

Anais da

**Academia
Brasileira de
Ciências**



MCMXVI

Vol. 67, N° 4, 1995

As Pistas de Dinossauros da Ponta da Guia (Bacia de São Luís, Cretáceo Superior – Maranhão, Brasil)

ISMAR DE SOUZA CARVALHO

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências,
Cidade Universitária, Ilha do Fundão – 21949-900 Rio de Janeiro, RJ

*Manuscrito recebido em 2 de março de 1994; aceito para publicação em 10 de agosto de 1995
credenciado por CANDIDO SIMÕES FERREIRA*

ABSTRACT

During the Upper Cretaceous the Brazilian equatorial margin have been submitted to tectonic efforts that gave rise to numerous rifts. In the Maranhão State (Brazil), one of these rifts, is named São Luís Basin. The Cenomanian rocks (Itapecuru Formation) of this basin, contain dinosaur footprints and tracks classified as belonging to fossil groups without counterpart through the osteological material found in the area.

Four ichnological localities have already been identified at São Luís Basin. This study discuss the footprints from ponta da Guia (São Luís County), which belong to theropods and ornithopods. The ones attributed to theropods are of large size, and their morphology suggests that they are produced by carnosaurus. There are a parallel disposition of four carnosaur trails, pointing to a gregarious behaviour. Among the ornithopods, some footprints were classified as hadrosauroids.

The ponta da Guia footprints occur in a stratigraphical context of the last Cretaceous depositional cycle of São Luís Basin, during the Albian and the Cenomanian. The paleoenvironment was interpreted as a tidal plain, cut by freshwater channels and bordered by aeolian dunes, composing the scenery of a litoral area submitted to a hot and dry climatic condition.

Key words: icnofósseis de vertebrados, Bacia de São Luís, Cretáceo.

INTRODUÇÃO

As pegadas da ponta da Guia (São Luís, Maranhão) encontram-se num contexto paleoambiental e temporal distintos das demais ocorrências de icnofósseis de vertebrados cretáceos do Brasil. Enquanto que nas localidades do Cretáceo Inferior, situadas na bacia de Sousa ou na bacia do Paraná ocorrem em condições continentais (ambientes de planície de inundação e áreas interdunas), na ponta da Guia – bacia de São Luís – formaram-se num ambiente litorâneo, em uma planície costeira de baixo gradiente, provavelmente na região supramaré.

Tais pegadas, atribuídas a dinossauros, estão em rochas de idade cenomaniana, as quais são abrangidas pela Formação Itapecuru. Esta ocorrência (Fig. 1) faz parte de um complexo de localidades icnofossilíferas da bacia de São Luís, distribuídas ao longo das falésias da baía de São Marcos, nos municípios de São Luís e Alcântara, estado do Maranhão (Carvalho, 1994a; 1994b; 1994c).

O mapeamento e a análise dos caracteres morfológicos das pegadas e pistas indicam a existência de alguns grupos de dinossauros ainda sem registro através de material osteológico. São pegadas isoladas e pistas de ornitópodes (provavelmente hadrosaurídeos) e de terópodes carnosos. Através da

