da Formação Ponta Grossa (Neodevoniano): um icnofóssil interpretado como uma pegada isolada atribuída a Amphibia (*Ichthyostegalia?*) (LEONARDI, 1982, 1983b). ROCEK e RAGE em 1994 reestudaram este icnofóssil, concluindo que poderia tratar-se de uma impressão imperfeita do icnogênero *Asteriacites* Scholothheim, 1820, atribuído a Echinodermata. Outras pegadas de tetrápodes do Neodevoniano são conhecidas na Austrália (WARREN; WAKEFIELD, 1972, CLACK, 1997).

Uma provável pegada isolada foi registrada na Formação Rio do Rasto, Neopermiano da Bacia do Paraná, no Município de Jacarezinho, norte do Estado do Paraná. A pegada consiste de um hiporrelevo convexo com quatro marcas de arraste de dedos, provavelmente produzida por um réptil não lacertiforme nadando em águas rasas, e constituiria a primeira encontrada no Permiano do Brasil (LEONARDI, 1987b).

Recentemente novas pegadas foram seguramente registradas na Formação Rio do Rasto no Município de São Jerônimo da Serra, Estado do Paraná (COSTA; SEDOR, 2001, LEONARDI; SEDOR; COSTA, 2000, LEONARDI; SEDOR; COSTA, no prelo). Foram identificadas pegadas lacertóides, pertencentes ao icnogênero *Rhynchosauroides* Maidwell, 1911, atribuído a Lepidosauria, e pegadas teromorfóides semelhantes às do icnogênero *Dicynodontipus* von Liliestern, 1944, produzidas por Cynodontia. No entanto, até o presente não foram encontrados conjuntos de pegadas formando pistas que permitissem a identificação específica. Ambos as ordens são comuns no Permiano africano, mas não haviam sido registrados até então em rochas permianas no Brasil. Pegadas pertencentes à estes

icnogêneros foram amplamente estudadas na Formação Arenarie di Val Gardena, nos Alpes Dolomíticos, Norte da Itália (CONTI *et al.*, 1975, LEONARDI, 1974).

SEDOR, COSTA e LEONARDI (2001) efetuaram o primeiro registro de pegadas de Mesosauridae na Formação Irati (Neopermiano) no Município de Guapirama, nordeste do Estado do Paraná. Estas pegadas foram interpretadas como marcas de arraste de dedos produzidas por estes répteis em semi-natação, fornecendo a primeira evidência direta de natação entre os Mesosauridae.

ANDREIS e CARVALHO (1997) atestaram a presença de pegadas e pistas associadas a depósitos de planície de maré da Formação Corumbataí (Neopermiano - Eotriássico) no Município de Taguaí, Estado de São Paulo. Posteriormente estas pegadas foram atribuídas a répteis Archosauria (ANDREIS; CARVALHO, 2001). Segundo estes autores, esta formação é tradicionalmente atribuída à idade neopermiana, mas alguns autores tendem a posicioná-la no Eotriássico (RAGONHA<sup>5</sup>, *apud* ANDREIS; CARVALHO, 2001, DAEMON; CASALETTO; CIGUEL, 1996).

Em 1994, LEONARDI registrou a ocorrência de uma pegada não identificada na Formação Sanga do Cabral (Eotriássico) no Estado do Rio Grande do Sul. Posteriormente, CARGNIN *et al.* (2001) registraram novas pegadas provavelmente produzidas por tecodontes e anomodontes na Formação Sanga do Cabral no Município de Rio Pardo, e também pegadas atribuídas a répteis mamaliformes na Formação Caturrita (Neotriássico) no Município de Faxinal do Soturno, ambos no Estado do Rio Grande do Sul.

Foi verificada recentemente a ocorrência de coprólitos, atribuídos a Therapsida, com marcas de esmagamento plantar na Formação Santa Maria (Mesotriássico) no Estado do Rio Grande do Sul (SOUTO, 1997). Estas impressões foram interpretadas como possíveis pegadas de Archosauria (SOUTO, 2001). A fauna fóssil desta formação tem sido amplamente usada na correlação com outras formações gondwânicas (COLBERT, 1963, 1985, BARBERENA, 1977,

---

<sup>5</sup> RAGONHA, E.W. Taxionomia de dentes e espinhos isolados de *Xenacanthodii* (Chondrichthyes, Elasmobranchii) da Formação Corumbataí. Considerações cronológicas e paleoambientais. São Paulo, 1984. 166 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

BARBERENA; CORREIA; AUMOND, 1980; BARBERENA; ARAÚJO; LAVINA, 1985; BARBERENA *et. al.*, 1983).

Mais recentemente, SCHERER *et al.* (2001) constataram a presença de estruturas deformativas em seções verticais em depósitos eólicos da Formação Guará (Neojurássico?) no Estado do Rio Grande do Sul. Estas estruturas foram interpretadas como seqüências de pegadas de saurópodes de porte médio.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. MÉTODOS

As informações contidas neste trabalho foram obtidas através da compilação de dados da literatura especializada e da consulta de espécimes depositados nas coleções do Museu de Ciências Naturais e Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento Nacional de Produção Mineral do Rio de Janeiro e Museu Nacional do Rio de Janeiro.

Os icnofósseis procedentes das Formações Irati e Rio do Rasto foram coletados e estudados pela equipe de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais (SCB-UFPR), tendo sido depositados na coleção paleontológica deste museu. Estes estudos culminaram na publicação dos seguintes trabalhos: LEONARDI, SEDOR e COSTA (2000), SEDOR, COSTA e LEONARDI (2001), SEDOR e COSTA (2001), COSTA e SEDOR (2001), LEONARDI, SEDOR e COSTA (no prelo). Estes icnofósseis foram preparados para estudo segundo as técnicas de CAMP e HANNA (1937) e HERMANN (1909), removendo-se os sedimentos que dificultavam a visualização de estruturas diagnósticas através de processos mecânicos com o uso de pincéis de tamanhos variados, instrumentos de aço utilizados em Odontologia, pequenos cinzeiros, martelos de pesos variados, furadeira elétrica manual com brocas de várias espessuras, alfinetes de aço, caixa de areia e sacos de areia, sob microscópio estereoscópico. Depois de preparadas, as peças foram impregnadas com poliestireno diluído em Xilol, e lâminas frágeis e fraturas na rocha matriz foram reforçadas com cola branca para madeira, aumentando a sua resistência; este método forneceu um isolamento seguro para confecção de contra-moldes em borracha de silicone. Foram confeccionados moldes dos espécimes 8-IcV e 11-IcV (fig. 6-A), procedentes da Formação Botucatu, depositados na coleção paleontológica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, e dos espécimes MCN.P.543 (fig. 3-A), MCN.P.544 (fig. 3-B) e MCN.P.293 a, b & c (fig. 2), depositados na coleção paleontológica do Museu de Ciências

Naturais (SCB - UFPR). A confecção de moldes teve por objetivo facilitar a identificação, descrição e ilustração dos espécimes (SARJEANT, 1975). A partir destes moldes foram confeccionadas réplicas em resina Epóxi e/ou gesso "pedra". Os outros materiais estudados não necessitaram de preparação.

O material foi fotografado com objetiva de 35 mm em filmes preto e branco de 35 mm e ASA 125, sob luz artificial em várias direções e com baixos ângulos de incidência (SARJEANT, 1975). Os desenhos foram confeccionados em papel vegetal e acetato com tinta nanquim a partir de fotografias e exame dos espécimes originais, moldes em silicone e réplicas.

As mensurações foram efetuadas com paquímetro de 20 cm de abertura e precisão de 0,1 mm e um goniômetro de contato (LEONARDI, 1977c), sendo os valores expressos em centímetros.

O material foi estudado segundo os métodos descritos na literatura especializada (e.g. FREY, 1975, LEONARDI, 1977c, 1979b, 1987a, 1994, LOCKLEY, 1991, NETTO, 1997, SARJEANT, 1988, RAUP; STANLEY, 1971).

### 3.2. MATERIAL

Com base na literatura especializada foram estudados icnofósseis de tetrápodes procedentes das formações Ponta Grossa, Irati, Corumbataí, Rio do Rasto, Sanga do Cabral, Santa Maria, Caturrita, Botucatu, Guará e Caiuá. Foram consultados espécimes procedentes da Formação Botucatu depositados em coleções do Museu Nacional do Rio de Janeiro, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, além de espécimes provenientes das formações Irati e Rio do Rasto depositados no Museu de Ciências Naturais (Setor de Ciências Biológicas – Universidade Federal do Paraná) e espécimes das Formações Ponta Grossa e Santa Maria depositados no setor de Paleontologia do Departamento Nacional de Produção Mineral, no Rio de Janeiro. Abaixo encontram-se citados os espécimes e respectivas formações geológicas do qual procedem, em ordem cronoestratigráfica (exceto as Formações Rio do Rasto e Corumbataí, cujas idades



são ainda muito controversas). Em afloramentos das Formações Rio do Rasto e Irati foram tomadas as coordenadas através de GPS.

### 3.1.1. Formação Ponta Grossa

O único espécime conhecido encontra-se depositado na coleção da seção de Paleontologia do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), indicado pela sigla TIBA 1 (=Tibagi, Barreiro, nº 1), matrícula DGM nº 1417-R (fig 1-A). Procede de um afloramento da Formação Ponta Grossa situado no km 175 da rodovia BR 376, próximo da ponte sobre o rio Barreiro, Município de Tibagi, Estado do Paraná.

O icnofóssil encontra-se preservado como hiporrelevo convexo. LEONARDI (1983b) descreveu a pegada como: *"traço de um animal quadrúpede onde a pegada da mão é plantigrada, tetradáctila, ectaxônica, mais larga que longa, o dedo IV em abdução, os três outros alongados, decrescentes, falciformes, voltados para o interior com uma divergência digital total de cerca de 180°. As extremidades dos quatro dedos são nitidamente arredondadas, em particular o IV, e eles são todos bem marcados. Os dedos III e IV têm a porção distal mais profundamente impressa que a parte proximal. Não se notam almofadas nitidamente visíveis, à exceção da almofada distal do dedo IV que é oval e muito bem marcada; a região das almofadas digitometacarpianas se destaca de modo praticamente contínuo, e apresenta uma predominância funcional. Pode-se ver igualmente uma saliência alongada que, partindo da base do dedo IV, se prolonga até a base do II e corresponde, ao menos em parte, ao metacarpiano IV. A margem posterior é convexa"*.

### 3.1.2. Formação Irati

O material estudado procede de uma pedreira situada no Município de Guapirama (Lat. 23° 27' 166" S e Long. 50° 02' 182" W), norte do Estado do Paraná, e encontra-se depositado na coleção paleontológica do Museu de Ciências Naturais,

Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, sob a sigla MCN.P.293 a, b & c (fig. 2). Corresponde a três blocos complementares de uma camada espessa e maciça de calcário dolomítico medindo cerca de 55 x 23 cm, contendo várias pegadas incompletas preservadas como hiporrelevos convexos e prováveis impressões de arraste de cauda. As pegadas são lacertóides, ectaxônicas e constituídas de dois ou três traços paralelos ligeiramente curvados, podendo ocorrer uma quarta marca de menores dimensões no lado interno da pegada; a extremidade anterior é mais profunda e encurvada medialmente. Pelo menos duas das pegadas ocorrem em seqüência. Os icnofósseis encontram-se associados a carapaças de crustáceos Pigocephalomorpha e esqueletos de Mesosauridae ocorrem ao longo de todo o perfil estudado (SEDOR; COSTA; LEONARDI, 2001).

### 3.1.3. Formação Rio do Rasto

O material icnológico estudado procedente desta formação encontra-se depositado na coleção paleontológica do Museu de Ciências Naturais, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná. Foram estudados os seguintes espécimes:

- MCN.P.543 - laje de arenito avermelhado medindo 9,5 x 11 cm com uma pegada lacertóide associada a marcas de arraste de cauda, preservadas como hiporrelevo convexo (fig. 3-A).
- MCN.P.544 - laje de arenito esverdeado medindo 14 x 24 cm com várias pegadas lacertóides e teromorfóides associadas a prováveis marcas de arraste de cauda, preservadas como hiporrelevo convexo; algumas delas correspondem a sub-pegadas (fig. 3-B).
- MCN.P.710 - laje de arenito esverdeado medindo 8,5 x 22,5 cm com pegadas lacertóides e teromorfóides associadas a prováveis marcas de arraste de cauda, preservadas como hiporrelevo convexo.
- MCN.P.711 a, b & c - laje de arenito esverdeado medindo 16 x 17,5 cm com

pegadas lacertóides, preservadas como hiporrelevo convexo.

As pegadas lacertóides são pentadáctilas, providas de almofadas digitais e pequenas garras. O espécime da laje MCN.P.543, tomado como representativo, constitui a impressão de uma mão direita e apresenta 2,5 cm de comprimento e 2,8 cm de largura da pegada; 1,2 cm de comprimento e 1,2 cm de largura plantar (COSTA; SEDOR, 2001). As pegadas teromorfóides são plantígradas, pentadáctilas, têm contorno geral arredondado, dedos curtos com pequena divergência interdigital, com provável fórmula falangeal 2-3-3-3-3. O espécime da laje MCN.P.544 mede 3,1 cm de comprimento e 3,0 cm de largura da pegada; 2,1 cm de comprimento e 2,3 cm de largura plantar (COSTA; SEDOR, 2001). O afloramento do qual estas pegadas provém constitui-se de um corte da rodovia PR-090, com uma exposição vertical de aproximadamente 23 metros de altura, e situa-se a cerca de 15 km do Município de São Jerônimo da Serra, norte do Estado do Paraná (Lat. 23° 47' 719" S e Long. 50° 37' 521" W). Este afloramento representa o topo do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto, e sua porção superior faz contato com a Formação Pirambóia. Os icnofósseis procedem de dois níveis lenticulares de arenito fino, próximos ao contato com a Formação Pirambóia (LEONARDI; SEDOR; COSTA, no prelo).

