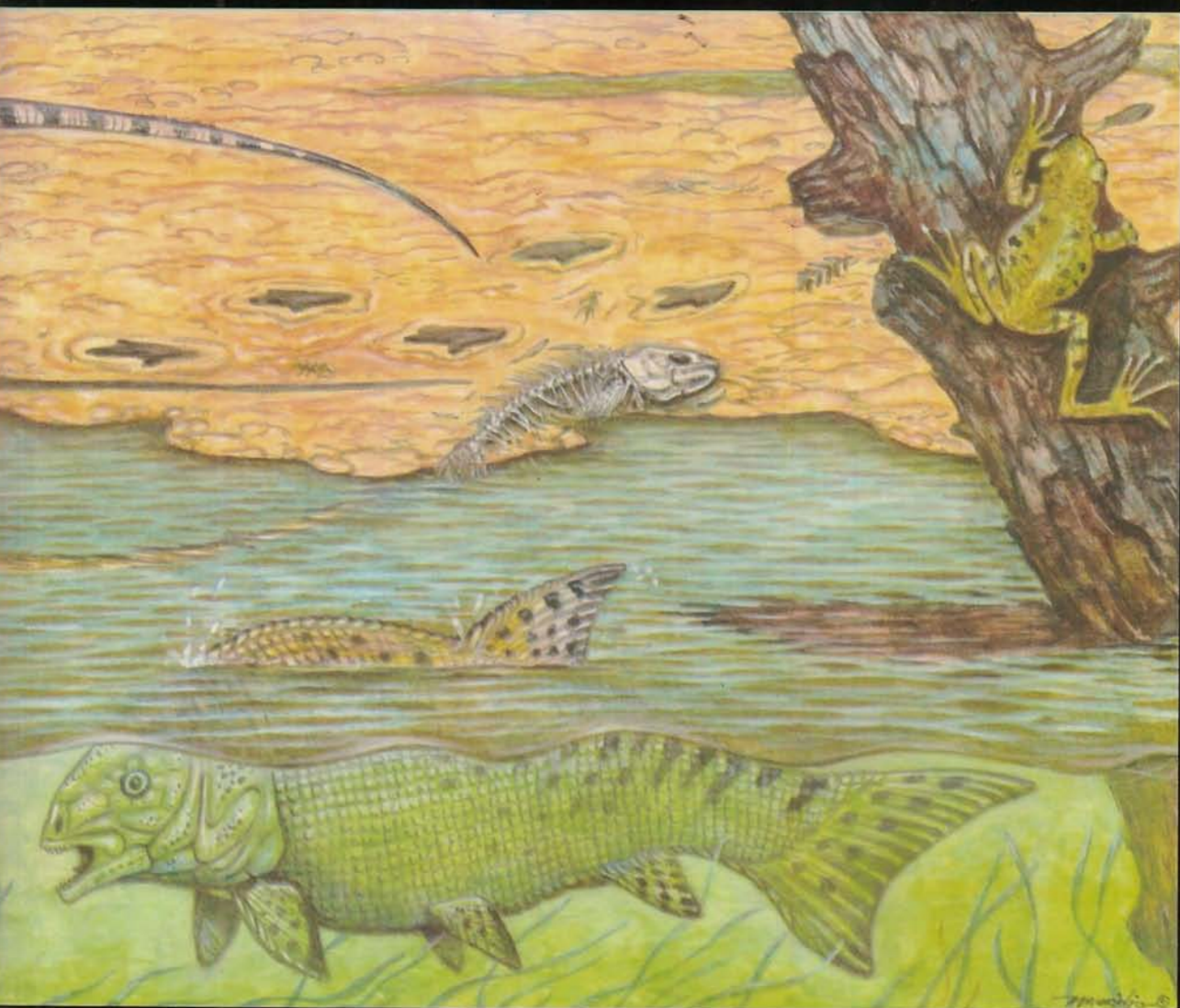


PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS

Grandes Temas e Contribuições Científicas



Editores:

Valéria Gallo

Paulo M. Brito

Hilda Maria A. Silva

Francisco J. Figueiredo



EDITORA INTERCIÊNCIA

Análise das pegadas fósseis da Formação Sanga do Cabral (Eotriássico, Bacia do Paraná), Estado do Rio Grande do Sul, Brasil

RAFAEL COSTA DA SILVA

CIBELE SCHWANKE

ISMAR DE SOUZA CARVALHO

Abstract

The Lower Triassic deposits of Sanga do Cabral Formation (Paraná Basin, Brazil) present a diversified fauna of tetrapods recognized through fragmentary skeletal remains. Although fossil tracks are scarce, the morphological analysis of two isolated footprints allow the identification of Synapsida and Archosauria ichnotaxa, widening the taxonomic diversity in this lithostratigraphic unit. The biostratigraphic correlations and the comparison of the faunistic content of Sanga do Cabral Formation with the *Lystrosaurus* Biozone of Beaufort Series (Karoo Basin, South Africa) show that the synapsid and basal archosaurs reinforce the attribution of an Early Scytian (Early Induan) age to Sanga do Cabral Formation and allow that the fauna recovered from this formation to be correlated to the biochronologic level of Lootsbergian LVF.

