

Ícnofósseis da Bacia do Rio do Peixe, PB

O mais marcante registro de pegadas de dinossauros do Brasil

SIGEP 26

Giuseppe Leonardi¹
Ismar de Souza Carvalho²

Sousa e Uiraúna-Brejo das Freiras são duas bacias cretáceas da região do Rio do Peixe que possuem uma grande quantidade de pegadas de dinossauros. Estas bacias estão localizadas no oeste do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, e suas origens relacionam-se aos movimentos de falhas transcorrentes ao longo de lineamentos pré-existentes do embasamento, durante a abertura do Oceano Atlântico.

A principal icnofauna de tetrápodes compõe-se de pegadas isoladas e pistas de grandes e pequenos terópodes, além de ornitópodes. Também há icnofósseis de invertebrados tais como pistas e escavações produzidas por artrópodes e anelídeos. Os fósseis são palinómorfs, fragmentos de plantas, ostracodes, conchostráceos, escamas de peixes e ossos de crocodilomorfos. Estes fósseis estão preservados em depósitos de leques aluviais, rios anastomosados, meandantes e lagos rasos de idade neocomiana - Berriasiano a Barremiano inferior. A relevância paleontológica-geológica das bacias de Sousa e Uiraúna é a abundância em icnofaunas dinossaurianas. Já foram identificados e mapeados 22 sítios icnofossilíferos, e reconhecidas 296 pistas de grandes terópodes; 29 de pequenos terópodes; 42 de saurópodes; 2 de ornitíscios quadrúpedes; 28 de ornitópodes graviportais; um conjunto de pegadas batracopódidas; uma impressão lacertóide; um grande número de pegadas não classificáveis e muitas pistas de semi-natação atribuídas a quelônios. Ao todo já foram classificados um número superior a 395 indivíduos dinossaurianos.

A área mais importante de distribuição de pegadas fósseis, localizada em Passagem das Pedras (Fazenda Ilha) no município de Sousa é atualmente um parque natural - Monumento Natural Vale dos Dinossauros. O parque com 40 hectares de área é presentemente um dos sítios paleontológicos melhor preservados no Brasil. Possui infra-estrutura turística e guias treinados para o turismo ecológico e para proteção do sítio icnofossilífero.

Icnofossils of the Rio do Peixe Basin, State of Paraíba - The most remarkable record of dinosaur tracks of Brazil

Sousa and Uiraúna-Brejo das Freiras are two Cretaceous basins from the Rio do Peixe region that present a great amount of dinosaur footprints. These basins are located on the west of Paraíba State, Northeast Brazil, and their origin are related to fault movements along preexisting structural trends of the basement during South Atlantic Ocean opening. The main tetrapod ichnofauna comprises isolate footprints and trackways of large and small theropods, besides ornithopods. There are also invertebrate ichnofossils such as trails and burrows produced by arthropods and annelids. The fossils are palynomorphs, plant fragments, ostracods, conchostraceans, fish scales and crocodylomorph bone fragments. These were preserved in alluvial fans, anastomosing, meandering rivers and shallow lakes deposits of Neocomian age - Berriasian to lower Barremian.

The paleontological-geological relevance of Sousa and Uiraúna Basins is the abundance of dinosaurian ichnofaunas. It have already been identified, as well as mapped 22 ichnofossiliferous sites, and recognized 296 large theropod tracks; 29 smaller theropods; 42 sauropods; 2 quadrupedal ornithischians; 2 small ornithopods; 28 graviportal ornithopods; a set of batrachopodid prints; a lacertoid print; a large number of unclassifiable dinosaurian tracks and a large number of small chelonian half-swimming tracks. Altogether the classified dinosaurian individuals number is more than 395. The main distribution area of dinosaur footprints at Passagem das Pedras (Ilha Farm), in Sousa County is nowadays a natural park - The Dinosaur Valley Natural Monument. The park, with 40 ha of area, is presently one of the best preserved paleontological sites in Brazil. This area is now a tourist complex and offers an entire tourism infrastructure, besides a trained staff to guide tourists and to protect the paleontological site.

INTRODUÇÃO

As bacias do rio do Peixe são quatro bacias sedimentares denominadas como Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras, Pombal e Vertentes. Localizam-se no oeste do estado da Paraíba nos municípios de Sousa, Uiraúna, Poço, Brejo das Freiras, Triunfo, Santa Helena e Pombal (Figura 1). As duas primeiras bacias - Sousa e Uiraúna-Brejo das Freiras - contém uma abundante icnofauna de tetrápodes, consistindo de pegadas e pistas de carnossauros, e ornitópodes. Icnofósseis de invertebrados tais como pistas e escavações produzidas por artrópodes e anelídeos também são comuns (Fernandes & Carvalho, 1997). Apesar da forte cor avermelhada, típica de ambientes subaéreos, há alguns níveis de folhelhos esverdeados, argilitos e siltitos, onde os fósseis estão presentes. São ostracodes, conchostráceos, fragmentos de vegetais, palinomorfos, escamas de peixes e fragmentos ósseos de crocodilomorfos.

Sousa e Uiraúna-Brejo das Freiras são bacias intracratônicas do Nordeste do Brasil, que se desenvolveram ao longo de lineamentos estruturais pré-existentes do embasamento, durante a abertura do Oceano Atlântico. A idade destes depósitos, baseada em material polínico, é característica dos andares locais Rio da Serra (Berriasiano ao Hauteriviano) e Aratu (Barremiano inferior) segundo dados de Lima & Coelho (1987) e Regali (1990).

A sedimentação nestas bacias foi controlada pelos processos tectônicos regionais (Lima Filho, 1991; Lima Filho *et al.*, 1999). Durante o tempo Dom João (andar Purbeckiano), devido ao estiramento crustal, bacias sigmoidais desenvolveram-se na inflexão das falhas noroeste-sudoeste e este-oeste. Durante o tempo Rio da Serra (Berriasiano ao Hauteriviano), sob o mesmo regime tectônico, as áreas bacinais aumentaram e suas formas passaram a romboidais. No último estágio, provavelmente no final do tempo Aratu (andar Barremiano inferior), houve uma mudança no padrão tectônico e a acumulação de sedimentos entrou em declínio. Os depósitos aí encontrados refletem um controle direto da sedimentação pela atividade tectônica. Ao longo das bordas falhadas das bacias, a deposição consistia de leques aluviais, modificando-se distalmente para sistemas fluviais entrelaçados. Na região central destas bacias, estabeleceu-se um sistema fluvial meandrante com uma ampla planície de inundação, onde ocorriam lagos perenes e temporários (Carvalho 2000a). A relevância paleontológica e geológica das bacias de Sousa e Uiraúna-Brejo das

Freiras está na abundância de icnofaunas dinossaurianas que representam parte de um amplo *megatracksite* do início do Cretáceo (Viana *et al.*, 1993; Carvalho 2000a) estabelecido durante os estágios iniciais da abertura do Atlântico Sul. Nesta região foram encontrados 22 sítios icnofossilíferos com mais de 395 indivíduos dinossaurianos.