O espécime JATO 1 foi estudado por LEONARDI (1987b) e procede da pedreira Tonetti localizada no Município de Jacarezinho. Constitui-se de uma pegada pequena (2,3 por 1,4 cm) preservada como epirrelevo côncavo em uma camada de siltito cinza. Possui quatro dígitos, sendo que três deles formam marcas de arraste, principalmente os dois medianos. As impressões dos dedos são pontiagudas mas não há marcas de garras visíveis. Este espécime foi depositado na coleção do setor de Paleontologia do Departamento Nacional de Produção Mineral, no Rio de Janeiro, mas não foi localizado durante a visita à esta instituição.

#### 3.1.4. Formação Corumbataí

As pegadas da Formação Corumbataí procedem de um nível delgado de calcários oolíticos que constitui o chão da pedreira Pau Preto, no Município de

Taguaí, Estado de São Paulo, e foram estudadas por ANDREIS e CARVALHO (1997, 2001). Não há material tombado em coleção e por causa das atividades de mineração, pouco resta destas pegadas atualmente. As pistas ocorrem agrupadas em dois conjuntos de 14 e 68 pegadas, preservadas como epirrelevo côncavo, impressas sobre marcas de onda de crista reta e assimétrica. As pegadas são tridáctilas, mesaxônicas, com dígitos pontiagudos ou arredondados. Em algumas delas ocorre um rebordo de sedimento na margem posterior, devido à plasticidade original do substrato. Apresentam largura média entre 1,5 e 4,0 cm e comprimento médio entre 2,0 e 3,0 cm. As de menores dimensões apresentam dígitos afilados com garras, hípex anguloso e valores angulares entre os dígitos II-III e III-IV de 20°. O maior dígito é o III. As margens posteriores das pegadas são arredondadas e apresentam uma constrição na base dos dedos II e IV. As pegadas de maiores dimensões possuem dígitos II e IV bastante afilados, provavelmente com garras, e de aproximadamente o mesmo tamanho que o dígito III. Apresentam hípex parabólico e ângulos interdigitais entre os dedos II-III e III-IV de 15°. Não há individualização da região plantar. Algumas das pegadas aparentemente apresentam impressão de membrana interdigital. Segundo os autores, a má qualidade de preservação das pegadas não permite uma descrição mais acurada.

### 3.1.5. Formação Sanga do Cabral

Uma provável pegada foi registrada na Formação Sanga do Cabral por LEONARDI (1994) na rodovia entre os Municípios de Pântano Grande e Rio Pardo, Estado do Rio Grande do Sul, a 3,5 km de Pântano Grande.

Recentemente uma pegada isolada foi identificada por CARGNIN *et al.* (2001) na rodovia entre os municípios de Boa Vista e Rio Pardo, a aproximadamente 2 km de Rio Pardo, em uma sucessão de arenitos finos com estratificação cruzada tabular. Segundo os autores, a pegada é tridáctila, mesaxônica, apresenta 11 cm de largura e 16 cm de comprimento e encontra-se preservada como epirrelevo côncavo em um arenito quartzoso com suaves marcas de onda; dois dígitos estão preservados, provavelmente III e IV, com garras curtas nas extremidades e ângulo

interdigital de 30°; o hípex é agudo, com forma parabólica; a margem posterior é arredondada e apresenta-se como uma suave concavidade. O espécime encontra-se depositado na Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (coleção de paleovertebrados – Museu de Ciências Naturais FZB/RS MCN-PV 2772).

Outra pegada isolada foi registrada também por CARGNIN *et al.* (2001) nesta formação na rodovia entre Boa Vista e Rio Pardo no km 159. A pegada é tetradáctila e apresenta 7 cm de largura e 8 cm de comprimento; os dígitos são curtos com extremidades arredondadas.

#### 3.1.6. Formação Santa Maria

Em um coprólito procedente desta formação foram identificadas impressões caracterizadas por um relevo côncavo, com nítidas impressões plantares e digitais. O material encontra-se depositado na coleção do setor de Paleontologia do Departamento Nacional de Produção Mineral, no Rio de Janeiro, sob a sigla MCT 1513-R (SOUTO, 1997). As pegadas são plantígradas, não apresentam vestígios de garras e não há delineação das almofadas plantares ou digitais. A planta tem contorno arredondado e o eixo transversal é maior que o ântero-posterior; as impressões dos dígitos são voltadas anteriormente e separadas da impressão da planta, sendo que três dígitos são distintos (fig. 4).

#### 3.1.7. Formação Caturrita

Na Formação Caturrita ocorrem pegadas tridáctilas com 30 cm de largura e 15 cm de comprimento na localidade de Novo Treviso, Município de Faxinal do Soturno, Estado do Rio Grande do Sul (CARGNIN *et al.*, 2001). Na mesma localidade ocorrem conjuntos de estruturas arredondadas com diâmetros variando entre 10 e 20 cm, sendo que as de menor diâmetro são mais rasas (1 cm de profundidade) e as de maior diâmetro mais profundas (até 40 cm), algumas com

paredes verticais; a superfície de fundo é geralmente achatada (CARGNIN *et al.*, 2001).

### 3.1.8. Formação Botucatu

Pistas fósseis de vertebrados e invertebrados da Formação Botucatu foram encontradas nas pedreiras de Califórnia, Cerrito Velho, Cerrito Novo e São Bento, no Município de Araraquara e ainda nos Municípios de Analândia, São Carlos, França e Rifaina no Estado de São Paulo e no Município de Jacarezinho, Estado do Paraná (LEONARDI, 1979a); lajes contendo pistas também foram encontradas em pavimentos de vias urbanas em Araraquara e vários outros municípios dos Estados de São Paulo e Minas Gerais (LEONARDI, 1979a). Devido à grande quantidade de espécimes coletados nesta formação, serão enumerados apenas os morfótipos principais, descritos na literatura e observados em consultas às coleções.

Uma laje de arenito amarelado de aproximadamente 2 X 0,50 m contendo pegadas foi coletada em uma pedreira na Fazenda Nova América, Município de Araraquara, Estado de São Paulo (LEONARDI, 1977b). As pegadas encontram-se com baixa qualidade de preservação e foram impressas em terreno inclinado, apresentando crescentes de areia; são elípticas e possuem um grande eixo transversal em ângulo reto com o eixo da pista. Na mesma laje ocorre uma pista com andadura ricochete. Não há indicação da coleção onde estas pegadas teriam sido depositadas.

Outras pegadas foram descobertas em quatro pedreiras situadas nas proximidades da estação do Ouro, na estrada de ferro entre os municípios de São Carlos e Araraquara, Estado de São Paulo; as lajes de arenito eram extraídas para uso como material de construção. Estas pegadas foram estudadas por LEONARDI (1980) e alguns espécimes coletados foram depositados na coleção do laboratório de paleontologia de vertebrados da Universidade Federal do Paraná. O espécime ARCN 1 procede da pedreira Califórnia e consiste de duas pegadas, com passo oblíquo de 17 cm: uma das pegadas, de 7 cm de comprimento, apresenta impressões de almofadas digitais e garras bem definidas. Pistas similares a esta

foram encontradas nas vias urbanas de Araraquara. Outras pistas encontradas nas pedreiras da Formação Botucatu são pertencentes a animais quadrúpedes e apresentam andadura semelhante à dos mamíferos; as pegadas têm contorno arredondado com eixo transversal maior que o parasagital; os dígitos, pouco evidenciados, têm fórmula falangeal 2-3-3-3-3. Na mesma formação também ocorrem pistas com andaduras ricochete e galope.

Duas lajes de arenito procedentes da pedreira de São Bento, situada no Município de Araraquara, Estado de São Paulo, apresentam pistas que foram descritas como um novo icnogênero de Tetrapoda. Este material encontra-se depositado na coleção de paleovertebrados do Museu Nacional do Rio de Janeiro, sob os números de tombo 3902-V e 3903-V (fig. 5) e sigla ARSB 78 e ARSB 127, respectivamente (AR=Araraquara; SB=São Bento). Com base nestes espécimes, *Brasilichnium elusivum* foi descrito por LEONARDI (1981c) como: "*pista de animal quadrúpede, de pequenas dimensões, com freqüente sobreposição marginal ou total, primária; ultrapassagem sempre ausente. Extrema diferença entre as mãos, diminutas, e os pés; aumenta a distância mão-pé quando diminui a velocidade da marcha. Ângulo do passo relativamente elevado para um quadrúpede. Pé de contorno elíptico, com eixo maior quase transversal, e eixo ântero-posterior levemente dirigido para dentro; artelhos curtos, arredondados, com provável fórmula falangeal 2-3-3-3-3; artelho V maior que os outros, em leve abdução. Mão pequena, arredondada. Traços de cauda sempre ausentes*".

Segundo LEONARDI (1981c), a laje 3902-V (ARSB 78), de 63 cm X 52 cm, é de arenito muito bem litificado, composto de grãos bem selecionados, arredondados, de superfície fosca, com cimento caolínico; pertencia a um dos declives de sotavento de uma grande duna fóssil; em posição quase diagonal está marcada uma pista quadrúpede de 15 pares bastante irregular, em epiarrelevo côncavo, com pés grandes e mãos diminutas. A laje 3903-V (ARSB 127), de 44 cm X 38,5 cm X 6 cm, com características litológicas idênticas à anterior, apresenta uma pista quadrúpede com sobreposição primária total e andadura muito irregular, de oito pegadas de patas posteriores.

### 3.1.9. Formação Guará

Os depósitos eólicos desta formação apresentam estruturas deformativas em seções verticais que foram interpretadas por SCHERER *et al.* (2001) como pegadas fósseis de tetrápodes. Segundo os autores, estas feições são estruturas côncavas, com larguras entre 20 e 30 cm e profundidades entre 10 e 20 cm, sendo caracterizadas pelo rompimento ou dobramento da laminação eólica. Ocorrem isoladas ou formando séries de até cinco pegadas em um mesmo intervalo estratigráfico (a maior delas contendo cinco pegadas), com espaçamento de cerca de dois metros entre elas. Algumas pegadas possuem uma crista central que divide a porção inferior em dois lobos. Estas estruturas são preenchidas por sedimentos que apresentam a mesma granulometria e textura dos estratos adjacentes.

### 3.1.10. Formação Caiuá

Duas icnofaunas são conhecidas na Formação Caiuá no noroeste do Estado do Paraná, nos municípios de Cianorte e Indianópolis. Pegadas procedentes desta formação foram encontradas também no Município de Cruzeiro do Oeste, Estado do Paraná. O material foi coletado e estudado por LEONARDI (1977a) e encontra-se depositado na coleção do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná. Nenhum dos espécimes foi localizado em visita à coleção.

Os icnofósseis de Cianorte procedem de vários afloramentos situados nas cabeceiras do córrego Catingueiro, tributário do rio Ivaí, a poucas centenas de metros ao leste da avenida Maranhão, no Município de Cianorte, Estado do Paraná. As pegadas ocorrem em camadas de arenito de coloração rosada, com estrutura rítmica e espessuras de 2 a 15 cm. LEONARDI (1977a) descreveu os seguintes espécimes:

- CICC 1 (CI=Cianorte; CC=Córrego Catingueiro) - Constitui-se de duas pegadas possivelmente tridáctilas com cerca de 15 cm; em cada pegada há duas profundas impressões de garras aguçadas, sendo que a garra da direita é



curvada e a da esquerda reta.

- CICC 2,3,5 e 6 - Pistas de pequenos animais, possivelmente quadrúpedes, com sobreposição primária total, produzidas em um terreno com 29° de inclinação; as pegadas dos pés, as únicas visíveis, são elípticas com grande eixo transversal, e em algumas delas ocorrem impressões dos dedos, curtas e geralmente acuminadas; o ângulo do passo é elevado; ocorrem crescentes de areia na margem posterior de várias pegadas; o espécime CICC 6 apresenta andar corrido. O espécime CICC 4 corresponde a uma pista de três pegadas ovais com traços incertos de dígitos ou almofadas digitais; o ângulo do passo é elevado, em torno de 180°; ocorrem crescentes de areia.

Diversas pistas de invertebrados, uma pegada isolada e cinco pistas de pequenos tetrápodes foram encontradas por LEONARDI (1977a) no pavimento da praça Antônio Moraes de Barros, no Município de Cianorte. As lajes procedem de uma pequena pedreira situada na localidade de "Dois Coqueiros" na rodovia São Manoel-Indianópolis, no Município de Indianópolis. Os arenitos desta localidade são mais compactos e de coloração mais clara que os de Cianorte. Deste material, os seguintes espécimes foram descritos por LEONARDI (1977a):

- INSM 1 (IN=Indianópolis; SM=São Manoel) - Representa uma pista quadrúpede com 22 conjuntos de impressões de pé e mão, onde a impressão do pé quase sempre sobrepõe-se à da mão; o eixo da mão direciona-se para frente, e o eixo do pé direciona-se externamente à pista; a mão é possivelmente tridáctila, pelo menos funcionalmente, plantígrada, com elevada divergência dos dedos, que são curtos, arredondados e sem garras; o pé é digitígrado com três dígitos e impressões de garras que podem corresponder aos dígitos III, IV e V, a divergência do dedos é baixa, e o dígito medial é mais longo e largo que os outros; não há marcas de arraste de cauda ou impressões de outras partes do corpo.
- INSM 2 - Ocorre na mesma laje que o INSM 1, e consiste de uma pista quadrúpede com 14 conjuntos de impressões de pé e mão; as impressões dos pés sobrepõem às das mãos, pelo menos em parte; a mão apresenta pelo menos três dígitos curtos e aguçados; os dígitos dos pés não são tão visíveis, mas são

mais longos e apresentam menor divergência que as mãos.