Key words: Sanga do Cabral Formation, Scytian, Archosauria, Synapsida.

Introdução

Fósseis de tetrápodes continentais na Bacia do Paraná (Brasil) freqüentemente têm sido documentados para a seqüência triássica correspondente às formações Sanga do Cabral, Santa Maria e Caturrita no Estado do Rio Grande do Sul, o que tem contribuído para o zoneamento bioestratigráfico das rochas deste intervalo temporal no sul do país. Os níveis conglomeráticos da Formação Sanga do Cabral apresentam fósseis de tetrápodes em estado bastante fragmentário, o que dificultou por muitos anos a identificação de táxons que permitissem correlações bioestratigráficas com outros depósitos continentais triássicos. A partir da década de 1980, foram reconhecidos nesta formação restos de anfíbios temnospôndilos e de *Procolophon pricei* Lavina, 1983, o que permitiu correlacioná-la à Biozona de *Lystrosaurus* da África do Sul e atribuir-lhe a idade eoscytiana.

Nos últimos anos, além do registro de novos materiais de procolofonóides (Cisneros & Schultz, 2002) e da reinterpretação dos materiais atribuídos a temnospôndilos (Silva, 1999), foram documentados fósseis de protorossaurídeos (Langer & Schultz, 1997; Silva, 1998), dicionodotes (Schwanke & Kellner, 1999) e cinodotes (Abdala *et alii*, 2002).

Contrapondo-se à enorme quantidade de restos esqueléticos de tetrápodes, elementos icnológicos tais como pegadas são extremamente raros na Formação Sanga do Cabral. Leonardi (1994) atribuiu uma pegada a sinapsídeos, porém o espécime não apresentava detalhes morfológicos suficientes que permitissem uma atribuição taxonômica precisa, podendo inclusive representar a impressão do autopódio de um anfíbio. A análise morfológica de duas outras pegadas registradas preliminarmente por Cargnin *et alii* (2001) e discussões acerca do significado paleontológico das mesmas constituem o objeto de estudo deste trabalho.

Contexto Geológico

A Bacia do Paraná apresenta grande extensão horizontal e vertical, sendo constituída por rochas formadas entre o Siluriano e o Cretáceo. Estende-se lateralmente do Centro-Oeste do Brasil até a Argentina, Uruguai e Paraguai (Milani *et alii*, 1994). A sedimentação triássica nesta bacia ocorreu essencialmente no intervalo temporal Eo ao Neotriássico definido por Milani (2000) como dentro do contexto das superseqüências Gondwana I e Gondwana II. Os depósitos do Triássico englobados nestas duas superseqüências são sedimentos flúvio-lacustres e eólicos que envolvem as formações Sanga do Cabral, Santa Maria e Caturrita. As pegadas analisadas neste estudo são oriundas da seqüência mais antiga (de idade eoscytiana), a Formação Sanga do Cabral (figura 1), que faz parte da Superseqüência Gondwana I (Milani, 2000). As demais unidades triássicas (formações Santa Maria, Caturrita e Arenito Mata) estão na Superseqüência Gondwana II.

A Formação Sanga do Cabral é constituída por argilitos, siltitos argilosos, arenitos e conglomerados, com estratos de geometria tabular ou lenticular, estratificações cruzadas e laminação plano-paralela. Tais depósitos são interpretados como resultantes de sedimentação fluvial em um contexto climático quente com marcada sazonalidade. De acordo com Scherer *et alii* (2002), esta unidade possui uma ampla diversidade de litofácies, indicando uma sucessão de diferentes modelos deposicionais no transcorrer do tempo: a base da seqüência representa um sistema fluvial entrelaçado, que foi sucedido por depósitos lacustres rasos; o topo representa novamente um contexto de sistema fluvial entrelaçado, efêmero e pouco canalizado, com parcial retrabalhamento eólico.