HISTÓRICO

Há cerca de 80 anos, no início da década de 20, Luciano Jacques de Moraes, um engenheiro de minas brasileiro, trabalhava para o Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS) na região Nordeste do Brasil, até então muito pouco conhecida geologicamente. No oeste do estado da Paraíba, Moraes descobriu duas pistas em rochas do leito do rio do Peixe, na localidade de fazenda Ilha. Tratavam-se de duas pistas de diferentes dimensões que se intercruzavam e possuíam distintos produtores.

Aparentemente Moraes enviou uma laje com uma pegada original escavada da pista codificada como SOPP2 e um molde de uma pegada da pista SOPP1 para os Estados Unidos para ser estudada por paleontólogos norte-americanos. Jamais recebeu qualquer resposta sobre o material enviado. Apesar das tentativas feitas por Giuseppe Leonardi, durante o ano de 1985 em reencontrar este material (o qual acreditava-se estar no American Museum of Natural History), nada foi localizado. Em seu livro, Moraes (1924) classificou a maior pista (SOPP1) como de um Stegosauria ou secundariamente como Ceratopsia; evidentemente ele a interpretou como pertencente a um quadrúpede. Atribuiu a pista SOPP2 como de um dinossauro bípede, sem definir entre os Theropoda ou os Ornithopoda. Moraes descreveu as pistas em detalhe, com desenhos e fotografias. Também extrapolou as dimensões dos presumíveis produtores das pegadas. Um trabalho metucioso para a época; contudo Moraes não era nem um icnólogo, nem um paleontólogo e seus desenhos mostram algumas incorreções.

Luciano Jacques de Moraes enviou fotografias para F. von Huene da Universidade de Tübingen (Alemanha), o qual publicou em seu livro de 1931 os desenhos de Moraes. Huene (1931) descreveu a primeira pista (SOPP1) como a de um quadrúpede com total sobreposição dos pés, e a segunda pista, como a de um bípede (SOPP2). Ele atribuiu a pista SOPP1 aos ceratópsidos ou preferencialmente aos nodosaurídeos e SOPP2 aos ornitópodes

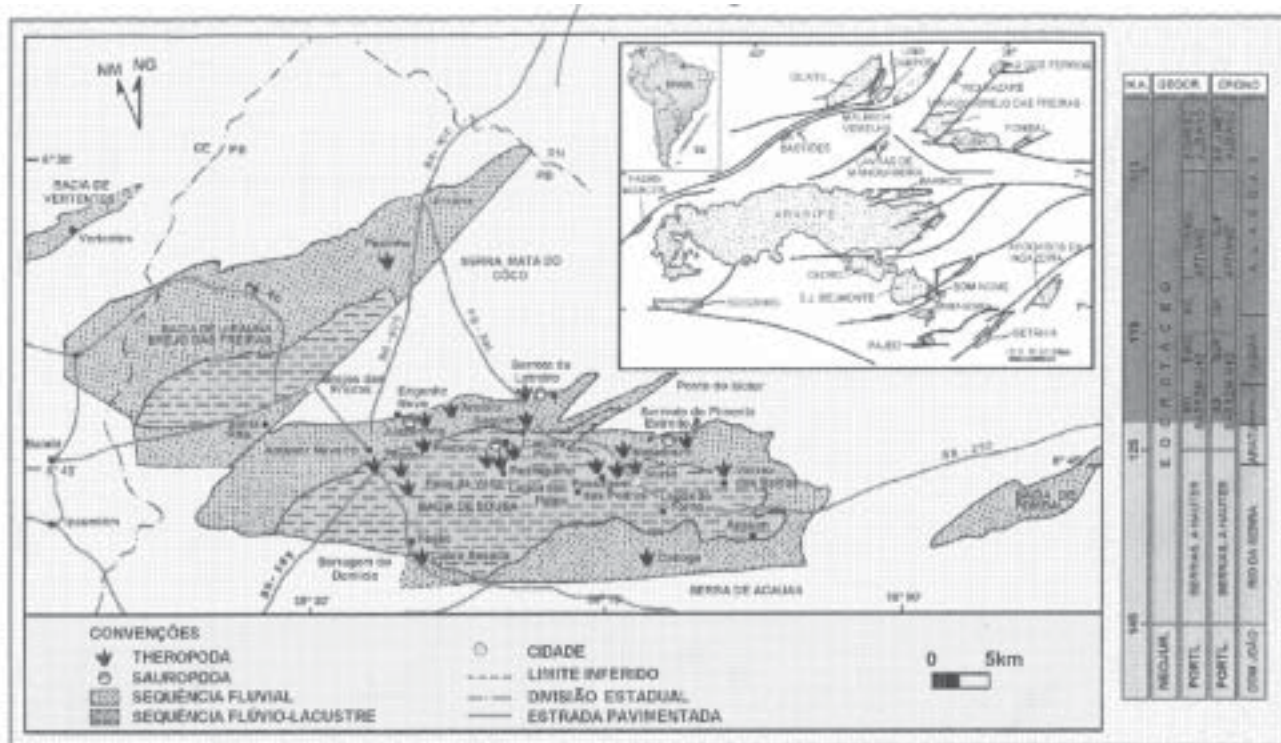


Figura 1 – Mapa de localização das bacias de Souza e Uiraúna-Brejo das Freiras, Nordeste do Brasil e distribuição das principais ocorrências icnofossilíferas

Figure 1 – Location map of Souza and Uiraúna-Brejo das Freiras Basin, Northeast Brazil and distribution of the main ichnofossiliferous sites.

tracodontídeos ou kalodontídeos. A classificação de Huene baseou-se nos desenhos de Moraes. Huene trabalhou no Brasil nos anos 20, mas nunca visitou a Paraíba.

As pistas descritas por Moraes em Sousa foram novamente analisadas em 1969 por Llewellyn I. Price (1961) com Diógenes de Almeida Campos do Departamento Nacional de Produção Mineral.