- INSM 3 - Corresponde a uma pista com 8 conjuntos de impressões de pé e mão; pode representar uma pista bípede ou quadrúpede com sobreposição total; os pés são bidáctilos ou tridáctilos, digitigrados a sub-digitigrados; o dígito lateral é mais longo que os outros; a última pegada do pé direito apresenta duas almofadas e garra no dedo lateral.
- INSM 4 - Consiste de outra possível pista quadrúpede com 9 conjuntos de impressões de pé e mão; há sobreposição total ou parcial; e neste caso a margem posterior das impressões dos pés cobrem a margem anterior das impressões das mãos; o ângulo do passo é baixo; as pegadas são transversalmente longas e sub-elípticas; em geral, o eixo do pé direciona-se externamente.
- INSM 5 - Corresponde a uma pista quadrúpede com 11 conjuntos de impressões de pé e mão e com baixa qualidade de impressão; o ângulo do passo é relativamente elevado.
- INSM 6 - Consiste de uma pegada isolada não muito clara, elíptica, com um longo eixo longitudinal de 4,5 cm e um eixo transversal de 2,3 cm. Os espécimes INSM 3 e 4 não foram coletados, e continuam nas calçadas de Cianorte.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pegadas fósseis de Tetrapoda, na Bacia do Paraná, são conhecidas nas formações Ponta Grossa, Irati, Rio do Rasto, Corumbataí, Sanga do Cabral, Santa Maria, Caturrita, Botucatu, Guará e Caiuá.

TABELA 1 – TÁXONS REPRESENTADOS POR PEGADAS FÓSSEIS DA BACIA DO PARANÁ.

Formação	Identificação	Procedência
Ponta Grossa	<i>Notopus petri</i> (Amphibia?)	Tibagi (PR)
Irati	Mesosauridae	Guapirama (PR)
Rio do Rasto	Cynodontia Lepidosauria	S. Jerônimo da Serra (PR)
Corumbataí	Archosauria	Taguaí (SP)
Sanga do Cabral	Thecodontia? Anomodontia?	Pântano Grande, Rio Pardo (RS)
Santa Maria	Archosauria	?
Caturrita	Therapsida? Sauropoda?	Faxinal do Soturno (RS)
Botucatu	Theropoda Ornithopoda <i>Brasilichnium elusivum</i> (Mammalia) Therapsida?	Araraquara, Analândia, S. Carlos, França, Rifaina (SP), Jacarezinho (PR)
Guará	Sauropoda?	?
Caiuá	Theropoda Therapsida?	Cianorte, Indianópolis, Cruzeiro do Oeste (PR)

#### 4.1. FORMAÇÃO PONTA GROSSA

Uma provável pegada de tetrápode provinda da Formação Ponta Grossa foi descrita por LEONARDI (1982, 1983b), estabelecendo-se novo icnogênero e nova icnoespécie. Embora trate-se de uma pegada isolada, suas características particulares e qualidade de sua preservação permitiram ao autor considerá-la uma nova forma. O icnofóssil foi interpretado como uma pegada isolada da mão esquerda de um Amphibia (fig. 1-B), constituindo um dos mais antigos registros de atividade de tetrápodes. A pegada foi classificada como:

Classe **AMPHIBIA** Linné, 1758; em. Merem, 1820

Sub-classe **Labyrinthodontia** Von Meyer, 1842

Ordem **?ICHTHYOSTEGALIA** Säve-Söderbergh, 1932

Ichnogênero ***Notopus*** Leonardi, 1983

Espécie-tipo: *Notopus petri* Leonardi, 1983

Segundo SCHNEIDER *et al.* (1972) a paleofauna da Formação Ponta Grossa é caracterizada principalmente por Echinodermata, Brachiopoda, Trilobita, Mollusca e Chitinozoaria, o que permite atribuir a idade neodevoniana (Emsiano ao Frasniano) à esta formação. Associados à pegada ocorrem espécimes de *Australocoelia tourteloti* Boucot e Gill, 1956 (Brachiopoda), *Tentaculites crotalinus* Salter, 1856, e fragmentos vegetais atribuíveis à *Spongiophyton* sp. Kräusel, 1954.

ROCEK e RAGE (1994) reestudaram o espécime *Notopus petri*, trazendo dúvidas a interpretação de LEONARDI (1983b) com base nas seguintes características: as porções posterior da palma e proximal do dedo IV não seriam observáveis no espécime original; as porções distais das impressões dos dedos são menos profundas, fato pouco comum em pegadas terrestres; os anfíbios devonianos possuem mais que cinco dígitos nos autopódios; a fauna associada a *N. petri* indica ambiente marinho; as impressões dos dedos não mostram articulações interfalangeais; a pegada é muito similar ao icnogênero *Asteriacites* Schlotheim, 1820, atribuído a Asteroidea ou Ophiuroidea; este icnogênero não ocorre na Formação Ponta Grossa, mas é conhecido em outros depósitos devonianos no

Brasil (COSTA BARROS<sup>6</sup>, *apud* ROCEK; RAGE, 1994). Segundo LEONARDI (1983b) a tetradactilia apresentada pela pegada evidenciaria uma condição primitiva entre os tetrápodes. Ainda assim, o animal que a teria produzido não necessariamente apresentaria autopódios tetradáctilos. Os sedimentitos da Formação Ponta Grossa têm origem marinha (SCHNEIDER *et al.*, 1974), mas o nível do qual procede a pegada pode representar uma embocadura de rio (LEONARDI, 1983b), o que seria compatível com os hábitos dulcícolas atribuídos a anfíbios primitivos. A pegada teria sido produzida em ambiente subaquático, e assim as características da porção posterior da pegada e da porção distal dos dedos não poderiam ser consideradas anormais. Nenhuma das características levantadas por ROCEK e RAGE (1994), consideradas isoladamente, podem excluir a possibilidade do icnofóssil corresponder a uma pegada de Amphibia. Outras pegadas de tetrápodes neodevonianos ocorrem na Austrália (WARREN; JUPP; BOLTON<sup>7</sup>, *apud* ROCEK; RAGE, 1994, WARREN; WAKEFIELD, 1972), Escócia (ROGERS<sup>8</sup>, *apud* CLACK, 1997) e na Irlanda (STÖSSEL<sup>9</sup>, *apud* CLACK, 1997), mas nenhuma destas pegadas apresenta semelhanças morfológicas com *N. petri*. Não existem registros de anfíbios devonianos em sedimentitos da África.

#### 4.2. FORMAÇÃO IRATI

As pegadas procedentes da Formação Irati (fig. 2) foram atribuídas a répteis Mesosauridae (SEDOR; COSTA; LEONARDI, 2001), conhecidos apenas nas formações Irati e White Hill, Permiano da América do Sul e da África, respectivamente. Foram interpretadas como marcas de arraste dos dedos II, III, IV, e eventualmente I, produzidas por representantes dos Mesosauridae em seminação,

<sup>6</sup> COSTA BARROS MUNIZ, G. Novos icnofósseis devonianos da Formação Inajá, no Estado de Pernambuco. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, n. 51, p. 121-132, 1979.

<sup>7</sup> WARREN, A.; JUPP, R.; BOLTON, B.R. Earliest tetrapod trackway. *Alcheringa*, n. 10, p. 183-186, 1986.

<sup>8</sup> ROGERS, D.A. Probable tetrapod tracks rediscovered in the Devonian of Scotland. *J. Geol. Soc. London*, n. 147, p. 746-748, 1990.

<sup>9</sup> STÖSSEL, I. The discovery of a new Devonian tetrapod trackway in SW Ireland. *J. Geol. Soc. London*, n. 152, p. 407-413, 1995.

provavelmente em um corpo de água raso; ao deslocar-se, o animal tangia o fundo inconsolidado com as extremidades dos dedos dos pés. As pegadas não representam a andadura do animal, pois a cauda constituía o principal órgão propulsor.

As adaptações dos Mesosauridae ao hábito aquático são tradicionalmente apontadas na literatura (e.g. WILLISTON, 1914), como por exemplo, corpo longo e delgado, cauda longa e comprimida lateralmente, crânio com um longo rostro e narinas situadas à frente das órbitas, autopódios com dedos longos e membranas interdigitais, costelas paquiostóticas. Estas pegadas encontram-se associadas a esqueletos de Mesosauridae, os únicos tetrápodes conhecidos na Formação Irati. A morfologia e as dimensões corporais e dos apêndices locomotores destes répteis são perfeitamente compatíveis com as pegadas aqui estudadas, o que justificaria a atribuição destas pegadas à estes répteis. Assim, os icnofósseis desta formação forneceram a primeira evidência direta de natação entre os Mesosauridae.

#### 4.3. FORMAÇÃO RIO DO RASTO

As pegadas lacertóides desta formação foram identificadas como *Rhynchosauroides* sp. Maidwell, 1911, icnogênero atribuído a Lepidosauria (fig. 3-A). As pegadas teromorfóides assemelham-se às do icnogênero *Dicynodontipus* Liliestern, 1944 (fig. 3-B), atribuído a Cynodontia (LEONARDI; SEDOR; COSTA, 2000, LEONARDI; SEDOR; COSTA, no prelo).

Segundo SEDOR e COSTA (2001), o afloramento de São Jerônimo da Serra forneceu, até o momento, a mais completa associação faunística para o Membro Morro Pelado. Além do registro de pegadas atribuídas a cinodontes e lepidossauros, foram coletados pela equipe de Paleontologia do Museu de Ciências Naturais três crânios parciais de anfíbios, um deles identificado como *Australerpeton cosgriffi* Barberena, 1998. Ocorrem também fragmentos de ossos e osteodermes isoladas de anfíbios e escamas isoladas e ossos de peixes paleoniscídeos. Restos de caules vegetais atribuídos a Sphenophyta ocorrem em níveis próximos ao topo. Em níveis próximos à base ocorrem valvas de moluscos Bivalvia, podendo apresentar valvas

articuladas, valvas de ostracódeos e de conchostráceos. A icnocenose estudada não apresenta nenhuma seqüência de pegadas que caracterize uma pista devido à dificuldade em se coletar grandes lajes de rocha, pois seria necessário retirar uma grande quantidade de sedimentitos dos níveis superiores aos que ocorrem as pegadas.

Os icnogêneros *Rhynchosauroides* e *Dicynodontipus* são mais comuns no Triássico dos continentes setentrionais e ocorrem no Neopermiano da Formação Arenarie di Val Gardena, na Itália (Alpes meridionais) (LEONARDI; SEDOR; COSTA, 2000, LEONARDI; SEDOR; COSTA, no prelo). A ocorrência de pegadas de répteis continentais no Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto confirma a interpretação de um ambiente paleodeltaico proposta por GAMA Jr. (1979) e reconhecida por BARBERENA e ARAÚJO (1975) e BARBERENA, ARAÚJO e LAVINA (1985). A idade atribuída ao Membro Morro Pelado é ainda muito controversa. Alguns autores a consideram Neopermiano (Eotatariano) (MENDES, 1967, DAEMON; QUADROS, 1970, SCHNEIDER *et al.*, 1974; BARBERENA; CORREIA; AUMOND, 1980), ao passo que interpretações mais recentes atribuem à base do Eotriássico (Eoscitiano) (MILANI; FRANÇA; SCHNEIDER, 1994, HOLZ; DIAS, 1998). A associação faunística apresentada para este afloramento sugere idade neopermiana. BARBERENA *et al.* (1983) correlacionaram a fauna local da Serra do Cadeado, constituída pelo anfíbio rinessucóide *Australerpeton cosgriffi* e pelo dicinodonte *Endothiodon sp.*, com a biozona de *Cistecephalus* do Sul da África, estabelecendo uma relação bioestratigráfica. Os grupos Cynodontia e Lepidosauria não eram conhecidos no Permiano da América do Sul antes do registro destas pegadas, mas estes grupos são comuns no Permiano africano, o que vem a estabelecer um novo elemento de correlação faunística entre estes dois continentes. O réptil *Youngina*, do Neopermiano da África, possui autopódios com morfologia típica lacertóide, com dedos I ao IV em tamanho crescente e dedo V de menores dimensões. Suas dimensões são também compatíveis com as das pegadas. O cinodonte *Procynosuchus*, também do Neopermiano da África, embora não seja conhecida a morfologia de seus autopódios, apresenta dimensões compatíveis com as das pegadas teromorfóides. Portanto há, no continente africano, répteis capazes de produzir pegadas dos tipos *Rhynchosauroides* e *Dicynodontipus*.

A pegada JATO 1, procedente do Município de Jacarezinho, representa a impressão de um autopódio de um pequeno vertebrado, provavelmente um réptil não lacertiforme, produzida em seminatação em um corpo de água raso (LEONARDI, 1987b). No mesmo afloramento ocorrem estruturas biogênicas de invertebrados e fragmentos de ossos de peixes. Não há um consenso sobre a classificação de pegadas de seminatação, mas estas ocorrem em outras formações permianas na Alemanha e na Formação "Arenarie di Val Gardena", no nordeste da Itália (LEONARDI<sup>10</sup>, *apud* LEONARDI, 1987b).

#### 4.4. FORMAÇÃO CORUMBATAÍ

Esta formação é tradicionalmente atribuída à idade neopermiana, mais especificamente ao intervalo Kazaniano-Tatariano (MENDES, 1967, DAEMON; QUADROS, 1970, ROHN; RÖSLER, 1987, SOHN; ROCHA-CAMPOS, 1990, ROHN; LAVINA, 1993) ou Tatariano (DAEMON, 1974). Alguns autores tenderam a posicioná-la no Triássico, a exemplo de RAGONHA<sup>11</sup> (*apud* ANDREIS; CARVALHO, 2001), com base na ocorrência de *Xenacanthus moorei* (Chondrichthyes), e DAEMON, CASALETTI e CIGUEL (1996), baseados em análise palinológica e associação faunística.