Material e Métodos

O material de estudo consiste de duas pegadas nomeadas como RPJA-01 e RPJA-02 (figura 2). O espécime RPJA-01 procede da Formação Sanga do Cabral, localidade de Rio Jacuí, rodovia BR 471, cerca de 2 km ao sul do Município de Rio Pardo, Estado do Rio Grande do Sul; encontra-se depositado na coleção de Paleontologia da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. O afloramento onde este espécime foi encontrado consiste essencialmente em sucessões de siltitos argilosos e arenitos avermelhados finos a médios com estratificação cruzada tabular, sendo que a pegada procede de uma camada de arenito quartzoso de granulometria média (figura 3 A). O espécime RPJA-02 provém do km 159 da rodovia BR 471 entre Pantano Grande e Rio Pardo e foi encontrado em uma camada de arenito quartzoso, de granulometria média, em uma superfície suavemente ondulada (*ripple*

mark) (figura 3 B). Trata-se de um nível com três centímetros de espessura, sobreposto a um siltito argiloso. Este material não foi coletado, e o registro fotográfico foi feito no local com iluminação natural, sendo que a pegada foi realçada com água para facilitar a visualização de seus limites. O espécime RPJA-01 foi fotografado com iluminação natural em diferentes ângulos de luz, e os desenhos de ambos os exemplares foram elaborados a partir do exame das fotografias e dos originais.

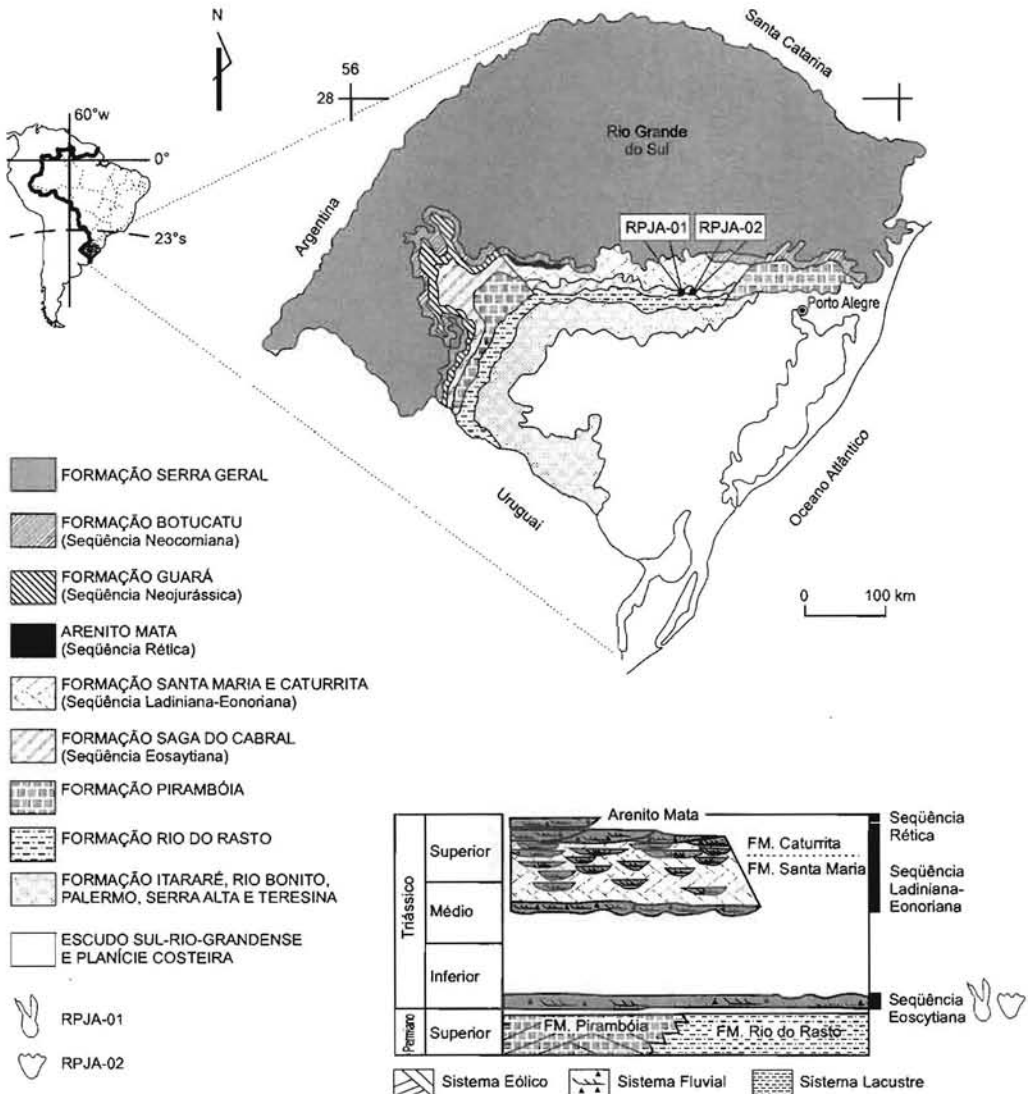


Figura 1 Mapa de localização e contexto estratigráfico das ocorrências de pegadas fósseis na Formação Sanga do Cabral (modificado de Scherer *et alii*, 2000).