Em 1975 Giuseppe Leonardi visitou Sousa e encontrou as pistas que até então encontravam-se esquecidas. Posteriormente uma lenda local surgiu: aquela que as pistas haviam sido descobertas por um fazendeiro da região, Anísio Fausto Silva. O centenário desta descoberta foi celebrado em Sousa em 1997. Provavelmente as principais pistas tenham sido observadas por muitos fazendeiros, e antes deles mesmo por índios, devido ao fato de serem muito evidentes. Contudo, a descoberta, com um caráter científico, deve ser seguramente atribuída a Moraes. Localmente as pegadas são conhecidas como “pistas de boi” (SOPP1) e “pistas de ema” (SOPP2). Em 1975-1976 Leonardi escavou estas duas pistas a partir de dois metros de areia acumulada pelo rio do Peixe e através da margem do canal, descobrindo cinco novas pistas (Leonardi, 1979a). Em 1977 Leonardi descobriu novas pistas na fazenda Ilha e algumas outras localidades

(Leonardi, 1980c, 1994): Poço do Motor, Pedregulho, Piedade e Juazeirinho na Formação Sousa; Serrote do Letreiro na Formação Antenor Navarro, considerada até então como uma unidade paleozóica. Uma pegada incomum (em realidade duas pegadas sobrepostas de *Grallator* mas erroneamente interpretadas por Leonardi como *Isochirotherium* sp.) sugeriram uma idade (incorreta) triássica para este nível (Leonardi, 1979b, 1980b). Contudo, foi posteriormente percebido que todo o Grupo Rio do Peixe pertencia ao Cretáceo Inferior e que o contato entre suas unidades era transicional (Carvalho & Leonardi, 1992). Outras expedições de Giuseppe Leonardi se seguiram (28 ao todo, conforme Leonardi, 1994, p. 169), compreendendo quase que um ano ao todo de trabalhos de campo, apoiadas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Na expedição de 1979, Leonardi (1984b, 1994) descobriu os sítios de Piau-Caiçara e Matadouro (Formação Sousa); Serrote do Letreiro (Formação Antenor Navarro), Mãe d'Água e Curral Velho (Formação Piranhas). Em 1980 e 1981 ele trabalhou no sítio Piau-Caiçara, enfatizando o comportamento dos dinossauros produtores das pegadas (Godoy & Leonardi, 1985). Durante o ano de 1981 descobriu, junto com Geraldo da Costa Barros Muniz, pistas

dinossaurianas relacionadas às bacias de Lima Campos, Iguatu e Palestina (Leonardi & Muniz, 1985; Leonardi & Spezzamonte, 1994). Realizou a expedição Ligabue de 1983, que representou uma ação conjunta dos paleontólogos Giancarlo Ligabue (Veneza - Itália), Philippe Taquet (Museu de História Natural de Paris - França), Díógenes de Almeida Campos (Departamento Nacional de Produção Mineral - Brasil), e outros (Leonardi, 1984a). Posteriormente as pegadas receberam as visitas de inúmeros paleontólogos, bem como de turistas. Em 1984, Leonardi descobriu os sítios do Zoador, Barragem do Domício, Poço da Volta e Engenho Novo na Formação Sousa; Aroeira e Cabra Assada na Formação Antenor Navarro (Leonardi, 1985, 1994). A partir de 1994, Leonardi associou-se ao trabalho de campo com Maria de Fátima C.F. dos Santos e Claude L. de A. Santos do Museu Câmara Cascudo de Natal (Rio Grande do Norte, Brasil), frequentemente com Ismar de Souza Carvalho (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil) (1989, 1992, 1994) e Luís Carlos Godoy (Ponta Grossa, Paraná). Em 1985 W.V. Barbosa descobriu o sítio Várzea dos Ramos. Em 1987 Ismar de Souza Carvalho com Leonardi descobriram o sítio Pocinhos na bacia de Brejo das Freiras (Carvalho, 1989, 1996a).

Durante todos esses anos, um longo e muitas vezes infrutífero esforço foi feito para obter a proteção destes sítios em todos os níveis administrativos dos governos municipal, estadual e federal para o estabelecimento do Parque Natural Vale dos Dinossauros. Em 1984, Leonardi com João Carlos M. Rodrigues do Museu Emílio Goeldi de Belém (Pará) iniciaram a construção de réplicas dos principais tipos de dinossauros encontrados em Sousa. Em 1988 foram descobertos os sítios de Saguim e Piau II por Leonardi, juntamente com Anna Alessandrello do Museo Civico di Storia Naturale de Milan (Itália). Leonardi e Alessandrello exploraram a bacia de Pombal sem nenhum resultado positivo. O sítio Paraíso foi descoberto em 1992 por Sérgio Alex Kugland de Azevedo (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional; 1993). Após Leonardi ter deixado o Brasil em 1989, o trabalho icnológico de vertebrados vem sendo sistematicamente realizado por Ismar de Souza Carvalho (Carvalho *et al.*, 1994, 1995; Carvalho, 1996a; 2000a, b), o qual vem descobrindo novas localidades icnofossilíferas em parceria com pesquisadores (Maria Somália Sales Viana, Mário Lima Filho e Narendra Kumar Srivastava) de instituições universitárias localizadas no Nordeste do Brasil (Universidade Federal de Pernambuco e Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