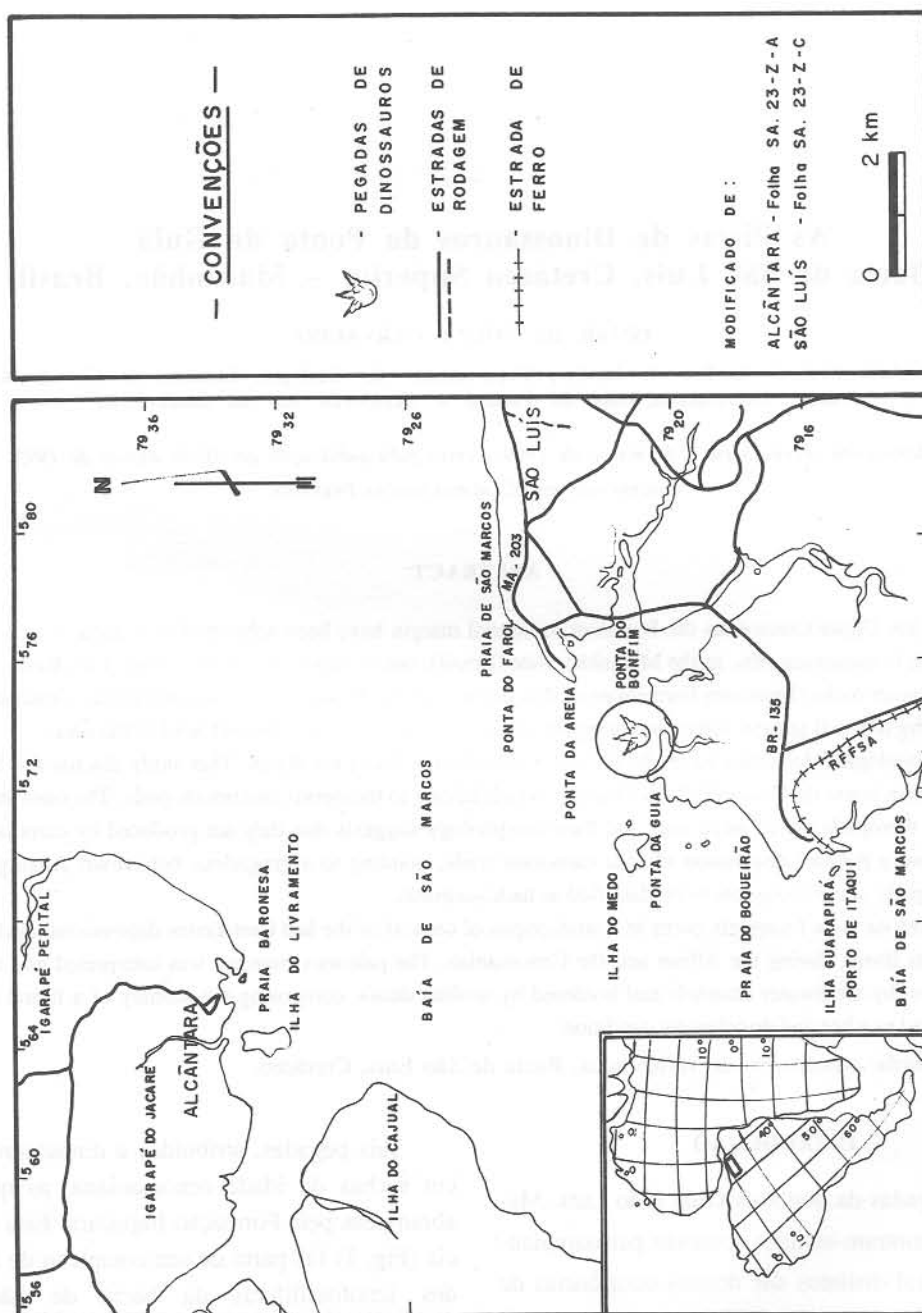


Fig. 1 — Mapa de localização da ocorrência icnofossilífera de ponta da Guia (bacia de São Luís, Maranhão). A esquerda, mapa paleogeográfico do Cenomaniano, momento em que foram produzidas as pegadas.

avaliação da direção de deslocamento destes últimos há a indicação de hábito gregário, comportamento social pouco comum entre os carnívoros de grande porte.

O predomínio de formas terópodes, a palinoflora e a interpretação do contexto litofaciológico em que se inserem tais icnofósseis indicam que o

ambiente litorâneo caracterizava-se por uma condição climática quente e árida.

GEOLOGIA

A bacia de São Luís é uma bacia tipo *rift*, originada a partir dos esforços tectônicos que resultaram na formação do Atlântico Equatorial. Está

delimitada das bacias adjacentes do Parnaíba e de Barreirinhas, pelos altos estruturais Arco Ferrer-Urbano Santos, Alto do Rosário e Arco Tocantins. Sua história deposicional pré-Cretácea tem relação direta com os depósitos da bacia do Parnaíba, área sedimentar com a qual possuía continuidade física durante o Paleozóico.