Segundo ANDREIS e CARVALHO (2001), os calcários oolíticos onde ocorrem as pegadas teriam sido depositados em extensas poças de água rasas e estáveis, em uma planície de maré extensa e de baixo gradiente, onde os estágios de vazante e preamar em cada ciclo de maré ocorreriam mais lentamente, aumentando o potencial de preservação das pegadas. Associadas às pegadas ocorrem fendas de ressecamento, produzidas provavelmente pela exposição dos sedimentos durante uma maré baixa. Neste tipo de ambiente, pistas são freqüentemente produzidas e podem ser preservadas nos sedimentos da zona de intermaré durante os intervalos de maré vazante.

---

<sup>10</sup> LEONARDI, P. Orme di Tetrapodi nelle Arenarie di Val Gardena (Permiano Medio-Inferiore) dell'Alto Adige Sud-Orientale. *Mem. Ist. Geol. e Min. Univ. Padova*, Padova, n. 17, p. 1-23, 1951.

<sup>11</sup> Ver referência na p. 6.



Foram reconhecidos 15 agrupamentos de pegadas compondo pistas, o que sugere que foram produzidas por vários indivíduos se deslocando em diferentes sentidos. O padrão de distribuição das pegadas indica que tenham sido produzidas por animais quadrúpedes, e a morfologia e contexto sedimentológico possibilitam inferir que se tratam de répteis. As pegadas de menores dimensões representam provavelmente impressões de mãos, enquanto que as de maiores dimensões podem representar impressões de pés. As pistas são relativamente largas, o que sugere que tenham sido produzidas por animais de pequenas dimensões e com provável locomoção lenta em superfícies expostas (ANDREIS; CARVALHO, 2001).

Segundo ANDREIS e CARVALHO (2001), as pegadas da Formação Corumbataí diferem daquelas encontradas na Formação Rio do Rasto, possivelmente de idade equivalente na Bacia do Paraná, que são pentadáctilas. O registro de pegadas tridáctilas é freqüente a partir do Mesotriássico (e.g. BAIRD, 1957, DEMATHIEU, 1966, CONTI *et al.*, 1975, CARROLL, 1988, LEONARDI, 1994). Em sedimentitos gondwânicos, pegadas semelhantes a estas são encontradas apenas nas sucessões sedimentares do Triássico da África do Sul (ELLENBERGER<sup>12</sup>, *apud* ANDREIS; CARVALHO, 2001), como por exemplo os icnogêneros *Anatrisauropus*, *Moyenisauropus* e *Otouphepus*. As pegadas da Formação Corumbataí foram atribuídas por ANDREIS e CARVALHO (2001) a Archosauria primitivos de pequeno porte. Segundo os autores, a tridactilia apresentada pelas pegadas sugere uma idade eotriássica, possivelmente Scytiano, para a formação.

#### 4.5. FORMAÇÃO SANGA DO CABRAL

A pegada registrada por LEONARDI (1994) proveniente da Formação Sanga do Cabral, segundo o autor, poderia ter sido produzida por Amphibia ou Therapsida, mas devido à baixa qualidade de preservação esta não pôde ser precisamente identificada.

---

<sup>12</sup> ELLENBERGER, P. Les niveaux paleontologiques du première apparition des mammiferes primordiaux en Afrique du Sud et leur ichtnologie. In: S. H. Haughton (ed.), *Proceedings and Papers of the II Gondwana Symposium*, South Africa, 1970, p. 343-370.

Segundo CARGNIN *et al.* (2001), a pegada tridáctila proveniente da Formação Sanga do Cabral é morfologicamente similar à de terópodes de grande porte, mas esta interpretação é incompatível com a idade eotriássica atribuída à formação, visto que os dinossauros mais antigos conhecidos datam do Carniano (Neotriássico) (BENTON, 1997). É possível que a pegada corresponda a uma impressão parcial do autopódio posterior de um tecodonte (CARGNIN *et al.*, 2001). A pegada tetradáctila procedente desta formação assemelha-se à pegada da mão de um réptil mamaliforme Anomodontia (CARGNIN *et al.*, 2001).

Na Formação Sanga do Cabral ocorrem materiais esqueléticos de Procolophonidae (*Procolophon* sp., *Procolophon pricei* Lavina, 1983, e Procolophonidae indeterminados), Dicynodontia (*cf. Lystrosaurus* sp.) e Archosauromorpha (Protosauria indeterminado) (LANGER; LAVINA, 2000). Nenhum destes táxons apresenta dimensões compatíveis às das pegadas, que desta maneira poderiam representar novos elementos faunísticos para a Bacia do Paraná. Tecodontes e anomodontes são conhecidos no Eotriássico do sul da África (CARROLL, 1988).

#### 4.6. FORMAÇÃO SANTA MARIA

Esta formação triássica é conhecida por sua abundante e variada fauna reptiliana (*e.g.* HUENE, 1942, BARBERENA, 1977). A ocorrência de coprólitos de répteis herbívoros e carnívoros é muito abundante nesta formação, mas o espécime MCT 1513-R (*fig. 4*) constitui o único identificado até o presente que apresenta marcas de pisoteio, que podem ser interpretadas como pegadas provavelmente produzidas por representantes dos Archosauria (SOUTO, 2001). As pegadas e o coprólito não foram produzidos pelo mesmo animal, o que é demonstrado pela relação entre as dimensões destes. Esqueletos de arcossauros são conhecidos nesta formação (*e.g.* HUENE, 1942) e também em sedimentitos triássicos sul-africanos (*e.g.* CARROLL, 1988, COLBERT, 1963). Este constitui o único registro de pegadas da Formação Santa Maria.

#### 4.7. FORMAÇÃO CATURRITA

Segundo CARGNIN *et al.* (2001), as pegadas tridáctilas encontradas na Formação Caturrita apresentam-se bastante deformadas e assim não têm relação direta com a morfologia original do autopódio. Foram produzidas provavelmente por répteis Therapsida, cujos esqueletos ocorrem nesta formação (e.g. BARBERENA; ARAÚJO; LAVINA, 1985; BARBERENA; ARAÚJO; LAVINA; AZEVEDO, 1983). Segundo CARGNIN *et al.* (2001), a interpretação das estruturas cilíndricas como pegadas fósseis é duvidosa devido à profundidade e à verticalidade apresentadas por algumas delas.

#### 4.8. FORMAÇÃO BOTUCATU

A pedreira de São Bento, no Município de Araraquara, foi escavada em uma grande paleoduna transversal com aproximadamente 20 m de altura, o que explica a formação de crescentes de areia nas pegadas. Segundo LEONARDI (1979a), *"...não há dúvida de que o ambiente era desértico, com grandes dunas transversais. Os pequenos animais saíam de suas tocas, sobretudo à noite, e deixavam suas pegadas impressas claramente na areia umidificada pelo orvalho. O vento da manhã, carregando a areia aquecida do lado de barlavento (ao norte) cobria as pegadas protegendo-as, no declive de sotavento (ao sul), ainda na sombra nas primeiras horas da manhã. Quando as pegadas não eram imediatamente cobertas, ficavam estragadas pela evaporação da umidade da areia e pelo vento quente, transformando-se em simples concavidades, como aconteceu na maioria dos casos..."*.

O espécime ARCN 1 provavelmente foi produzido por um pequeno réptil bípede com pés tridáctilos, e pode ser atribuído, juntamente com outras pistas similares, a Coelurosauria Huene, 1914. Os espécimes UFRJ 5-IcV (fig. 6-B), UFRJ 17-IcV (fig. 7-A) e UFRJ 128-IcV (fig. 7-B) também podem ser atribuídos a este grupo. Não ocorrem nesta formação pegadas de grandes dinossauros ou de répteis de andar espraçado. As pistas que apresentam melhor qualidade de preservação

podem ter sido produzidas durante a noite, evidenciando hábitos noturnos dos seus produtores (LEONARDI, 1980).

Segundo LEONARDI (1981c), o espécime 3902-V (fig. 5-A) representa uma pista em que o autor inicialmente andava em velocidade elevada, diminuindo-a na metade da pista conservada e retomando as passadas longas ao final desta; os valores máximos do passo duplo, passo oblíquo e ângulo do passo são muito elevados, especialmente levando-se em conta o declive ( $\sim 28^\circ$ ) em que o animal se deslocava (LEONARDI, 1981c). A laje 3903-V (fig. 5-B) apresenta uma pista quadrúpede, mas aparenta bipedismo devido à sobreposição primária total. Cabe salientar que a primeira pista encontrada no Brasil por PACHECO<sup>13</sup> (1913) corresponde a uma pista deste tipo; embora apresentasse aparente bipedismo, foi corretamente interpretada por HUENE<sup>14</sup> como uma pista quadrúpede (LEONARDI, 1981c).

LEONARDI (1981c) atribuiu provisoriamente o icnogênero *Brasilichnium* a uma nova forma de mamíferos primitivos, com uma distância gleno-acetabular de aproximadamente 8 cm, quadrúpede com tendência a diminuir o apoio na parte dianteira do corpo, com patas anteriores pequenas e posteriores grandes, com apoio sub-plantígrado.

Segundo LEONARDI e SARJEANT (1986), a icnofauna da Formação Botucatu aparenta ser endêmica e única entre icnofósseis, que podem ser divididos em quatro diferentes tipos:

- Pistas de dinossauros: são sempre bípedes, com elevado ângulo de passo e pegadas tridáctilas. Incluem pistas de grandes dinossauros, provavelmente Ornithopoda, com passo duplo acima de dois metros, e outras pertencentes a animais ágeis de menor tamanho, possivelmente Theropoda.
- Pistas teromorfóides: são pistas quadrúpedes, com passo duplo entre 15 e 50 cm. As pegadas são elípticas, com um grande eixo transversal e apresentam garras, o que é característico de Therapsida (LEONARDI, 1977b). Assemelham-se a pegadas de répteis Therapsida, principalmente do icnogênero *Laoropus*. Podem representar pegadas de Tritylodontoidea.

---

<sup>13</sup> Ver referência na p. 3.

- Pistas mamiferóides: são todas quadrúpedes, geralmente com mãos pequenas e pés grandes, a exemplo de *Brasilichnium elusivum* Leonardi, 1981, que apresenta tanto passo galopado quanto andado. Outras pistas mamiferóides pertencem a pequenos animais que podiam se locomover saltando, com andadura do tipo ricochete (fig. 6-A), muito rara entre pistas fósseis. É difícil determinar se estas pistas foram produzidas por répteis mamaliformes ou por mamíferos primitivos, pois pouco se conhece acerca da anatomia dos autopódios destes animais, mas certamente elas documentam um estágio de transição entre estes grupos.
- Pistas de invertebrados: ocorrem na Formação Botucatu pistas atribuídas a Arthropoda, assim como pistas de invertebrados vermiformes (FERNANDES; CARVALHO; NETTO, 1990) e uma controversa pista atribuída a Conchostraca (PARAGUASSU<sup>15</sup>, *apud* FERNANDES; CARVALHO; NETTO, 1990).

A Formação Botucatu aflora em uma extensa área na América do Sul, estendendo-se desde os estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás, no Brasil, até o Uruguai, Paraguai e Argentina (LEONARDI; OLIVEIRA, 1990). A extensão calculada desta formação é de cerca de 1.300.000 km<sup>2</sup>, segundo SANFORD e LANGE (1960). Fósseis de ossos de animais ou pólen são raros nestas rochas, o que impossibilita uma datação precisa. Segundo FÚLFARO (1972), a idade radiométrica de 130-140 milhões de anos para a Formação Botucatu, definida pela datação radiométrica dos basaltos que a recobrem (CORDANI; VANDOROS, 1967), "*deriva de erro na interpretação de sills intrusivos como derrames*", o que viria a situá-la no Triássico. A icnofauna descoberta na década de 1970 pode ajudar a definir esta questão. Segundo LEONARDI e OLIVEIRA (1990), a Formação Botucatu, pelo menos no Estado de São Paulo e particularmente em Araraquara, deve situar-se em um período de tempo entre o Rhaetiano e o Mesojurássico, ou com maior probabilidade entre o Eojurássico e a porção inferior do Mesojurássico.

---

<sup>14</sup> Ver referência na p. 3.

<sup>15</sup> PARAGUASSU, A.B. Estruturas sedimentares da Formação Botucatu. *Min. Met.*, Rio de Janeiro, v. 51, n. 301, p. 25-30, 1970.

#### 4.9. FORMAÇÃO GUARÁ

Esta formação apresenta depósitos eólicos com estruturas deformativas em seções verticais que foram interpretadas por SCHERER *et al.* (2001) como pegadas fósseis de tetrápodes. A litofácies que contém estas estruturas é caracterizada por arenitos finos a médios, compostos por lâminas finas (1 a 5 mm). As características dos sedimentos sugerem origem eólica e o baixo ângulo de mergulho dos estratos (0 a 5°) sugere acumulação eólica em áreas de interdunas ou lençóis de areia (SCHERER *et al.*, 2001).

Segundo SCHERER *et al.* (2001), inicialmente as estruturas poderiam ser interpretadas como feições sedimentares, no entanto, a homogeneidade granulométrica dos sedimentos, baixa variabilidade no tamanho e a ocorrência de estruturas em séries regularmente espaçadas sugerem origem biogênica; as dimensões, morfologia e o espaçamento das pegadas sugerem que estas tenham sido geradas por dinossauros saurópodes de porte médio, o que coincide com uma possível idade neojurássica dos depósitos da Formação Guará.