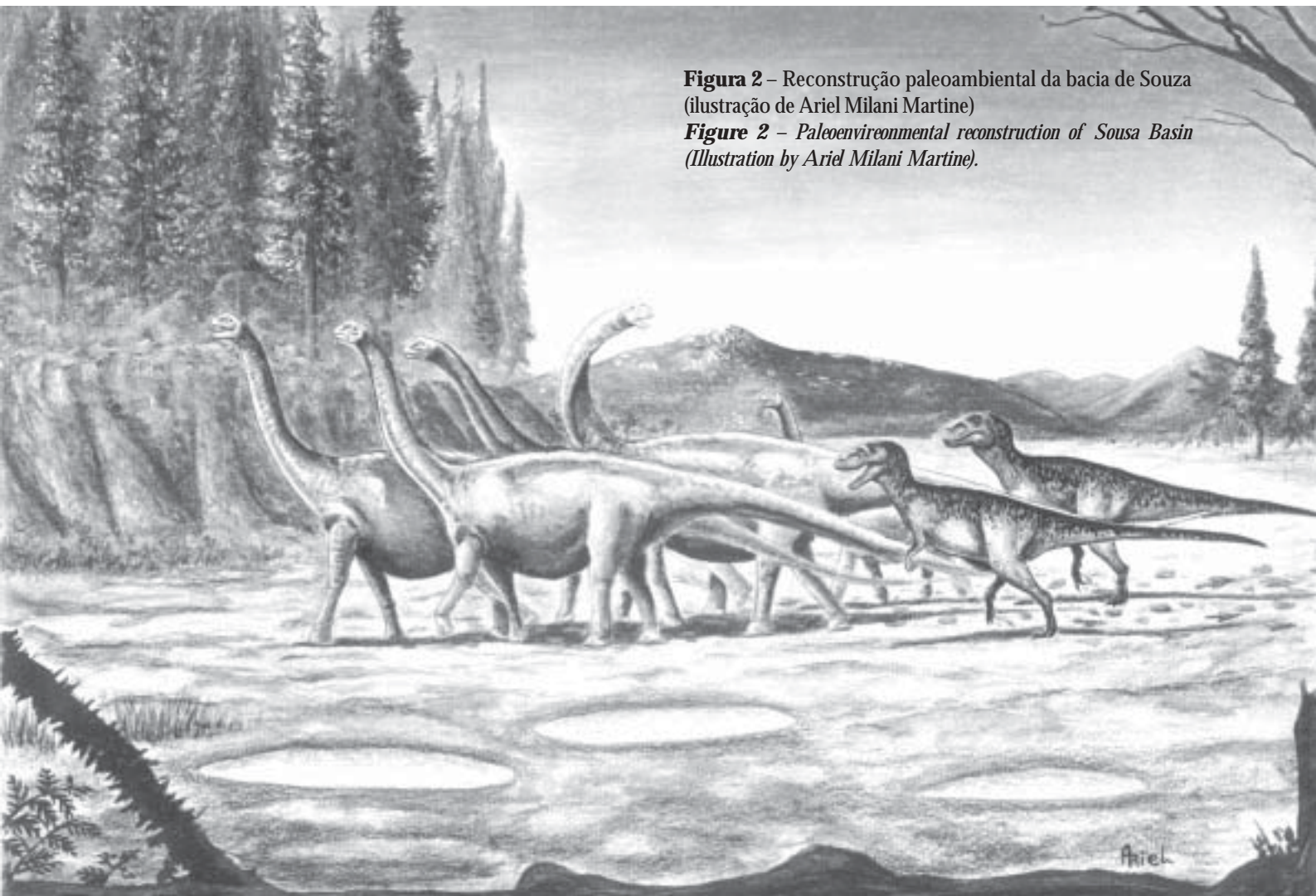


Figura 2 – Reconstrução paleoambiental da bacia de Souza (ilustração de Ariel Milani Martine)

Figure 2 – Paleoenvironmental reconstruction of Sousa Basin (Illustration by Ariel Milani Martine).

CONTEXTO ESTRATIGRÁFICO DAS PEGADAS

As icnofaunas dinossaurianas destas bacias estão inseridas num mesmo contexto estratigráfico-temporal-paleogeográfico, e representam partes de um amplo megatracksite. As similaridades das litofácies dentre os depósitos onde ocorrem as pegadas denotam os mesmos processos tectônicos, climáticos e sedimentares. Os ambientes de sedimentação eram então influenciados pelo desenvolvimento inicial da região Atlântica equatorial, com uma biota endêmica vivendo nas proximidades de rios efêmeros e lagos rasos em condições climáticas quentes (Carvalho, 2000a).

Durante o Cretáceo Inferior, predominava um clima quente, havendo provavelmente uma ampla variação das condições de umidade (Petri, 1998). De acordo com Petri (1983) e Lima (1983) no início do Cretáceo, as condições climáticas eram mais úmidas nas regiões localizadas à sul do domínio tropical (bacias de Recôncavo-Tucano-Jatobá). Apesar de um clima mais quente e seco em direção à norte, a interpretação dos ambientes deposicionais e os fósseis sugerem a existência de alguns lagos, nos quais durante o Neocomiano, as regiões adjacentes mostravam-se mais úmidas. Durante este tempo, a América do Sul ainda encontrava-se conectada à África, e o Oceano Atlântico estava em sua fase inicial de desenvolvimento. Na atual região Nordeste do Brasil, numa área de centenas de quilômetros, rios efêmeros e lagos rasos foram importantes ecossistemas.

A bacia de Sousa compreende uma área de 1.250 km². Já Uiraúna-Brejo das Freiras é uma bacia menor com 480 km². Estão localizadas no oeste do estado da Paraíba, nos municípios de Sousa, Uiraúna, Poço, Brejo das Freiras, Triunfo e Santa Helena. O embasamento destas bacias é composto por rochas metamórficas pré-cambrianas altamente metamorfizadas, alinhadas estruturalmente nas direções noroeste-sudoeste ou este-oeste. As rochas mais frequentes são migmatitos, granitos, gabros e anfíbolitos.

A subdivisão litoestratigráfica formal dos depósitos cretácicos das bacias de Sousa e Uiraúna-Brejo das Freiras foi proposta por Mabeoone (1972) e Mabeoone & Campanha (1974). Estes autores designaram o Grupo Rio do Peixe, com espessura total de 2.870 metros, subdividindo-o nas formações Antenor Navarro, Sousa e Piranhas. As formações Antenor Navarro e Piranhas, são compostas por sedimentos imaturos, incluindo brechas e conglomerados com seixos de rochas magmáticas e

metamórficas em uma matriz grossa arcoseana. Estes tipos litológicos são encontrados próximos aos bordos falhados das bacias. Em direção ao depocentro, os conglomerados e arenitos finos podem estar intercalados com siltitos e folhelhos. Estratificações cruzadas acanaladas e tabulares, estratificações cruzadas cavalgantes e marcas de onda são as principais estruturas sedimentares. A Formação Sousa é composta por arenitos avermelhados, siltitos, argilitos e nódulos carbonáticos; margas também podem ocorrer sob a forma de delgados estratos. As principais estruturas sedimentares são gretas de ressecamento, estruturas convolutas, marcas de onda, estratificações cruzadas cavalgantes, marcas de gotas de chuva e bioturbações.

Nas formações Antenor Navarro e Piranhas as pegadas são menos frequentes, quando comparadas com a abundância em que ocorrem na Formação Sousa. As litologias destas duas primeiras unidades são conglomerados, arenitos grossos e arenitos intercalados com siltitos. As litofácies, estruturas sedimentares e geometria das camadas indicam uma sedimentação em fan-deltas, leques aluviais e ambientes fluviais entrelaçados. As pegadas estão preservadas em sedimentos mais finos das barras arenosas subaéreas dos leques aluviais e rios entrelaçados (Figura 2). Tais depósitos localizam-se próximo das bordas das bacias e sua acumulação foi controlada diretamente pela atividade tectônica regional (Carvalho 2000a).