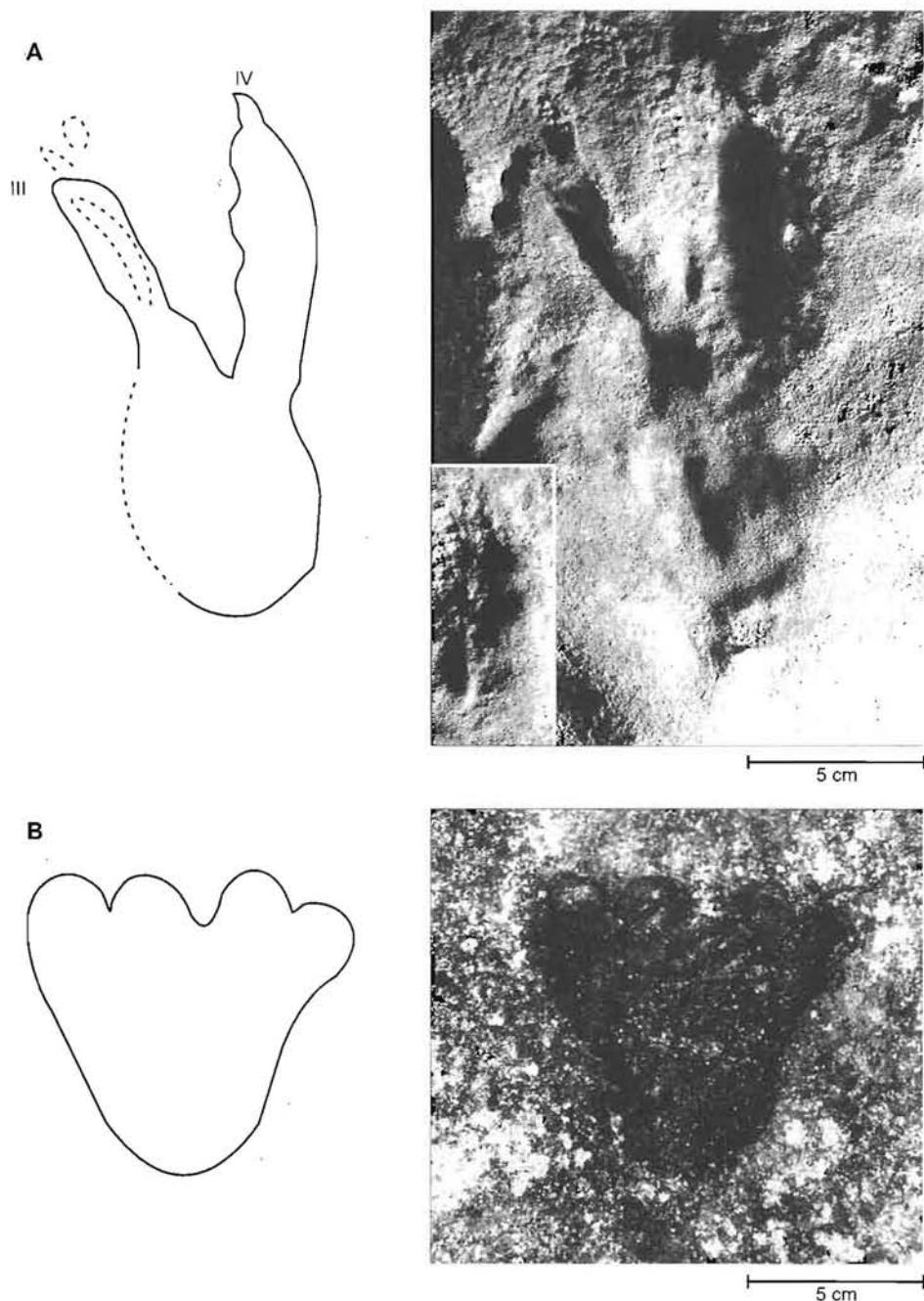


Figura 2 Pegadas da Formação Sanga do Cabral. **A.** RPJA-01: pegada atribuída a Archosauria (Proterosuchia ou Ornithosuchia) – no meio: detalhe do dígito IV iluminado com ângulo de luz diferente, mostrando impressões falangeais; **B.** RPJA-02: pegada atribuída a Synapsida (Dicynodontia).