Há alguns problemas quanto à esta primeira interpretação destas estruturas como pegadas. As prováveis pegadas foram observadas em seção vertical, mas os autores não descrevem a conformação tridimensional destas estruturas, portanto não há evidências de que apresentem formato arredondado em superfície, típico de pegadas de saurópodes (LOCKLEY, 1991). É extremamente raro o registro de pegadas em seção vertical, mas nesta formação ocorrem várias seqüências delas, o que seria ainda mais raro. Impressões de mãos de saurópodes são bastante distintas em tamanho e freqüentemente em profundidade em relação às impressões dos pés (LOCKLEY, 1991), mas nenhuma das estruturas deformativas da Formação Guará poderia representar impressões de mão, visto que todas possuem tamanhos similares. Impressões dos dedos em pegadas de saurópodes são geralmente mais profundas que as da região plantar (LOCKLEY, 1991), o que não é observado nestas estruturas.

#### 4.10. FORMAÇÃO CAIUÁ

Até a descoberta das pegadas por LEONARDI, em 1977(a), os arenitos da Formação Caiuá eram considerados estéreis. Estes arenitos estão depositados sobre os basaltos da Formação Serra Geral, cuja idade foi determinada radiometricamente entre 120 e 140 milhões de anos (CORDANI; VANDOROS, 1967). Segundo MILANI, FRANÇA e SCHNEIDER (1994), os grupos Caiuá e Bauru correspondem à seqüência neocretácica da Bacia do Paraná. A Formação Bauru, sobreposta à Formação Caiuá, é tradicionalmente atribuída a esta idade devido à sua fauna reptiliana, composta principalmente por Crocodilia, Dinosauria e Testudines (SCHNEIDER *et al.*, 1974). A Formação Caiuá provavelmente representa um ambiente desértico similar à Formação Botucatu (SCHNEIDER *et al.* 1974; LEONARDI, 1977a). Aspectos geológicos tais como mergulho e estrutura rítmica das camadas e a seleção do material sedimentar, associados à forma de preservação das pegadas, muitas delas com crescentes de areia, são indicativos de que os sedimentitos são de origem eólica.

Os arenitos dos quais procedem os icnofósseis de Cianorte pertencem à porção inferior da Formação Caiuá. Segundo LEONARDI (1977a), o espécime CICC 1 pode representar duas pegadas em seqüência produzidas por um pequeno réptil bípede, Coelurosauria ou um jovem Carnosauria; é pouco provável que estas pegadas pertençam a um animal quadrúpede, pois a presença de garras sugere um animal carnívoro, e não são conhecidos mamíferos carnívoros deste porte no Cretáceo, ou dinossauros carnívoros quadrúpedes. Os espécimes CICC 2, 3, 5 e 6 apresentam algumas semelhanças com o icnogênero *Laoropus*, e podem ser atribuídos a pequenos répteis Therapsida ou mais provavelmente a mamíferos primitivos; o elevado ângulo do passo apresentado por estas pistas, produzidas em terreno inclinado, indica que pertencem a animais relativamente ágeis. O espécime CICC 4 pode ser atribuído a um animal bípede, provavelmente um Coelurosauria, embora não apresente a divergência digital esperada para uma pegada de um animal deste grupo. Portanto, a icnofauna de Cianorte é formada por Theropoda e, com ressalvas, Therapsida ou mamíferos primitivos.

A icnofauna de Indianópolis é difícil de ser determinada devido à baixa

qualidade de preservação das pegadas. Segundo LEONARDI (1977a), o espécime INSM 1 representa um animal quadrúpede relativamente ágil, com pernas longas; a distância gleno-acetabular foi estimada em cerca de 5 cm, e o comprimento total do animal em cerca de 20 cm. O comprimento do tronco do espécime INSM 2 foi estimado em 4 cm. Assumindo que o espécime INSM 3 representa uma pista quadrúpede, o comprimento estimado do tronco corresponde a 6 ou 7 cm; os pés seriam pequenos em relação às dimensões do animal. O comprimento do tronco do espécime INSM 4 foi estimado entre 4 e 6,5 cm. As impressões menores do espécime INSM 5 podem ser interpretadas como pegadas de mãos. A icnofauna de Indianópolis pode ser atribuída, com dúvidas, a mamíferos primitivos. A freqüente sobreposição das mãos pelos pés encontrada nas pegadas desta formação é uma característica de pistas de mamíferos.

Segundo LEONARDI (1977a), a ocorrência destas icnofaunas vem a confirmar a idade cretácica atribuída a esta formação (LANDIM; SOARES<sup>16</sup>, ARID; PARCHA; MEZZALIRA<sup>17</sup> *apud* LEONARDI, 1977a).

---

<sup>16</sup> LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C. Estratigrafia da Formação Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976. *Anais...* p. 38.

<sup>17</sup> ARID, F.M.; PARCHA, S.F.; MEZZALIRA, S. Contribuição ao estudo da Formação Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1976. *Anais...* p. 48-49.



## 5. CONCLUSÕES

Os argumentos expostos por ROCEK e RAGE (1994) não são suficientes para afirmar que o icnofóssil *Notopus petri* Leonardi, 1983, procedente da Formação Ponta Grossa, corresponde a uma impressão imperfeita de *Asteriacites*, de forma que não podemos descartar a hipótese deste icnofóssil constituir uma pegada de Amphibia. O afloramento de onde procede a amostra é ainda muito problemático do ponto de vista estratigráfico. Esta questão deverá ser esclarecida com a realização de novas prospecções.

Os icnofósseis da Formação Irati correspondem a impressões produzidas por representantes dos Mesosauridae em natação. Características morfológicas apresentadas pelos esqueletos de Mesosauridae evidenciam hábitos aquáticos. Estas pegadas constituem uma importante evidência de natação. Estudos em andamento poderão fornecer novos dados sobre a locomoção destes animais.

A icnofauna da Formação Rio do Rasto, da localidade de São Jerônimo da Serra, é constituída por répteis mamaliformes e lacertóides, táxons inéditos para o Neopermiano da América do Sul mas conhecidos em rochas da mesma idade no sul do continente africano. Até o momento não foram identificadas novas formas de icnofósseis nesta formação. Segundo BARBERENA *et al.* (1983), a Formação Rio do Rasto apresenta duas faunas locais, respectivamente, a fauna local da Serra do Cadeado, constituída pelo anfíbio *Australerpeton cosgriffi* Barberena, 1996, e pelo dicinodonte *Endothiodon* sp., e a fauna local de Aceguá, constituída por *Pareiasaurus americanus* Araújo, 1985. A icnofauna de São Jerônimo da Serra constitui uma nova fauna local para a Formação Rio do Rasto, que inclui cinodontes e lepidossauros primitivos, representados pelas pegadas fósseis, e *A. cosgriffi*, representado por crânios coletados na localidade.

Caso sejam confirmadas as identificações das pegadas encontradas na Formação Sanga do Cabral, estas poderão constituir novos elementos de correlação faunística com o Eotriássico do sul da África.

As pegadas encontradas sobre um coprólito na Formação Santa Maria foram produzidas possivelmente por representantes dos Archosauria, um táxon bem conhecido para esta formação, e desta forma não fornecem novos elementos faunísticos, assim como os icnofósseis da Formação Caturrita. Este é o único registro de pegadas fósseis para a Formação Santa Maria.

A Formação Botucatu apresenta uma variada e abundante icnofauna, que inclui cerca de 25 formas de pistas de tetrápodes. Estas pistas podem ser agrupadas em três morfótipos: pistas mamiferóides, teromorfóides e pistas de dinossauros terópodes. Ainda assim, até o presente apenas um icnogênero foi descrito e não há uma distinção muito clara entre as pegadas mamiferóides e teromorfóides. É possível que algumas destas diferentes formas representem variações de um mesmo tipo morfológico. É necessário que se efetue uma revisão destes icnofósseis para que muitos dos aspectos ainda indefinidos possam ser esclarecidos.

Não há evidências suficientes indicando que as estruturas deformativas da Formação Guará representem pegadas de dinossauros saurópodes e é pouco provável que tenham origem biológica. Estudos devem ser realizados no sentido de descrever a estrutura tridimensional destas feições, o que possibilitará uma melhor interpretação delas.

As icnofaunas da Formação Caiuá incluem dinossauros e mamíferos. É difícil estabelecer relações entre esta icnofauna com outras faunas devido aos seguintes fatores: a maior parte das pegadas são mal preservadas, fato comum em ambientes desérticos; as duas icnofaunas representam um registro muito pontual e não podem ser relacionadas entre si; a idade da Formação Caiuá é ainda muito controversa e o registro de Dinosauria e Mammalia é muito amplo em todo o mundo a partir do Jurássico. Estudos futuros nesta formação poderão fornecer novas informações.

Icnofósseis procedentes das Formações Rio do Rasto, Botucatu e Caiuá não foram localizados durante as visitas às coleções, o que demonstra a situação precária em que se encontram as instituições científicas no Brasil.

A Bacia do Paraná apresenta uma grande variedade de icnofósseis de tetrápodes, alguns deles novos para a ciência, em toda sua extensão vertical. A

maior parte das pegadas fósseis necessitam de estudos mais aprofundados e descrições mais acuradas, que possam relacioná-las a outras ocorrências conhecidas. Ainda assim, estas ocorrências complementam o conhecimento sobre as paleofaunas de tetrápodes e contribuem na datação dos estratos. Outras formações geológicas da Bacia do Paraná apresentam um grande potencial para a preservação de pegadas, e é possível que a realização de um programa de pesquisas sistemáticas em afloramentos e em materiais de coleções revelem novos elementos faunísticos para estas formações.

## GLOSSÁRIO

**Andadura** - ou andar, é a progressão de um animal que resulta de uma sucessão de passos ou saltos feitos sucessivamente em uma determinada direção. Pode ser de vários tipos: e.g. **ricochete**, andar bípede em que o animal salta com os dois pés simultaneamente, colocados lado a lado ou diagonalmente; **galope**, tipo complexo e variado de andadura em que as quatro patas simultaneamente deixam o chão por alguns instantes; **andar corrido**, em que o animal se locomove o mais rápido possível mantendo sempre pelo menos uma das patas no chão.

**Autopódio** - a pata, conjunto de basipódio (carpo ou tarso), metapódio (metacarpo ou metatarso) e acropódios ou falanges, independentemente de quais destas partes constituem a superfície de apoio (LEONARDI, 1979b).

**Biocenose** - distintas associações constituídas por organismos, cada uma das quais se acha adaptada às condições reinantes em determinada porção de um ambiente (MENDES, 1982).

**Biozona** - corpos de rochas fossilíferas que podem ser distintas por determinadas características paleontológicas (MENDES, 1982).

**Coprólito** - excremento ou fezes fossilizadas.

**Crescente de areia** - deformação convexa em forma de meia-lua que ocorre em pegadas produzidas em terrenos arenosos inclinados; indicam a direção da inclinação.

**Distância gleno-acetabular** - ou comprimento do tronco, corresponde à distância entre o centro da cavidade glenóide e o centro da cavidade acetabular.

**Ectaxônica** - pegada cujo dígito mais importante é externo ou lateral (em geral o IV), muito comum em Lepidosauria (LEONARDI, 1979b).

**Epirrelevo côncavo** - o mesmo que molde; impressão côncava de um autopódio na superfície superior de uma camada sedimentar.

**Fácies** - conjunto de feições que caracteriza uma rocha sedimentar, sejam elas a cor, granulação, estruturas internas, geometria deposicional, espessura, fósseis ou paleocorrentes (DELLA FÁVERA, 2001).

**Formação** - uma unidade formal de estrato geológico que é distinta de outras unidades e extremamente reconhecida; a designação formal de um depósito sedimentar, geralmente nomeado de acordo com a localidade em que é melhor representado (LOCKLEY, 1991).

**Hípex** - o ápice do ângulo de reentrância entre dois dígitos (LEONARDI, 1979b).

**Hiporrelevo convexo** - o mesmo que contra-molde; impressão convexa preservada na superfície inferior da camada sobreposta àquela em que a pegada original foi produzida.

**Incocenose** - uma assembléia de vestígios fósseis representando as atividades de uma associação de organismos vivos em uma mesma camada sedimentar (LEONARDI, 1987a).

**Incnoespécie** - icnotáxon de nível mais específico reconhecido. O nome de uma incnoespécie é uma combinação binomial, consistindo do nome do icnogênero seguido por um único epíteto específico (LEONARDI, 1987a).

**Incnofauna** - fauna cuja composição é indicada pelos vestígios de atividade dos seus componentes (LEONARDI, 1987a).

**Incnofóssil** - evidência da atividade de um organismo preservada em rocha sedimentar (LEONARDI, 1987a).

**Incnogênero** - um paratáxon (ou icnotáxon) que contém uma ou mais incnoespécies. Constitui o icnotáxon mais importante na Paleoicnologia. A definição é totalmente morfológica e não implica em relações sistemáticas ou filogenéticas. Um icnogênero não corresponde necessariamente a um único gênero de produtor dos incnofósseis, mas pode evidenciar a atividade similar de vários gêneros de produtores (LEONARDI, 1987a).

**Incnoologia** - estudo dos vestígios da atividade dos organismos.

**Mesaxônica** - pegada cujo dígito mais importante é o mediano, ou III, comum entre os Archosauria (LEONARDI, 1979b).

**Paleoicnologia** - o estudo dos vestígios fossilizados da atividade de organismos, produzidos ainda em vida.

**Pegada** - impressão de um autopódio ou parte deste em um substrato (LEONARDI, 1987a).

**Pista** - série de pegadas sucessivas, impressas por um animal em marcha; usualmente consiste de três pares seqüenciais de pegadas no caso de animais quadrúpedes ou três pegadas no caso de animais bípedes (SARJEANT, 1975).