Na Formação Sousa as litologias são arenitos, folhelhos e argilitos, cuja granulação fina foi mais susceptível para a preservação de pegadas. Trata-se de uma sucessão essencialmente microclástica que indica ambientes lacustres, pantanosos e de rios meandantes. Através do estudo das conchostracofaunas, Carvalho & Carvalho (1990) e Carvalho (1993, 1996b) inferiram as condições físicas e químicas dos lagos em cujas bordas a dinoturbação foi significativa. Tratavam-se de lagos pequenos e temporários, quentes e rasos, nos quais o quimismo da água caracterizavam-nos com um caráter alcalino (pH entre 7 e 9). Devido as dimensões que alcançavam alguns conchostráceos (cerca de 3,5 cm de comprimento), deveriam ter existido nestes lagos optimum ecológicos, com águas ricas em nutrientes e íons abundantes tais como o cálcio e fósforo.

A ICNOFAUNA

Formação Sousa

O conjunto de 13 sítios da Formação Sousa (Barragem do Domicio, Engenho Novo, Juazeirinho, Matadouro, Pedregulho, Piau-Caiçara, Piedade, A

Camada do Rio do Peixe entre Passagem das Pedras e Poço do Motor, Piau II, Poço da Volta, Sítio Saguim, Várzea dos Ramos e Zoador) em pelo menos 60 níveis incluem aproximadamente a seguinte icnofauna: 220 grandes terópodes; 29 pequenos terópodes classicamente considerados como Coelurosauria; 11 saurópodes; 15 ornitópodes graviportais; 1 pequeno ornitíscuo quadrúpede; um número de pistas de dinossauros não-classificáveis ou incertas; 1 conjunto batracopódido; um grande número de pegadas de pequenos quelônios. Ao todo o número de indivíduos dinossaurianos é superior a 276 (Santos & Santos, 1987a).

Formação Antenor Navarro

Os 5 sítios da Formação Antenor Navarro (Aroeira, Pocinhos, Riacho do Cazê, Serrote do Letreiro e Serrote do Pimenta) em pelo menos 12 níveis incluem aproximadamente: 53 grandes terópodes; 31 saurópodes; 5 ornitópodes graviportais, sendo um deles quadrúpede; 1 ornitíscuo quadrúpede, provavelmente um anquilossauro; uma pegada lacertóide; um número de pistas não-classificáveis ou incertas. O número de indivíduos dinossaurianos é superior a 90 (Figuras 3 e 4).

Formação Piranhas

Os 4 sítios da Formação Piranhas (Cabra Assada, Curral Velho, Mãe d'Água e Fazenda Paraíso) incluem cerca de 6 níveis com a seguinte icnofauna: 23 grandes terópodes; 2 pequenos ornitópodes; 8 ornitópodes graviportais, um dos quais quadrúpede; um número de pistas não-classificáveis ou incertas. Os indivíduos dinossaurianos excedem em 33 (Leonardi, 1987, 1989; Santos & Santos, 1987b).

A ICNOFAUNA DINOSSAURIANA DAS BACIAS DO RIO DO PEIXE E OS PRODUTORES DE PEGADAS

Os vinte e dois sítios e setenta e oito níveis das bacias do Rio do Peixe contêm a seguinte icnofauna de tetrápodes: 296 grandes terópodes; 29 pequenos terópodes têm o terceiro dedo substancialmente maior que os outros dois, o que era classicamente considerado como assignável aos Coelurosauria; 42 saurópodes; 2 ornitíscuos quadrúpedes, provavelmente anquilossauros; 2 pequenos ornitópodes; 28 ornitópodes graviportais (um quadrúpede); um conjunto de impressões batracopodídeas; uma impressão lacertóide; um grande número de pegadas

dinossaurianas não classificadas e muitas impressões de semi-natação atribuídas aos quelônios. Ao todo os indivíduos dinossaurianos classificados totalizam mais que 395. A relação de pegadas herbívoro/carnívoro nesta icnofauna é cerca de 1/4,6; a relação de pistas individuais quadrúpede / bípede é de cerca de 1/8,6. Somente 34 pistas de dinossauros estão associadas em quatro grupos gregários (Leonardi *et al.*, 1987a, 1987b, 1987c).

Não é fácil atribuir uma pegada a um produtor. Contudo as pegadas descritas acima podem ser consideradas com alguma probabilidade de pertencerem aos seguintes grupos: as pistas de grandes terópodes são possivelmente de uma família cretácica sul-americana de grandes predadores conhecida como Abelisauridae Bonaparte & Novas, 1985 e conseqüentemente Ceratosauria. As pequenas pistas de terópodes com o dígito III substancialmente maior que o II e IV, que foram normalmente atribuídas aos Coelurosauria, podem ser referidas à algumas famílias teropodomorfos sul-americanas que se presume tenham ocupado neste continente o nicho ecológico dos Coelurosauria na Laurásia (e.g. Noasauridae Bonaparte & Powell, 1980). Os saurópodes foram talvez grupos assemelhados aos Dicraeosauridae, Rebbachisauridae, ou mais provavelmente os primeiros titanossauros (Bonaparte, 1986).

A pequena pista quadrúpede do Serrote do Pimenta pode ser a de um anquilossauro, mais provavelmente um nodosaurídeo, a semelhança com o pequeno Minmi Molnar, 1980 de Queensland. Uma pista quadrúpede (sub-icnito) de Passagem das Pedras também poderia pertencer a este grupo. Pistas de anquilossauros são conhecidas da Bolívia (Leonardi, 1984a) e mais recentemente (1988) identificadas por Christian Meyer, Martin Lockley e Leonardi (material ainda não publicado). As pistas de grandes bípedes ou quadrúpedes com três cascos arredondados são atribuídas a ornitópodes graviportais, similares à *Ouranosaurus* Taquet, 1976; algumas pistas raras de ornitópodes podem pertencer a iguanodontídeos jovens ou a alguma forma de pequeno ornitópode, talvez driosaurídeos, já conhecidos na América do Sul (Coria & Salgado, 1996).

O conjunto batracopodídeo de Piau é pobremente preservado, contudo pode ser atribuído a Crocodylia. As inúmeras pegadas pequenas de semi-natação do sítio Piau foram provavelmente produzidas por quelônios; a família Araripeymyidae é a mais provável.