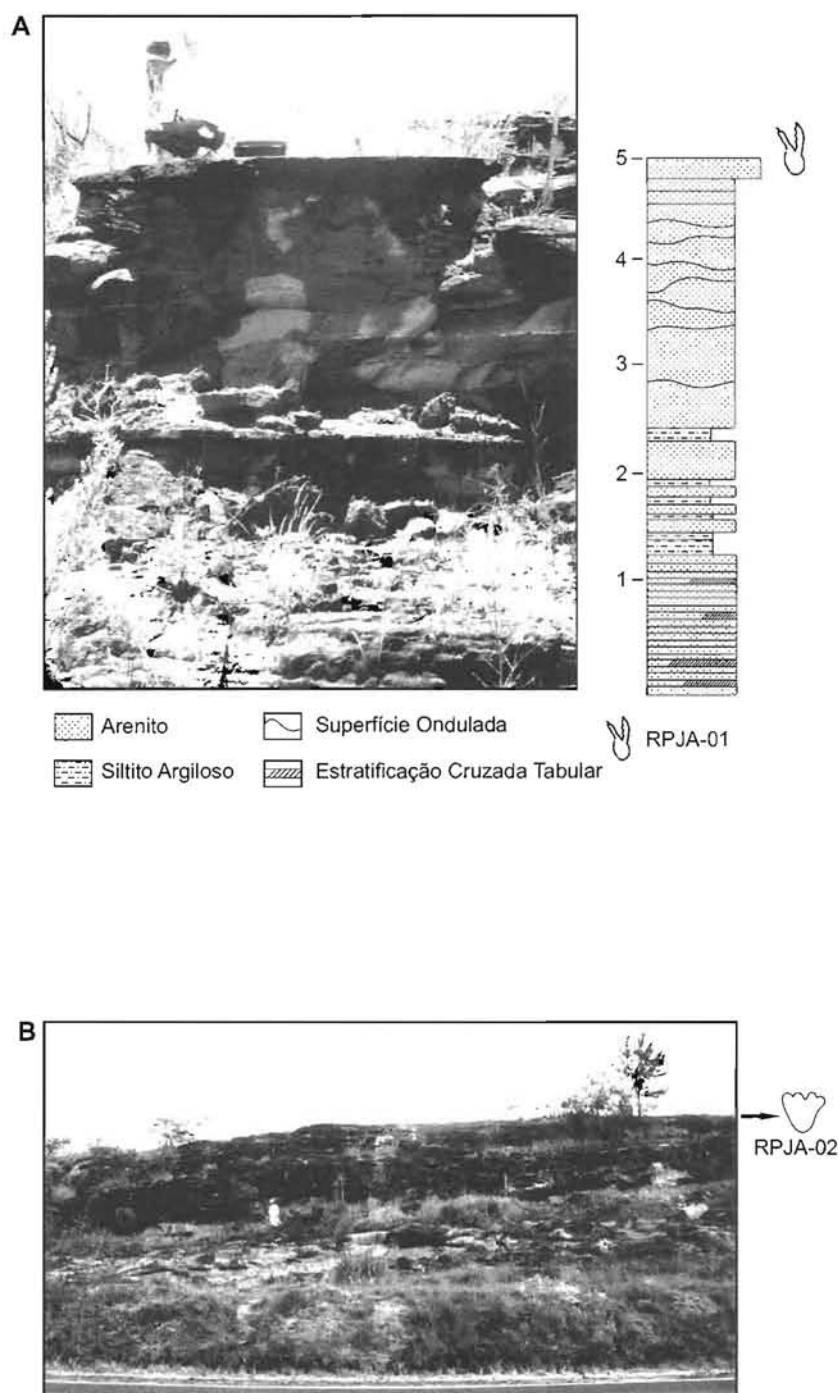


Figura 3 A. Afloramento da localidade de Rio Jacuí, rodovia BR 471, cerca de 2 km ao sul do Município de Rio Pardo, RS; **B.** Afloramento no km 159 da rodovia BR 471 entre Pantano Grande e Rio Pardo.

Icnologia

Espécime RPJA-01

Descrição: consiste em uma pegada isolada, mesaxônica ou ectaxônica, semiplantígrada, na qual foram preservados os dígitos III e IV e pelo menos parte da planta; o dígito III apresenta a impressão de uma garra curta e almofadas falangeais, possivelmente quatro, e o dígito IV uma garra curta e possíveis almofadas falangeais; o hípex é agudo; a porção central da planta é mais profunda, e a porção proximal da planta possui um formato arredondado. Associadas à pegada ocorrem pequenas impressões alongadas entre os dígitos III e IV, anteriormente e internamente ao dígito III. A pegada tem 17,2 cm de comprimento total e 9,5 cm de largura plantar. Os dígitos III e IV apresentam, respectivamente, 12,2 cm e 10,7 cm de comprimento do dedo livre, e a divergência interdigital entre estes dígitos é de 32 (figura 2 A). A pegada encontra-se preservada como epirelevo côncavo em uma camada ondulada de arenito quartzoso vermelho-escuro.