**Plantigrada** - pegada em que ocorre impressão do autopódio completo (LEONARDI, 1979b).

**Seminatação** - a progressão de animais que flutuam em águas rasas e locomovem-se empurrando os dedos dos pés contra o substrato submerso. As pistas correspondentes são freqüentemente incompletas e irregulares, e podem ser formadas por animais completamente submersos. As pegadas consistem principalmente de arranhões e entalhes deixados por garras, dígitos ou cascos (LEONARDI, 1987a).

**Sobreposição** - quando a impressão do pé encontra-se sobre parte ou toda a impressão da mão (LEONARDI, 1979b).

**Sobreposição Primária** - sobreposição normal que pode ocorrer em animais com corpo curto quando o pé recobre parte ou toda a impressão da mão imediatamente após a retração desta (PEABODY, 1959). Pode ser **marginal**, **parcial** ou **total**, conforme a pegada do pé toca marginalmente, cobre parcialmente ou totalmente a pegada da mão (LEONARDI, 1979b).

**Sub-pegada** - a impressão deixada por uma pegada em camadas subjacentes (LOCKLEY, 1991). Quando um animal pisa em um substrato inconsolidado, pode produzir deformações nas camadas subjacentes; freqüentemente a camada que contém a pegada original sofre erosão, expondo as deformações, que são chamadas de sub-pegadas (SARJEANT, 1988).

**Ultrapassagem** - do pé em relação à mão; geralmente considera-se apenas a ultrapassagem primária, quando, em um mesmo par, a pegada do pé está situada anteriormente em relação à da mão (LEONARDI, 1979b).

**Zonas de amplitude** - corpo de rochas delimitado pela distribuição espacial de um ou mais componentes selecionados em determinada associação de fósseis (MENDES, 1982).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREIS, R.R.; CARVALHO, I.S. Pegadas fósseis da Formação Corumbataí (Neopermiano, Bacia do Paraná) na Pedreira Pau Preto, Município de Taguaí, São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15, São Pedro, 1997. **Boletim de resumos...** São Pedro: UNESP, 1997. p. 140.

ANDREIS, R.R.; CARVALHO, I.S. A Formação Corumbataí Permiano Superior-Triássico Inferior, Bacia do Paraná) na Pedreira Pau Preto, Município de Taguaí, São Paulo, Brasil: Análise Paleoambiental e das Pegadas Fósseis. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, n. 2, p. 33-46, jul/dez. 2001.

BAIRD, D. Triassic Reptile footprints faunules from Milford, New Jersey. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. 117, n. 5, p. 449-520, 1957.

BARBERENA, M.C. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. **Pesquisas**, Porto Alegre, v. 7, p. 111-129, fev. 1977.

\_\_\_\_\_. Cinodontes e rincossauros no Sul do Brasil. **Ciência Hoje**, v. 6, n. 34, p. 44-50, 1987.

BARBERENA, M.C.; ARAÚJO, D.F.; LAVINA, E.L.; AZEVEDO, S.K. O estado atual do conhecimento sobre os tetrápodes permianos e triássicos do Brasil meridional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 8, 1983, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1983. p. 21-28.

BARBERENA, M.C.; ARAÚJO, D.C. Tetrapodos fosiles de Sudamerica y deriva continental. In: Congreso Argentino de Paleontologia y Bioestratigrafia, 1, 1975, Tucumán. **Actas...** Tucumán, 1975, v. 1, p. 497-504.

BARBERENA, M.C.; ARAÚJO, D.C.; LAVINA, E.L. Late permian and triassic tetrapods of southern Brazil. **National Geographic Research**, v. 1, n. 1, p. 5-20. 1985.

BARBERENA, M.C.; CORREIA, N.R.; AUMOND, J.J. Contribuição à Estratigrafia e Bioestratigrafia do Grupo Passa Dois na Serra do Cadeado (Nordeste do Paraná, Brasil). **Revista Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 268-275. 1980.

BENTON, M. Origin and Early Evolution of Dinosaurs. In: **The Complete Dinosaur**, Indiana University Press, 1997. p. 204-215.

BONAPARTE, J.F. Faunas y paleobiogeografia de los tetrápodos mesozóicos del América del Sur. **Ameghiniana**, Buenos Aires, v. 16, n. 3-4, p. 217-238, dez, 1979.

CAMP, C.L.; HANNA, G.D. **Methods in paleontology**. Berkeley: University of California press, 1937. 153 p.



CARGNIN, D.; FERIGOLO, J.; RIBEIRO, A. M.; NEGRI, F.R.; CARVALHO, I.S. Pegadas Fósseis do Triássico da Bacia do Paraná (Grupo Rosário do Sul), Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, n. 2, p. 71, jul/dez. 2001.

CARROLL, R.L. **Vertebrate Paleontology and Evolution**. New York: W.H. Freeman and Company, 1988. 566 p.

CARVALHO, I.S. (Ed.). **Paleontologia**. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2000. 628 p.

CARVALHO, C.M.; BERTINI, R.J.; MARCONATO, L.D.P. Icnofósseis de Vertebrados da Formação Botucatu, Jurássico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim de resumos...** Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2001(a). p. 23.

CARVALHO, C.M.; BERTINI, R.J.; MARCONATO, L.D.P. A Paleicnofauna de Vertebrados da Formação Botucatu no Estado de São Paulo. Estado da Arte e Perspectivas Investigativas. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, n. 2, p. 111, jul/dez. 2001 (b).

CLACK, J.A. Devonian tetrapod trackways and trackmakers; a review of the fossil and footprints. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 130, p. 227-250. 1997.

COLBERT, E.H. Relationships of the Triassic reptilian faunas of Brazil and South Africa. **South African Journal of Science**, v. 59, n. 5, p. 248-253, mai, 1963.

COLBERT, E.H. **Wandering lands and animals**. New York: Dover Publications Inc., 1985. 323 p.

CONTI, M.A.; LEONARDI, G.; MARIOTTI, N.; NICOSIA, U. Tetrapod footprints, fishes and molluscs from the Middle Permian of the Dolomites (N. Italy). **Memorie Geopaleontologiche dell' Università di Ferrara**, Ferrara, v. 3, f. 2, n. 1, p. 138-150. 1975.

CORDANI, U.G.; VANDOROS, P. Basaltic rocks of the Paraná Basin. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE GONDWANA STRATIGRAPHY AND PALAEONTOLOGY, 1, 1967, Curitiba. **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1967. p. 207-231.

COSTA, R.; SEDOR, F.A. Icnofósseis de Vertebrados do Permiano Superior da Bacia do Paraná, Estado do Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Rio de Janeiro, n. 2, p. 146. 2001.

DAEMON, R.F. Integração dos resultados palinológicos aos de fauna e flora em camadas fossilíferas do Neopaleozóico da Bacia do Paraná - Implicações estratigráficas e paleogeográficas. **Revista Unimar**, Universidade Estadual de Maringá, n. 1, p. 25-41, 1974.

DAEMON, R.F.; CASALETI, P.L.; CIGUEL, J.H.G. Biopaleogeografia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO SULAMERICANO DO SILURO-DEVONIANO, Ponta-Grossa, 1996. **Anais...** Ponta-Grossa, 1996. p. 55-99.

DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 24, Brasília, 1970. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Geologia, 1970. p. 355-412.

DELLA FÁVERA, J.C. **Fundamentos de Estratigrafia Moderna**. Rio de Janeiro: UERJ, 2001. 263 p.

DEMATHIEU, G. *Rhynchosauroides petri* et *Sphingopus ferox*, nouvelles empreintes de Reptiles des grès triasiques de la bordure Nord-Est au Massif Central. **C.R.Acad.Sc.Paris**, Paris, n. 263, p. 483-486, 1966.

FERNANDES, A.C.S.; CARVALHO, I.S.; NETTO, R.G. Icnofósseis de invertebrados da Formação Botucatu, São Paulo (Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 1, p. 45-49, 1990.

FOX, R.C.; YOUZWYSHYN, G.P.; KRAUSE, D.W. Post-jurassic mammal-like reptile from the Palaeocene. **Nature**, London, v. 358, p. 233-235, 16 jul. 1992.

FREY, R.W. **The Study of Trace Fossils**. New York: Springer-Verlag. 1975. 562 p.

FÚLFARO, V.J. The Paraná Basin Upper Permian and Lower Mesozoic Stratigraphic Succession. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 44 (Supl.), p. 147-148, 1972.

GAMA Jr., E. A sedimentação do Grupo Passa Dois (Exclusiva Formação Irati): um modelo geomórfico. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-16, 1979.

HERMANN, A. Modern laboratory methods in vertebrate paleontology. **Bulletin American Museum of Natural History**, v. 26, p. 283-331, 1909.

HOLZ, M.; DIAS, M.E. Taphonomy of palynological records in the sequence stratigraphic framework: an example from the Early Permian Paraná Basin of southern Brazil. **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 99, p. 217-233, 1998.

HUENE, F.F. von. **Répteis Fósseis do Gondwana Sul-Americano**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1942. 351 p.

KITCHING, J.W. A short review of Beaufort zoning in South Africa. In: SYMPOSIUM ON GONDWANA, 2, 1970, pretória, South Africa. **Proceedings and papers**. Pretória: International Union of Geological Sciences, 1970. p. 309-312.

LANGER, M.C.; LAVINA, E.L. Os Amniotas do Neopermiano e Eotriássico da Bacia do Paraná – Répteis e “Répteis Mamaliformes”. In: HOLZ, M.; De Ros, L.F.

**Paleontologia do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: CIGO/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000, p. 210-235.

LEONARDI, G. Sobre uma série de rastros de tetrápodes do Permiano das Dolomitas (Itália). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974. p. 205-220.

\_\_\_\_\_. Two new ichnofaunas (Vertebrates and Invertebrates) in the eolian Cretaceous sandstones of the Caiuá Formation in Northwest Paraná. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1, São Paulo, 1977(a). **Atas...** São Paulo: Núcleo de São Paulo da Sociedade Brasileira de Geologia, 1977(a). p. 112-128.

\_\_\_\_\_. On a new occurrence of tetrapod trackways in the Botucatu Formation in the State of São Paulo, Brazil. **Dusenya**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 181-183, 1977(b).

\_\_\_\_\_. Two simple instruments for ichnological research, principally in the field of vertebrates. **Dusenya**, Curitiba, v. 10, n. 3, p. 185-188, 1977(c).

\_\_\_\_\_. Abundante ichnofauna (Vertebrados e Invertebrados) na Formação Botucatu s.s., em Araraquara, São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 2, p. 360-361, 1979(a).

\_\_\_\_\_. **Um glossário comparado da Icnologia de Vertebrados em Português e uma história desta Ciência no Brasil. (A comparative glossary of Vertebrate Ichnology in Portuguese and the history of this Science in Brazil).** Cadernos Univ. U.E.P.G., Ponta Grossa, 17: 1-55. 1979(b).

\_\_\_\_\_. On the discovery of an abundant Ichno-fauna (vertebrates and invertebrates) in the Botucatu Formation s.s. in Araraquara, São Paulo, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 52, n. 3, p. 559-567, 1980.

\_\_\_\_\_. As localidades com rastros fósseis de Tetrápodes na América Latina. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 2, Porto Alegre, 1981(a). **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 1981(a), v. 2, p. 929-940.

\_\_\_\_\_. Novo ichnogênero de tetrápode mesozóico da Formação Botucatu, Araraquara, SP. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 1, p. 211, 1981(b).

\_\_\_\_\_. Novo Ichnogênero de tetrápode mesozóico da Formação Botucatu, Araraquara, SP. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 4, p. 793-805, 1981(c).

\_\_\_\_\_. Descoberta da pegada de um anfíbio devoniano no Paraná. **Ciências da Terra**, Salvador, n. 5, p. 36 – 37, 1982.

\_\_\_\_\_. Rastros de um mundo perdido. **Ciência Hoje**, v. 2, n. 15, p. 48-60, 1983(a).

\_\_\_\_\_. *Notopus petri* nov.gen., nov.sp.: une empreinte d'amphibien du Dévonien au Parana (Brésil). **Geobios**, Lyon, v. 16, n. 2, p. 233-239, 1983(b).

\_\_\_\_\_. (Ed.). **Glossary and manual of Tetrapod footprint Palaeoichnology**. Brasília: DNPM, 1987(a). 117 p.

\_\_\_\_\_. The First Tetrapod Footprint in the Permian of Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, 1987(b), Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1987(b), v. 1, p. 333-335.

\_\_\_\_\_. **Annotated Atlas of South America Tetrapod Footprints (Devonian to Holocene) with an appendix on Mexico and Central America**. Brasília: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1994. 248 p.

LEONARDI, G.; GODOY, L.C. Novas pistas de tetrápodes da Formação Botucatu no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, 1980. **Anais...** Camboriú: Sociedade Brasileira de Geologia, 1980, v. 5, p. 3080-3089.

LEONARDI, G.; OLIVEIRA, F.H. A Revision of the Triassic and Jurassic tetrapod footprints of Argentina and a new approach on the age and meaning of the Botucatu Formation footprints (Brazil). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 20, n. 1-4, p. 216-229, março/dezembro de 1990.

LEONARDI, G.; SARJEANT, W.A.S. Footprints representing a new Mesozoic vertebrate fauna from Brazil. **Modern Geology**, New York, n. 10, p. 73-88, 1986.

LEONARDI, G.; SEDOR, F.A.; COSTA, R. Pegadas de répteis terrestres na Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 2, 2000, Rio de Janeiro. **Boletim de Resumos**. Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2000. p. 37.

LEONARDI, G.; SEDOR, F.A.; COSTA, R. Pegadas de répteis terrestres na Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Nacional**, Rio de Janeiro. 2002? No prelo.