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

A principal área de distribuição das pegadas de dinossauros localizada em Passagem das Pedras (fazenda Ilha) no município de Sousa, é atualmente um parque natural. Em 20 de dezembro de 1992 através de um Decreto-Lei estadual (Decreto nº 14.833, de 20 de dezembro de 1992, Diário Oficial do Estado da Paraíba) esta localidade icnofossilífera foi tombada como Monumento Natural e designada como “Monumento Natural Vale dos Dinossauros” (Figuras 5 e 6).

Em 1996 foi assinado um convênio entre o Ministério do Meio Ambiente, Estado da Paraíba/Superintendência de Administração do Meio Ambiente e Prefeitura Municipal de Sousa (Convênio MMA/PNMA/PED nº 96 CV00030/96) visando a consolidação do “Monumento Natural Vale dos Dinossauros”. Inicialmente com base no Decreto nº 14.833 desapropriou-se o sítio de Passagem das Pedras, com 40 hectares de área. Posteriormente foi concebido um canal de alívio da vazão do rio do Peixe, numa extensão de 621 metros que permitirá, sem alterar as características originais do rio do Peixe e ecossistemas associados, a proteção das pegadas contra a ação erosiva deste rio e represamento d’água sobre o sítio paleontológico (Sônia Matos Falcão - Coordenadora de Projetos de Execução Descentralizada - PED/SUDEMA, informação pessoal).

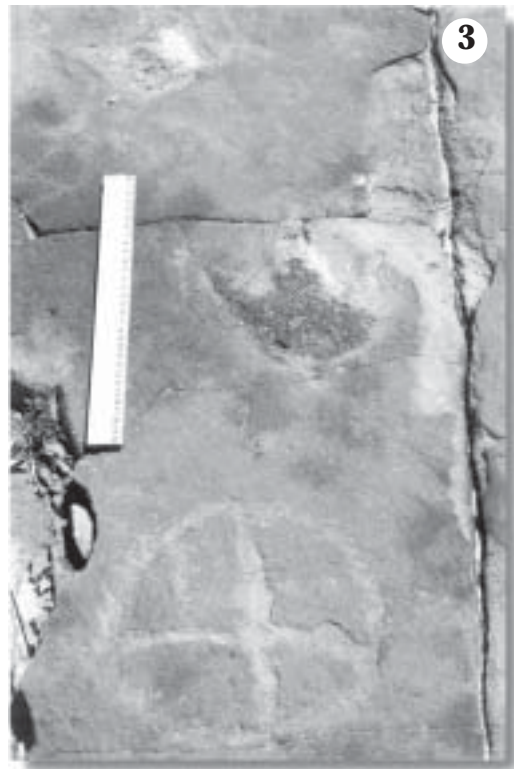


Figura 3 - Pegada de um terópode associada a um petroglifo indígena. Serrote do Letreiro, bacia de Sousa.

Figure 3 - Theropod footprint associated with ancient indian rock engraving. Serrote do Letreiro, Sousa Basin.

Figura 4 - Pegada de um terópode. Serrote do Letreiro, bacia de Sousa

Figure 4 - Theropod footprint. Serrote do Letreiro, Sousa basin.

Figura 5 - Monumento Natural Vale dos Dinossauros. Parque natural com 40 hectares de Área protegida pelo governo do estado da Paraíba e Prefeitura Municipal de Sousa

Figure 5 - Dinosaur Valley Natural Monument, a natural park with 40 hectares of protect area established by the Paraíba State Government and Sousa Municipal City Hall.





Os investimentos já realizados neste sítio paleontológico são de aproximadamente US\$ 800,000.00 (oitocentos mil dólares americanos). Ainda de acordo com as informações de Sônia Matos Falcão (Governo do Estado da Paraíba) a proteção deste jazigo fossilífero compreendeu:

- Modificação do curso principal do rio do Peixe objetivando a proteção dos níveis estratigráficos com pegadas fósseis, os quais vinham sendo erodidos durante os períodos de inundações. Foi construído um canal secundário (artificial) e pontes sobre este e sobre o canal do rio.
- Plantio de vegetação nativa nas bordas do canal e áreas adjacentes ao rio do Peixe.
- Estrada de acesso ao Monumento Natural Vale dos Dinossauros a partir da rodovia federal BR-391.
- Pontes de estrutura concreto-aço sobre as pegadas, evitando o contato direto dos visitantes com a superfície rochosa onde estão dispostas.
- Centro de Recepção com 222 m² de área. Abrange exposição com dioramas e painéis temáticos, fósseis, sala de vídeo, centro de documentação, biblioteca, loja de lembranças, lanchonete, sanitários e administração (Figuras 7 e 8).

Podemos considerar que após um esforço de mais de 20 anos, este é atualmente o melhor sítio paleontológico preservado no Brasil. A região é agora um complexo turístico - Vale dos Dinossauros - e oferece uma completa infra-estrutura turística, bem como pessoal treinado para o turismo ecológico e para a proteção do sítio paleontológico.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. Tim Halley do Departamento de Zoologia da Universidade de Queensland Brisbane (Austrália) e Dr. José E. Bonaparte do Museu Argentino de Ciências Naturais Bernardino Rivadavia (Buenos Aires) pela revisão crítica. Sônia Matos Falcão (Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA - Governo do Estado da Paraíba) pelo auxílio com os dados de investimentos financeiros e técnicos realizados no Monumento Natural Vale dos Dinossauros.

Este estudo contou com o suporte financeiro das agências de fomento Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Fundação Universitária José Bonifácio (FUJB-UFRJ).

Figura 6 (esquerda)- Pista de Dinossauro Ornitópole no Monumento Natural Vale dos Dinossauros. Passagem das Pedras (fazenda Ilha), município de Sousa.

Figure 6 (on left)- *Dinosaur track at the Dinosaur Valley Natural Monument. Passagem das Pedras (Ilha farm), Sousa county.*

Figura 7 - Réplicas dos dinossauros que habitaram a região da bacia de Sousa. Arte de João Carlos M. Rodrigues.