Discussão: os dígitos preservados foram interpretados como III e IV pelo fato destes serem os mais longos em pegadas de répteis basais; de acordo com o número de almofadas falangeais, o dígito IV apresentaria quatro ou cinco falanges; as pequenas impressões associadas à pegada podem representar marcas de arraste das garras produzidas durante o movimento do animal. Os dígitos III e IV apresentam quase as mesmas dimensões, o que contrasta com o padrão primitivo dos diapsídeos em que o dígito IV é maior que o III; esta característica é comum nos Proterosuchia e Ornithosuchia eotriássicos (Parrish, 1989). Apesar de não ser possível fazer uma estimativa segura do tamanho do animal produtor com base na pegada, essa não seria incompatível com os Proterosuchia típicos do Triássico Inferior da África do Sul (*e.g.* Welman, 1998). Esta pegada apresenta semelhanças com o padrão “chiroteróide”, grupo morfológico de pegadas que se estende cronologicamente do Triássico Inferior ao limite Triássico-Jurássico e que é atribuído a arcossauros, sendo muito comum no Triássico Inferior e Médio dos Estados Unidos e Europa (Lockley & Meyer, 1999) e ocorrendo também no Triássico Médio e Superior da Argentina (Leonardi, 1994) e da África do Sul (Olsen & Galton, 1984). O fato de a pegada ser incompleta impede uma identificação icnotaxonômica e conseqüentemente uma adequada comparação com outras pegadas desse tipo. Assim, este icnofóssil pode ser interpretado como uma impressão incompleta do pé direito de um arcossauro, possivelmente um proterossúquio ou um ornitossúquio, constituindo no primeiro registro desse grupo na Formação Sanga do Cabral.

Espécime RPJA-02

Descrição: consiste em uma pegada isolada, tetradáctila, plantígrada, sem impressões de almofadas falangeais ou plantares; apresenta dígitos curtos direcionados anteriormente com extremidades arredondadas, sem garras definidas, e planta ovalada com a porção posterior arredondada. Apresenta 10,0 cm de largura e 8,0 cm de comprimento; 6,5 cm de largura plantar e 6,0 cm de comprimento plantar; os dígitos apresentam cerca de 3,0 cm de comprimento (figura 2 B). Este espécime encontra-se preservado como epirelevo côncavo em uma camada de arenito quartzoso de coloração vermelho-escuro.

Discussão: suas feições morfológicas parecem relacioná-la à impressão do autopódio de um terápsido, provavelmente um dicinodonte. Tais características são comuns em icnoespécies atribuídas a dicinodontes, como *Therapsipus cumminsi* Hunt *et alii*, 1993, e *Dicynodontipus geinitzi* Hornstein, 1876, embora a última possa também ser atribuída a cinodontes. A ausência da impressão do dígito I ou V é também uma característica de pegadas atribuídas a dicinodontes (Hunt *et alii*, 1993). As pegadas da icnoespécie *Dicynodontipus bellambiensis* Retallack, 1996 têm sido relacionadas ao gênero *Lystrosaurus*, e as dimensões dessas pegadas são compatíveis com o material analisado, embora haja diferenças morfológicas marcantes como os ângulos de divergência e o alongamento dos dígitos. Na África do Sul ocorrem pegadas atribuídas a dicinodontes descritas como *Dicynodontipus icelsi* Klerk, 2002, mas a morfologia e o tamanho dessas são diferentes do material aqui estudado.

Em relação à preservação das pegadas, interpretou-se que o material foi preservado no topo de barras arenosas de um sistema fluvial, as quais encontravam-se temporariamente expostas. A preservação nesse contexto é pouco freqüente, visto que nessas áreas há um maior retrabalhamento do sedimento (Lockley & Conrad, 1991). Normalmente, os icnofósseis ocorrem em arenitos finos ou siltitos, que são mais suscetíveis à preservação de pegadas devido ao sedimento ser mais firme e coesivo. Quando as barras arenosas de um canal fluvial ficam expostas devido a uma diminuição no volume de água, o potencial de preservação de bioturbações torna-se maior, e de fato várias ocorrências desse tipo têm sido registradas nas bacias de Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras, Araripe, Cedro, Malhada Vermelha e Lima Campos (Carvalho, 2000).

Considerações sobre a Biozonação na Formação Sanga do Cabral

Zonações bioestratigráficas globais para depósitos permianos e triássicos baseadas em tetrápodes continentais têm sido realizadas utilizando-se critérios como faunas-locais, cenozonas, zonas-associações e períodos de duração de faunas (*faunachron*), o que resultou em diferentes interpretações (e.g. Romer, 1975; Cooper, 1982; Lucas, 1998). Tentativas de zoneamento bioestratigráfico para o Triássico continental sul-americano foram efetuadas por Bonaparte (1982), Barberena (1977) e Barberena *et alii* (1985), tendo sido atualmente reinterpretadas por Schultz *et alii* (2000).