LOCKLEY, M. **Tracking Dinosaurs**. Cambridge: University Press, 1991. 238 p.

MARCONATO, L.P.; BERTINI, R.J. Avaliação preliminar do panorama icnofossilífero nas vias públicas da Cidade de São Carlos, SP. Potenciais científico, cultural e didático. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 16, Crato, 1999. **Boletim de resumos...** Crato: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1999. p. 65.

MENDES, J.C. The Passa Dois Group (the Brazilian portion of the Paraná Basin). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE GONDWANA STRATIGRAPHY AND PALAEONTOLOGY, 1, 1967, Curitiba. **Problems in Brazilian Gondwana Geology**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1967. p. 119-166.

- MENDES, J.C. **Paleontologia Geral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1982. 368 p.
- MEZZALIRA, S. Os fósseis do Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, n. 45, p. 132, 1966.
- MILANI, E.J.; FRANÇA, A.B.; SCHNEIDER, R.L. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 1994.
- NETTO, R.G. A Icnologia como Ciência: uma visão histórica. **Acta Geologica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 20, n. 45, p. 7-14, 1997.
- NOVACEK, M.J. Wandering across time. **Nature**, London, v. 358, p. 192, 16 jul. 1992.
- PEABODY, F.E. Trackways of living and fossil Salamanders. **Unif. Of Calif. Publ. In Zool.**, v. 63, n. 1, p. 1-72, 1959.
- RAUP, D.M.; STANLEY, S.M. **Principles of Paleontology**. San Francisco: W.H. Freeman and Company, 1971. 388 p.
- ROCEK, Z.; RAGE, J.C. The presumed amphibian footprint *Notopus petri* from the Devonian: a probable starfish trace fossil. **Lethaia**, v. 27, n. 3, p. 241-244, 1994.
- ROHN, R.; LAVINA, E.L. Cronoestratigrafia do Grupo Passa Dois. In: SIMPÓSIO CRONOESTRATIGRAFIA DA BACIA DO PARANÁ, 1, Rio Claro, 1993. **Boletim de resumos...** Rio Claro, UNESP, 1993. p. 77-80.
- ROHN, R.; RÖSLER, O. Relações entre a flora permiana do Gondwana e as floras das províncias setentrionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, 1987. **Anais...** Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987, n. 2, p. 885-899.
- SANFORD, R.M.; LANGE, F.W. Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosynclina of South Brazil. **Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.**, Tulsa, v. 44, n. 8, p. 1316-1370, 1960.
- SARJEANT, W.A.S. Fossil tracks and impressions of vertebrates. In: FREY, R.W. (Ed.). **The Study of Trace Fossils**. New York: Springer-Verlag, 1975, p. 283-324.
- \_\_\_\_\_. Fossil vertebrate footprints. **Geology Today**, p. 125-130, jul./aug. 1988.
- SCHERER, C.M.S.; SCHULTZ, C.L.; HOLZ, M.; KISCHLAT, E.E. Pegadas de Paleotetrápodes em seções verticais: o exemplo da Formação Guará, Jurássico Superior, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim de resumos...** Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2001. p. 21.

SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia, 1974, v. 1, p. 41-66.

SEDDOR, F.A.; COSTA, R. Associação Faunística do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná) na localidade de São Jerônimo da Serra, Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim de resumos...** Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2001. p. 179.

SEDDOR, F.A.; COSTA, R.; LEONARDI, G. Icnofósseis de Mesosauridae (Proganosauria) na Formação Irati (Neopermiano da Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, 2001, Rio Branco. **Boletim de resumos...** Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2001. p. 22.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. Aspectos regionais da Estratigrafia da Bacia do Paraná no seu Flanco Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1973, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, v. 1, p. 243-256.

SOHN, I.G.; ROCHA-CAMPOS, A.C. Late Paleozoic (Gondwanan) ostracodes in the Corumbataí Formation, Parana Basin, Brazil. **Journal of Paleontology**, v. 64, n. 1, p. 116-128, 1990.

SOUTO, P.R.F. Coprólitos da Formação Santa Maria, Rio Grande do Sul (Triássico Médio). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 15, São Pedro, 1997. **Boletim de resumos...** São Pedro: UNESP, 1997. p. 146.

SOUTO, P.R.F. Tetrapods Coprolites from the Middle Triassic of Southern Brazil. **Gaia**, Lisboa, n. 16, p. 51-57, 2001.

WARREN, J.W.; WAKEFIELD, N.A. Trackways of tetrapod vertebrates from the Upper Devonian of Victoria, Australia. **Nature**, London, v. 238, n. 5365, p. 469-470, 25 de aug. 1972.

WILLISTON, S.W. **Water Reptiles of the Past and Present**. Chicago: The University of Chicago Press, 1914. 251 p.

## INDICE REMISSIVO

- A**
- África, vii, 8, 10, 29, 31, 33, 34, 41  
 Amphibia, vii, 12, 28, 29, 33, 41  
 Analândia, município, 11  
*Anatrisauropus*, 33  
 anomodontes, 13, 34  
 Araraquara, município, 22, 23, 35, 37, 51  
 Archosauria, vii, 13, 33, 45  
 Archosauromorpha, 34  
 Arenarie di Val Gardena, formação, 13, 31, 32  
 Argentina, 10, 37, 52  
 Arthropoda, 37  
*Asteriacites*, 12, 28, 41  
 Asteroidea, vii, 28  
*Australerpeton cosgriffi*, 30, 31, 41  
 Austrália, 8, 12, 29  
*Australocoelia tourteloti*, 28
- B**
- Bivalvia, 30  
 Boa Vista, município, 20, 21  
 Botucatu, formação, vii, 11, 12, 15, 16, 22, 23, 27, 36, 37, 39, 42, 49, 50, 51, 52  
 Brachiopoda, 28  
*Brasilichnium elusivum*, 11, 23, 37, 61
- C**
- Caiuá, formação, vii, 10, 16, 24, 27, 39, 40, 42, 51  
 Califórnia, município, 22  
 Carnosauria, 39  
 Caturrita, formação, vii, 13, 16, 21, 27, 35, 42  
 Cerrito Novo, município, 22  
 Chitinozoaria, 28  
 Cianorte, município, 24, 25, 26, 39  
 Coelurosauria, 11, 35, 39  
 Conchostraca, 37  
 conchostráceos, 31  
 Corumbataí, formação, vii, 13, 16, 19, 27, 33, 45, 54  
 Curitiba, 39  
 Guzeiro do Oeste, município, 24  
 Cynodontia, vii, 10, 12, 13, 30, 31, 34, 42
- D**
- Dicynodontia, 34  
*Dicynodontipus*, 12, 30, 31  
 Dinosauria, 39, 42  
 dinossauros, vii, 10, 34, 35, 36, 38, 39, 42, 62, 63
- E**
- Echinodermata, 12, 28  
*Endothiodon*, 31, 41
- F**
- Faxinal do Soturno, município, 13, 21
- G**
- galope, andadura, 23, 44  
 Guapirama, município, 13, 17  
 Guará, formação, vii, 14, 16, 24, 27, 38, 42, 53
- I**
- Ichthyostegalia, 12  
 Indianópolis, município, 24, 25, 39, 40  
 Irati, formação, vii, 9, 13, 15, 16, 17, 27, 29, 30, 41, 50, 54  
 Itália, 13, 31, 32, 51
- J**
- Jacarezinho, município, 12, 19, 22, 32
- L**
- Laoropus*, 36, 39  
 Lepidosauria, vii, 12, 30, 31, 44
- M**
- mamíferóides, pegadas, 10, 37, 42, 63  
 mamíferos, vii, 10, 11, 23, 36, 37, 39, 40, 42  
 Mammalia, 11, 42  
 Mesosauridae, vii, 13, 18, 29, 30, 41, 54  
 Mollusca, 28  
*Moyenisauropus*, 33
- N**
- Notopus petri*, vii, 28, 41, 52, 53, 57
- O**
- Ophiuroidea, vii, 28  
*Otouphepus*, 33
- P**
- paleoniscídeos, 30  
 Pântano Grande, município, 20  
 Paraguai, 37  
*Pareiasaurus americanus*, 41  
 Pigocephalomorpha, 18

Pirambóia, formação, 19  
 Ponta Grossa, formação, vii, 12, 16, 17, 27,  
 28, 29, 41, 51  
*Procolophon pricei*, 34  
 Procolophonidae, 34  
*Procynosuchus*, 31  
 Protorosauria, 34

## R

répteis mamaliformes, vii, 13, 37, 41  
*Rhynchosauroides*, 12, 30, 31, 50, 59  
 ricochete, andadura, 11, 22, 23, 37, 44, 62  
 Rifaina, município, 22  
 Rio do Rasto, formação, vii, 9, 12, 15, 16, 17,  
 18, 19, 27, 31, 33, 41, 52, 54  
 Rio Pardo, município, 10, 13, 20, 21

## S

Sanga do Cabral, formação, vii, 13, 16, 20, 27,  
 33, 34, 41  
 Santa Maria, formação, vii, 13, 16, 21, 27, 34,  
 42, 48, 50, 54  
 São Carlos, município, 10, 12, 22, 52  
 São Jerônimo da Serra, município, 12, 19, 30,  
 41, 54  
 saurópodes, vii, 14, 38, 42  
 Sphenophyta, 30  
*Spongiophyton*, 28

## T

Taguaí, município, 13, 20, 48  
 tecodontes, vii, 13, 34  
 teromorfoídes, pegadas, vii, 12, 18, 19, 30, 31,  
 36, 42, 59, 60  
 Testudines, 39  
 Therapsida, 10, 11, 13, 33, 35, 36, 39  
 Theropoda, 10, 11, 36, 39  
 Tibagi, município, 12, 17  
 Trilobita, 28  
 Tritylodontoidea, 36

## U

Uruguai, 37

## W

White Hill, formação, 29

## X

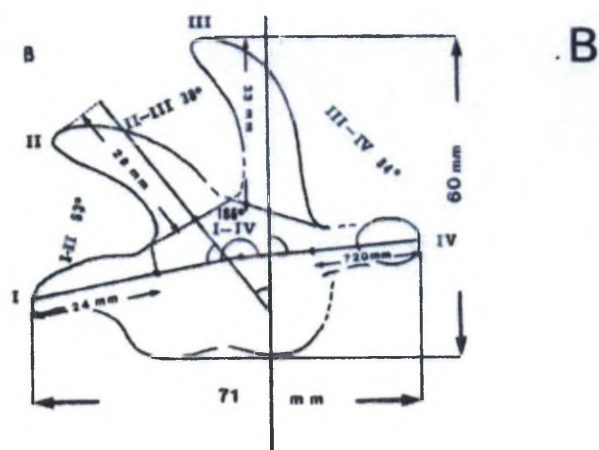
*Xenacanthus moorei*, 32

## Y

*Youngina*, 31



FIGURA 1 - ICNOFÓSSIL DA FORMAÇÃO PONTA GROSSA



A) DGM nº 1417-R (TIBA 1): holótipo de *Notopus petri* Leonardi, 1983; escala em cm.

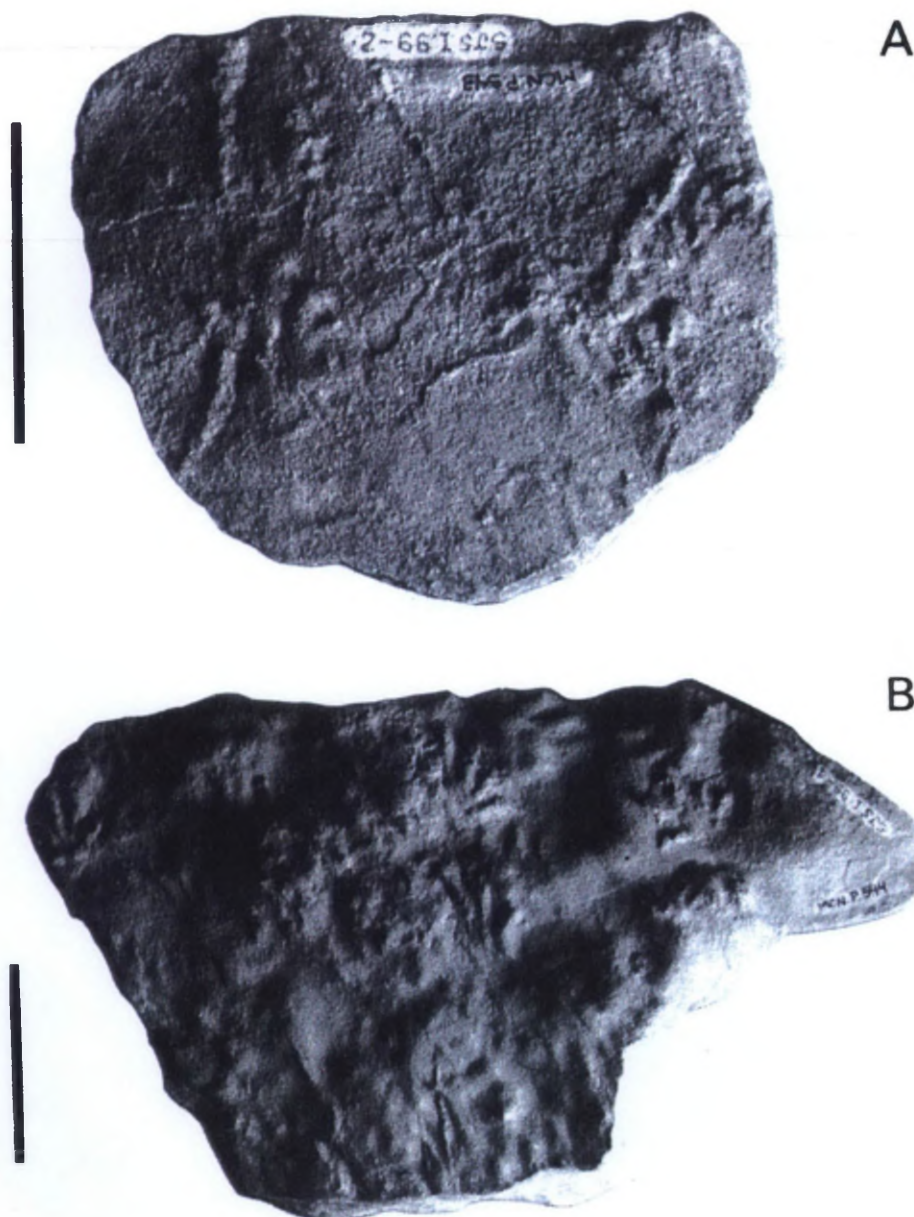
B) Desenho interpretativo do holótipo (segundo LEONARDI, 1983b).