Figure 7- *Replicas of the dinosaurs that lived in the Sousa basin. Art of João Carlos M. Rodrigues.*



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonaparte, J. F. 1986. History of the terrestrial Cretaceous Vertebrates of Gondwana. In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 4. Mendoza, Argentina, vol. 2: 63-95.
- Bonaparte, J. F.; Novas, F.E. 1985. *Abelisaurus camahuensis* n.g., n.sp., Carnosauria del Cretácico Tardío de Patagonia. *Ameghiniana*, 21(2-4): 259-265, 2 figs. Buenos Aires, Argentina.
- Bonaparte, J. F.; Powell, J.E. 1980. A continental assemblage of tetrapods from the Upper Cretaceous beds of El Brete, NW Argentina (Sauropoda Coelurosauria Carnosauria Aves). *Mémoires de la Société Géologique de France*, N.S., Paris, (1980), 139: 19-28, 9 figs.
- Carvalho, I. S. 1989. Icnocenosos continentais: bacias de Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Mangabeira. (Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Geologia). Dissertação de Mestrado, 167p. (inédita), Rio de Janeiro.
- Carvalho, I. S. 1993. Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil. (Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Geologia). Tese de Doutorado, 2 v., 319 p. (texto) (inédita), Rio de Janeiro.
- Carvalho, I. S. 1996a. As pegadas de dinossauros da bacia de Uiraúna-Brejo das Freiras (Cretáceo Inferior, estado da Paraíba). In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 4, Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Boletim*:115-121
- Carvalho, I. S. 1996b. Paleogeographic distribution of esthereliidean conchostraceans on the Cretaceous rift interior basins of Northeast Brazil. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador-BA, 1996, SBG. *Anais*, 7: 387-389.
- Carvalho, I. S. 2000a. Geological environments of dinosaur footprints in the intracratonic basins from Northeast Brazil during the South Atlantic opening (Early Cretaceous). *Cretaceous Research*, pre-print.
- Carvalho, I. S. 2000b. Huellas de saurópodos de la Formación Antenor Navarro (Cretácico Temprano de la Cuenca de Sousa), Serrote do Letreiro, Paraíba, Brasil. *Ameghiniana*, pre-print, Argentina.
- Carvalho, I. S.; Carvalho, M.G.P. 1990. O significado paleoambiental dos conchostráceos da Bacia de Sousa. In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1, Crato-PE, 1990, SBP. *Anais*: 329-333.
- Carvalho, I. S.; Leonardi, G. 1992. Geologia das bacias de Pombal, Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Vertentes (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*(1992), Rio de Janeiro, 64(3): 231-252.
- Carvalho, I. S.; Viana, M.S.S.; Lima Filho, M.F. 1994. Dinossauros do Siluriano: um anacronismo crono-geológico nas bacias interiores do Nordeste? In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú-SC, 1994, SBG. *Boletim de Resumos Expandidos*, 3: 213-214.
- Carvalho, I. S.; Viana, M.S.S.; Lima Filho, M.F. 1995. Bacia de Cedro: a icnofauna cretácica de vertebrados. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*(1995), Rio de Janeiro, 67(1): 25-31.
- Coria, R. A.; Salgado, L. 1996. A basal iguanodontian (Ornithischia: Ornithopoda) from the Late Cretaceous of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology* (1996), 16(3): 445-457.
- Fernandes, A. C. S.; Carvalho, I. S. 1997. Icnofósseis de invertebrados da bacia de Sousa (estado da Paraíba, Brasil): a localidade de Serrote do Letreiro. In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 2, Crato-PE, 1997. *Resumo das Comunicações*:29.
- Godoy, L. C.; Leonardi, G. 1985. Direções e comportamento dos dinossauros da localidade de Piau, Sousa, Paraíba (Brasil), Formação Sousa (Cretáceo Inferior). In: Brasil, DNPM. Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Série "Geologia", 27 (Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2): 65-73, 4 figs., col. stratigraph.. Brasília.
- Huene, F. 1931. Verschiedene mesozoische Wierbeltierreste aus Südamerika. *Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie, Paläontologie*, Beil-Bd. 66(B): 181-198, 21 figs., Alemanha.
- Leonardi, G. 1979a. Nota Preliminar Sobre Seis Pistas de Dinossauros Ornithischia da Bacia do Rio do Peixe (Cretáceo Inferior) em Sousa, Paraíba, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*(1979), Rio de Janeiro, 51(3): 501-516, 19 figs.
- Leonardi, G. 1979b. New Archosaurian trackways from the Rio do Peixe Basin, Paraíba, Brazil. *Annali dell'Universitat di Ferrara*, N.S., S.IX, 5(14): 239-249, 18 figs., 2 tabs. Ferrara.
- Leonardi, G. 1980a. Vertebrate ichnology in Brazil and Italy. *Ichnology Newsletter*, Menlo Park, California, USA (1980), 11:10.
- Leonardi, G. 1980b. *Isochirotherium* sp.: Pista de um gigantesco Tecodonte na Formação Antenor Navarro (Triássico), Sousa, Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*(1980), 10(4): 186-190.
- Leonardi, G. 1980c. Dez novas pistas de Dinossauros (Theropoda Marsh, 1881) na Bacia do Rio do Peixe, Paraíba, Brasil. In: Congresso Latinoamericano de Paleontología, 1^{er}, Buenos Aires, 1978. *Actas*1: 243-248, 1 pl., 1 tab.
- Leonardi, G. 1984a. Le impronte fossili di dinosauri. In: Bonaparte, J.F. et al., *Sulle orme dei dinosauri*. Venezia-Mestre, Erizzo, 1984. (Esplorazioni e ricerche, IX), 335 p.: 161-186, 27 pls., 13 figs., Itália.
- Leonardi, G. 1984b. Rastros de um mundo perdido. *Ciência Hoje* (1984), 2(15): 48-60, 16 figs, 4 boxes, 1 tab., cover.
- Leonardi, G. 1985. Mais pegadas de dinossauros na Paraíba. *Ciência Hoje*(1985), 3(16): 94, 1 fig.
- Leonardi, G. 1987. Pegadas de dinossauros (Carnosauria, Coelurosauria, Iguanodontidae) na Formação Piranhas da Bacia do Rio do Peixe, Sousa, Paraíba, Brasil. In: Moura, J. A. & H. M. N. Gilson (coord.), Congresso Brasileiro de Paleontologia, 10, Rio de Janeiro, 19-25 jul 1987, Sociedade Brasileira de Paleontologia. *Anais*, 2 vol., 1: 337-351, 3 pl., 1 tab., Brasil.
- Leonardi, G. 1989. Inventory and Statistics of the South American Dinosaurian Ichnofauna and its Paleobiological Interpretation. In: Gillette, D.D. & M.G. Lockley (eds). *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge, Cambridge University Press, 1989. 454 p., illustr.: 165-178, 4 pls., Brasil.
- Leonardi, G. 1994. 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., 35 pls., 27 figs., tabs., Brasil.
- Leonardi, G.; Muniz, G.C.B. 1995. Observações icnológicas (Invertebrados e Vertebrados) no Cretáceo Continental do Ceará (Brasil), com menção a moluscos dulçaquícolas. IX Congresso Brasileiro de Paleontologia. Fortaleza, 01-07.09.1985. *Resumo das Comunicações*: 45 (abstract), Brasil.
- Leonardi, G.; Spezzamonte, M. 1994b. New tracksites (Dinosauria: Theropoda and Ornithopoda) from the Lower Cretaceous of the Ceará, Brasil. *Studi Trentini di Scienze Naturali - Acta Geologica*, 69 (1992): 61-70, 5 figs., 2 tabs. Trento.
- Leonardi, G.; Lima, C.V.; Lima, F.H.O. 1987c. Os dados numéricos relativos às pistas (e suas pegadas) das Icnofaunas dinossaurianas do Cretáceo inferior da Paraíba, e sua interpretação estatística. III - Estudo estatístico. In: Moura,