Geralmente as correlações bioestratigráficas de depósitos continentais permo-triássicos baseiam-se nas associações faunísticas da Série Beaufort (Bacia do Karoo), que contém ricas faunas de tetrápodes deste intervalo. Duas associações faunísticas são formalmente reconhecidas para os níveis correspondentes ao Triássico Inferior: Zona-Associação de *Lystrosaurus* (Eoscytiano) e Zona-Associação de *Cynognathus* (Neoscytiano). A Zona-Associação de *Lystrosaurus* (*sensu* Kitching, 1970) é constituída predominantemente por anfíbios temnospôndilos ritidosteídeos e lidekkerinídeos, procolofonídeos (*Owenetta* e *Procolophon*), arcossauros proterossuquídeos e eossuquídeos, dicinodontes (*Lystrosaurus* e *Myosaurus*), terocefálios e cinodontes (*Galesaurus* e *Thrinaxodon*), e tem sido considerada a assembléia-tipo para a designação do intervalo Lootsbergian LVF (= Lootsbergian *Land Vertebrate Faunachron*, Lucas, 1998).

Correlações bioestratigráficas com a Biozona de *Lystrosaurus* têm sido efetuadas para diversas localidades continentais triássicas na China, Índia, Tanzânia, Rússia, Antártida e Groenlândia. Para o Brasil, propostas de correlação da Formação Sanga do Cabral com a Biozona de *Lystrosaurus* foram realizadas (Lavina, 1983 e Lavina & Barberena, 1985), mas alguns pesquisadores sugeriram que a abundância de procolofonídeos aliado à escassez de registros de sinapsídeos (como o dicinodonte *Lystrosaurus* e o cinodonte *Thrinaxodon*), poderia reforçar sua correspondência com a biozona de *Procolophon* (*sensu* Neveling, Rubidge & Hancox, 1999) para a Bacia do Paraná, a qual também poderia ser correlacionável aos níveis inferiores da Formação Puesto Viejo da Argentina (Silva, 1999).

Como resultado de uma intensificação de trabalhos de prospecção, coleta e identificação de fósseis provenientes da Formação Sanga do Cabral, novos táxons têm sido registrados, indicando a presença de cinodontes (Abdala *et alii*, 2002), dicinodontes (Schwanke & Kellner, 1999) e novas espécies de procolofonídeos (Cisneros & Schultz, 2002). A morfologia das pegadas aqui analisadas confirma a ocorrência de sinapsídeos (RPJA-02) e acrescenta o registro de arcossauros (RPJA-01) aos níveis eotriássicos da Bacia do Paraná, o que pode reforçar a correlação da Formação Sanga do Cabral com a Biozona de *Lystrosaurus*, indicando uma idade eoscytiana para estes sedimentos.



Figura 4 Reconstituição paleoambiental da área de ocorrência das pegadas fósseis da Formação Sanga do Cabral.

Conclusões

As pegadas registradas para a Formação Sanga do Cabral podem ser atribuídas a Archosauria basais, provavelmente Proterosuchia ou Ornithosuchia, e a Synapsida, provavelmente Dicynodontia. Este constitui o primeiro registro de arcossauros nessa unidade geológica. A atribuição destas pegadas a estes táxons, somada ao registro recente de materiais osteológicos de dicinodontes e possivelmente cinodontes, reafirma uma idade scytiana inferior (induana) para esta unidade litoestratigráfica da Bacia do Paraná, possibilitando sua correlação com a biozona de *Lystrosaurus* e a utilização de *Procolophon* e *Lystrosaurus* como fósseis-índice na determinação de intervalos estratigráficos do Scytiano Inferior (= Lootsbergiano LVF).

Agradecimentos

Aos professores Jorge Ferigolo, Ana Maria Ribeiro e Francisco Ricardo Negri (Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul) pelo apoio nas atividades de campo e discussão sobre o contexto geológico das ocorrências de pegadas fósseis. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES, Programa Pró-Guaíba e Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro ao estudo desenvolvido.

Referências

- ABDALA, F.; DIAS, S. S. & CISNEROS, J. C. First record of non-mammalian cynodonts (Therapsida) in the Sanga do Cabral Formation (Early Triassic) of Southern Brazil. *Palaeontologia Africana*, 38:93-98, 2002.
- BARBERENA, M. C. Bioestratigrafia preliminar da Formação Santa Maria. *Pesquisas*, 7:111-129, 1977.
- BARBERENA, M. C.; ARAÚJO, D. C. & LAVINA, E. L. Late Permian and Triassic tetrapods of Southern Brazil. *National Geographic Research*, 1:5-20, 1985.
- BONAPARTE, J. F. Faunal replacement in the Triassic of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2(3):362-371, 1982.
- 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*, 2:71-72, 2001.
- CARVALHO, I. S. Huellas de saurópodos de la Formación Antenor Navarro (Cretácico Temprano de la cuenca de Sousa). Serrote do Letreiro, Paraíba, Brasil. *Ameghiniana*, 37(3):353-362, 2000.
- CISNEROS, J. C. & SCHULTZ, C. L. *Procolophon brasiliensis* n. sp., a new procolophonid reptile from the Lower Triassic of southern Brazil. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Mh.*, 2002(11):641-648, 2002.
- COOPER, M. R. A mid-Permian to earliest Jurassic Tetrapod Biostratigraphy and its significance. *Arnoldia Zimbabwe*, 9(7):77-104, 1982.
- HUNT, A. P.; SANTUCCI, V. L.; LOCKLEY, M. G. & OLSON, T. J. Dicynodont trackways from the Holbrook Member of the Moenkopi Formation (Middle Triassic: Anisian), Arizona, USA: 213-218 In: LUCAS, S. G. & MORALES, M. (eds.), *The Nonmarine Triassic*. New Mexico Museum of Natural History & Science Bulletin, 1993.
- KITCHING, J. W. A short review of the Beaufort Zoning in South Africa, *Gondwana Symposium*, 2. *Proceedings and Papers*, Pretoria, p. 309-312, 1970.