FIGURA 2 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO IRATI



MCN.P.293: pegadas atribuídas a Mesosauridae; escala em cm.

## FIGURA 3 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO RIO DO RASTO



A) MCN.P.543: *Rhynchosauroides* sp., pegada lacertóide associada a marca de arraste de cauda; escala igual a 5 cm.

B) MCN.P.544: pegadas lacertóides e teromorfóides; escala igual a 5 cm.



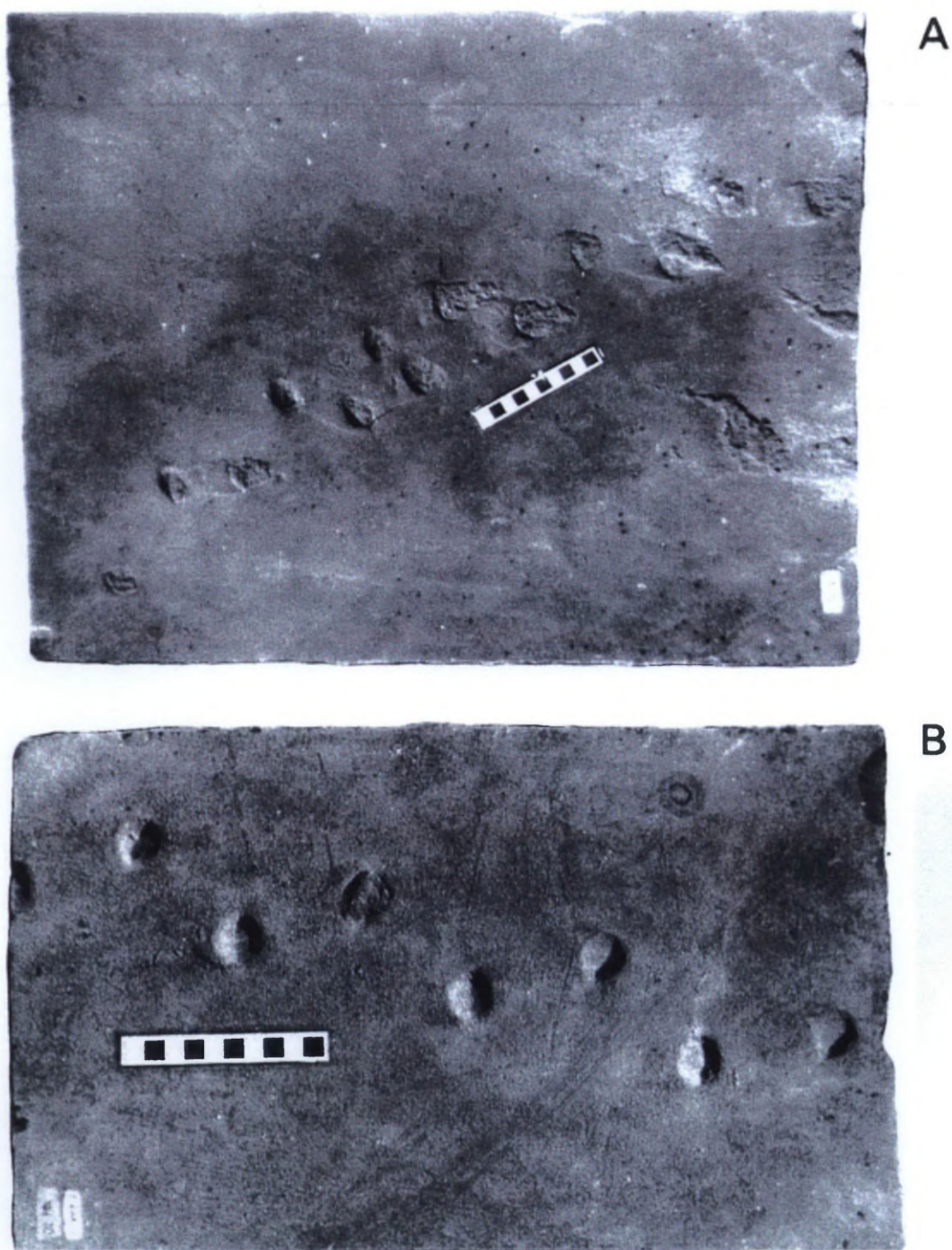
FIGURA 4 - COPRÓLITO COM PEGADAS DA FORMAÇÃO SANTA MARIA



A) MCT 1513-R: coprólito com pegadas teromorfóides; escala em cm.

B) Detalhe das pegadas; escala em cm.

## FIGURA 5 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU

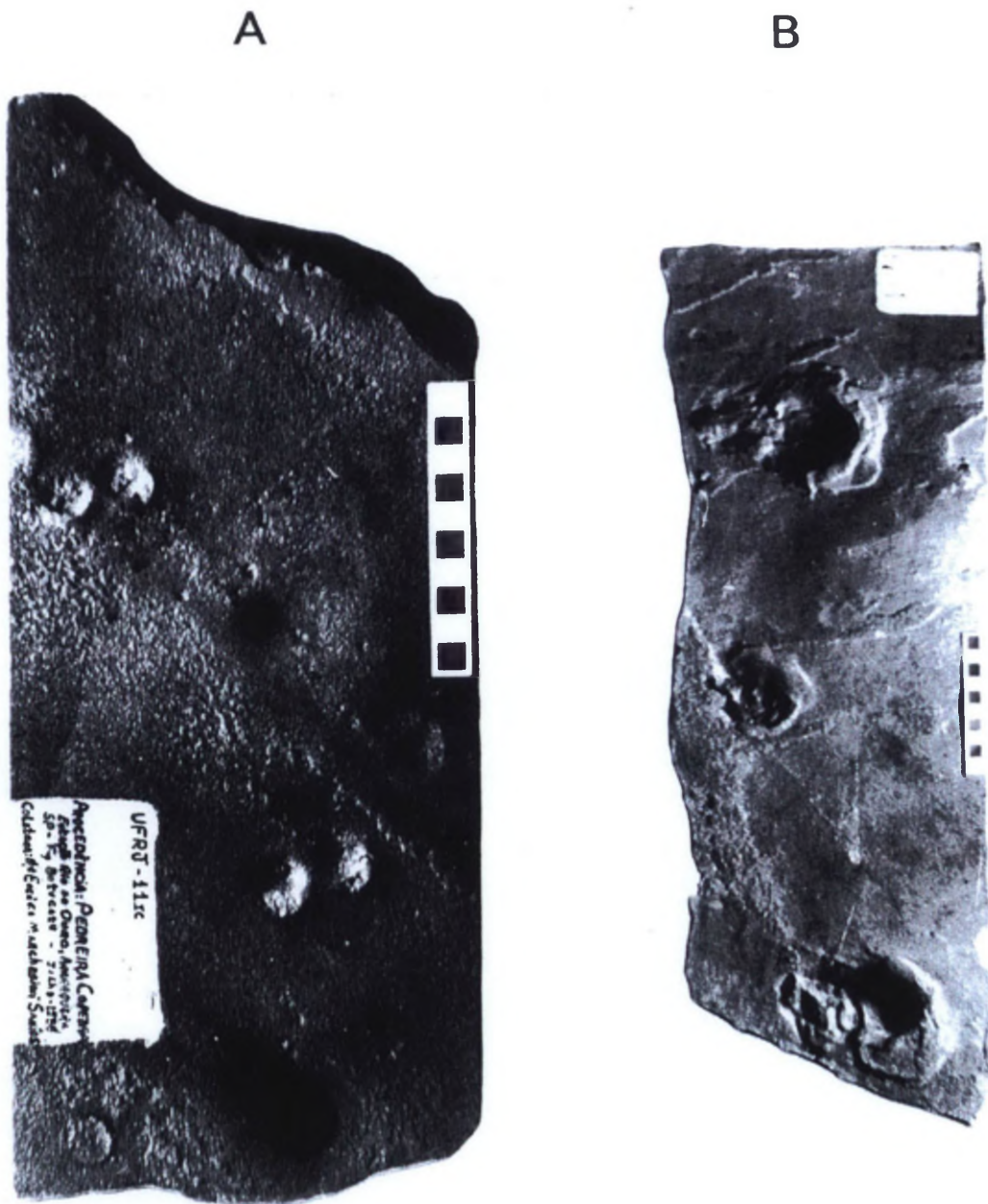


A) 3902-V (ARSB 127): holótipo de *Brasilichnium elusivum* Leonardi, 1981; escala em cm.

B) 3903-V (ARSB 78): parátipo de *B. elusivum*; escala em cm.



## FIGURA 6 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU

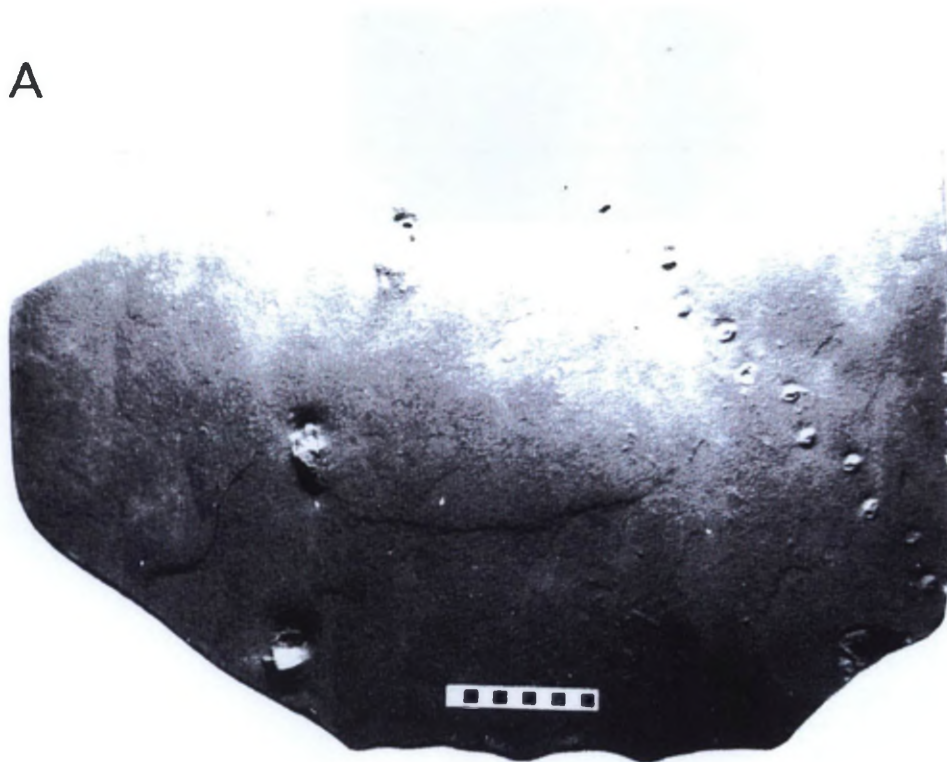


A) UFRJ 11-IcV: pista mamíferóide com andadura tipo ricochete; escala em cm.

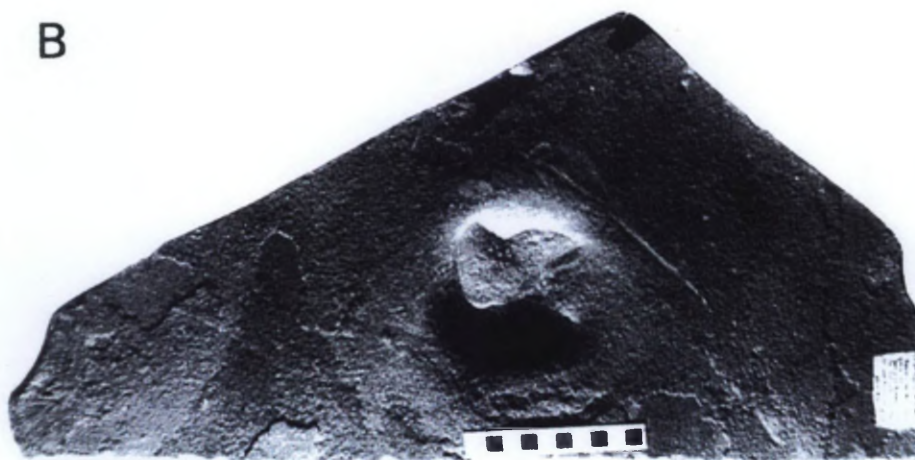
B) UFRJ 5-IcV: pista bípede atribuída a dinossauros terópodes; escala em cm.

## FIGURA 7 - ICNOFÓSSEIS DA FORMAÇÃO BOTUCATU

A



B



- A) UFRJ 17-lcV: pistas dinossauróides e mamiferóides associadas; escala em cm.  
B) UFRJ 128-lcV: pegada tridáctila, atribuída a dinossauros terópodes; escala em cm.