- J.A. & H.M.N. Gilson (coord.) Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro, 19-25 jul 1987. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2 vol., 1: 419-444, 7 pls., Brasil.
- Leonardi, G.; Lima, L.C.; Lima, C.V.; Lima, F.H.O. 1987a. Os dados numéricos relativos às pistas (e suas pegadas) das Icnofaunas dinossaurianas do Cretáceo inferior da Paraíba, e sua interpretação estatística. I - Parâmetros das pistas. In: Moura, J.A. & H.M.N. Gilson (coord.) Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro, 19-25 jul 1987. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2 vol., 1: 377-394, 1 fig., 14 tabs., Brasil.
- Leonardi, G.; Lima, L.C.; Lima, C.V.; Lima, F.H. O. 1987b. Os dados numéricos relativos às pistas (e suas pegadas) das Icnofaunas dinossaurianas do Cretáceo inferior da Paraíba, e sua interpretação estatística. II - Parâmetros das pegadas. In: Moura, J.A. & H.M.N. Gilson (coord.) Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro, 19-25 jul 1987. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2 vol., 1: 395-417, 1 fig., 13 tabs., Brasil.
- Lima Filho, M. F. 1991. Evolução tectono-sedimentar da Bacia do Rio do Peixe - PB. (Universidade Federal de Pernambuco). Dissertação de Mestrado, 99 p. (inédita).
- Lima Filho, M. F.; Mabesoone, J.M.; Viana, M.S.S. 1999. Late Mesozoic History of Sedimentary Basins in NE Brazilian Borborema Province before the final separation of South America and Africa 1: Tectonic-Sedimentary Evolution. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5. Boletim... Rio Claro, 1999, p. 605-611, Brasil.
- Lima, M. R. 1983. Paleoclimatic reconstruction of the Brazilian Cretaceous basins on palynological data. Revista Brasileira de Geociências, 13(4): 223-228, Brasil.
- Lima, M. R.; Coelho, M.P.C.A. 1987. Estudo palinológico da sondagem estratigráfica da Lagoa do Forno, Bacia do Rio do Peixe, Cretáceo do Nordeste do Brasil. Boletim do Instituto de Geociências - USP, Série Científica 18, p. 67-83, Brasil.
- Mabesoone, J. M. 1972. Sedimentos do Grupo Rio do Peixe (Paraíba). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Belém, 1972, Sociedade Brasileira de Geologia. Boletim, 1: 236.
- Mabesoone, J. M.; Campanha, V. 1974. Caracterização estratigráfica dos grupos Rio do Peixe e Iguatu. Estudos Sedimentológicos, Natal, 3/4, p. 21-41.
- Moraes, L. J. 1924. *Serras e montanhas do Nordeste*. Brasil, Inspetoria Obras contra Seccas. Publicação Série I. D. 58, 2 vol. xi+122p; 122 p. Rio de Janeiro.
- Petri, S. 1983. Brazilian Cretaceous paleoclimates: evidence from clay-minerals, sedimentary structures and palynomorphs. Revista Brasileira de Geociências, 13(4): 215-222, Brasil.
- Petri, S. 1998. Paleoclimas da era Mesozóica no Brasil - evidências paleontológicas e sedimentológicas. Revista Universidade Guarulhos, 6, p. 22-38, Brasil.
- Price, L. I. 1961. Sobre os dinossáurios do Brasil. Anais da Academia brasileira de Ciências, 33(3-4): xxviii-xxix (abstract). Rio de Janeiro.
- Regali, M. S. P. 1990. Biocronoestratigrafia e paleoambiente do Cretáceo das bacias do Araripe (CE) e Rio do Peixe (PB), Nordeste do Brasil. In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, 1, Crato, 1990. Anais... Crato, SBP, p. 163-172, Brasil.
- Santos, M. F. C. S.; Santos, C. L. A. 1987a. Sobre a ocorrência de pegadas e pistas de dinossauros na localidade de Engenho Novo, Antenor Navarro, Paraíba (Grupo Rio do Peixe, Cretáceo Inferior). In: Moura, J. A. & H. M. N. Gilson (coord.) Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro, 19-25 jul 1987. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2 vol., 1: 353-366, 8 figs., 1 tab., Brasil.
- Santos, M. F. C. S.; Santos, C. L. A. 1987b. Novas pegadas de dinossauros retiradas de uma cerca de pedras no sítio Cabra Assada, Antenor Navarro, Paraíba (Grupo Rio do Peixe, Cretáceo Inferior). In: Moura, J. A. & H. M. N. Gilson (coord.) Anais do X Congresso Brasileiro de Paleontologia. Rio de Janeiro, 19-25 jul 1987. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Paleontologia, 1987. 2 vol., 1: 367-376, 13 figs., 1 tab., Brasil.
- Viana, M. S. S.; Lima Filho, M.F.; Carvalho, I.S. 1993. Borborema *megatracksite* uma base para correlação dos arenitos inferiores das bacias interiores do Nordeste do Brasil. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 15, SBG/Núcleo Nordeste. Boletim, 13:23-25.

¹ Via A. Modigliani, Monterusciello
80070 Pozzuoli - Na - Italia
g.leonardi@iol.it

² Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituto de Geociências - CCMN -
Departamento de Geologia 21949-900
Cidade Universitária - Ilha do Fundação Rio
de Janeiro-RJ - Brasil
ismar@igeo.ufrj.br