- LANGER, M. C. & SCHULTZ, C. L. Further comments on the Brazilian protorosaurs. *Ameghiniana*, 34(4):537, 1997.
- LAVINA, E. L. *Procolophon pricei* sp. n., um novo réptil procolofonídeo do Triássico do Rio Grande do Sul. *Iheringia*, Série Geologia, 9:51-78, 1983.
- LAVINA, E. L. & BARBERENA, M. C. Anfíbios ritidosteídeos e lidekkerinídeos da Formação Sanga do Cabral (Triássico Inferior do Rio Grande do Sul) – Implicações bioestratigráficas e geocronológicas. *Iheringia*, Série Geologia, 10:19-27, 1985.
- LEONARDI, G. *Annotated Atlas of South America Tetrapod Footprints (Devonian to Holocene) with an appendix on Mexico and Central America*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Brasília, 248p., 1994.
- LOCKLEY, M. G. & CONRAD, K. The paleoenvironmental context, preservation and paleoecological significance of dinosaur tracksites in the Western, USA: 121-134 In: GILLETTE, D. D. & LOCKLEY, M. G. (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, 1991.
- LOCKLEY, M. G. & MEYER, C. *Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe*. Columbia University Press, New York, 323p., 1999.
- LUCAS, S. G. Global Triassic tetrapod biostratigraphy and biochronology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 143:347-384, 1998.
- MILANI, E. J. Geodinâmica Fanerozoica do Gondwana sul-ocidental e a evolução geológica da Bacia do Paraná: 275-302 In: HOLZ, M. & DE ROS, L. F. (eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. UFRGS/Instituto de Geociências – CIGO, Porto Alegre, 2000.
- MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B. & SCHNEIDER, R. L. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 8(1):69-82, 1994.
- NEVELING, J.; RUBIDGE, B. S. & HANCOX, P. J. A lower *Cynognathus* Assemblage Zone fossil from the Katberg Formation (Beaufort Group, South Africa). *South African Journal of Science*, 95:555-556, 1999.
- OLSEN, P. E. & GALTON, P. M. A review of the reptiles and amphibian assemblages from the Stormberg of Southern Africa, with special emphasis on the footprints and the age of the Stormberg. *Palaentologia Africana*, 25:87-110, 1984.
- PARRISH, J. M. Phylogenetic patterns in the manus and pes of Early Mesozoic Archosauromorpha: 249-258 In: GILLETTE, D. D. & LOCKLEY, M. G. (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- ROMER, A. S. Intercontinental correlations of Triassic Gondwana vertebrate faunas. 469-473 In: CAMPBELL, K. S. N. (ed.), *Gondwana Geology*. Australian National University Press, Canberra, 1975.
- SCHERER, C. M. S.; FACCINI, U. F. & LAVINA, E. L. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná: 335-354 In: HOLZ, M. & DE ROS, L. F. (eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*. UFRGS/Instituto de Geociências – CIGO, Porto Alegre, 2000.
- SCHULTZ, C. L.; SCHERER, C. M. S. & BARBERENA, M. C. Biostratigraphy of Southern Brazilian Middle-Upper Triassic. *Revista Brasileira de Geociências*, 30(4):491-494, 2000.
- SCHWANKE, C. & KELLNER, A. W. A. Sobre o primeiro registro de Synapsida para o Triássico basal do Brasil. *Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 16, Crato. *Boletim de Resumos*, 101p., 1999.
- SILVA, S. D. Novos Achados Fósseis na Formação Sanga do Cabral (Eotriássico da Bacia do Paraná). *Acta Geologica Leopoldensia*, XXI(46/47):101-108, 1998.
- SILVA, S. D. *Descrição de Novos Achados, Taxonomia, Revisão do Conteúdo Fossilífero e Correlações Faunísticas da Formação Sanga do Cabral (Triássico Inferior do Rio Grande do Sul)*. Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, Dissertação de Mestrado, 132 p., 1999.
- WELMAN, J. The taxonomy of the South African proterosaurs (Reptilia, Archosauromorpha). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(2):340-347, 1998.