Os afloramentos da bacia de São Luís são agrupados em duas unidades litoestratigráficas: Formação Itapecuru (Cretáceo) e Grupo Barreiras (Terciário). Em subsuperfície são também reconhecidas outras unidades, com o uso de diferentes termos nomenclaturais.

As pegadas da ponta da Guia são encontradas em rochas atribuídas a Formação Itapecuru. Esta é composta por arenitos médios-finos, por vezes carbonáticos, com intercalações de siltitos, argilitos, folhelhos e margas. A coloração predominante é marrom-avermelhada com mosqueamento esverdeado. As estruturas sedimentares presentes são estratificações cruzadas de pequeno a grande porte, estratificações acanaladas de tamanho pequeno-médio, *climbing-ripples*, gretas de ressecamento, marcas onduladas, intraclastos de argila, estruturas de fluidização, além dos icnofósseis de invertebrados e vertebrados.

A Formação Itapecuru pode ser subdividida em três porções informais: Itapecuru inferior, Itapecuru médio e Itapecuru superior (Fig. 2). Esta proposição de Lima *et al.* (1993), baseou-se em seções sísmicas, assinaturas dos perfis elétricos e descrições litológicas, que refletiriam as fases de evolução da bacia como *rift*. Os depósitos abrangidos pelas seqüências Itapecuru inferior e Itapecuru médio, originaram-se na fase de maior atividade tectônica na região, e fazem parte de um segundo ciclo deposicional durante o eo-Albiano ao meso-Albiano. As pegadas da ponta da Guia estariam no âmbito do Itapecuru superior, último ciclo deposicional do Cretáceo, transcorrido entre o Albiano e o Cenomaniano.

Na ponta da Guia observamos duas litofácies distintas nas rochas da Formação Itapecuru (Figs. 3 e 4). A primeira, denominada litofácies FA, é composta por arenito fino, quartzoso, de coloração amarelada a acinzentada com níveis de siltito argiloso esverdeado. As estruturas sedimentares são es-

tratificações cruzadas acanaladas e tabulares de pequeno porte, laminação plano-paralela, marcas onduladas, gretas de ressecamento, *climbing-ripples* e intraclastos de argila. As pegadas são encontradas nesta litofácies num nível de arenito fino-siltito. A litofácies sobreposta – litofácies FB – compõe-se de arenitos quartzosos muito finos a finos, de coloração avermelhada, com raros níveis de siltito argiloso. Os arenitos apresentam-se por vezes bimodais e possuem estratificações cruzadas de grande porte, intraclastos de argila, nódulos de atapulgita, marcas onduladas, *climbing-ripples* e feições de fluidização (interpretadas por Carvalho & Gonçalves, 1994 como sismitos). A litofácies FA foi considerada como originada em uma planície de maré, e a litofácies FB corresponderia à depósitos de dunas eólicas. Ambas comporiam a paisagem de um ambiente marinho litorâneo.

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DAS PEGADAS

A seguir são apresentados os principais aspectos morfológicos das pegadas isoladas e pistas identificadas na ponta da Guia. Os dados morfométricos encontram-se sumarizados na figura 5. A codificação das pegadas foi realizada tomando-se por base o município (São Luís – SL) e a localidade de ocorrência (Ponta da Guia – PG). As letras de A a G são indicativas de sete pistas. No caso da pegada ocorrer isoladamente, é apenas apresentado o código de localização (SLPG) acompanhado de sua numeração.

SLPG-A

Pista constituída por quatro pegadas tridáctilas consecutivas (SLPG-A02, SLPG-A03, SLPG-A04, SLPG-A05). Ângulo do passo com valor obtuso (165°) e valor médio do meio-passo de 245 cm. As pegadas estão preservadas em epi-relevo côncavo, tendo as extremidades dos dedos afiladas (SLPG-A02 e SLPG-A05) ou arredondadas (SLPG-A03 e SLPG-A04). Tais diferenças resultam da ação erosiva sobre a superfície onde ocorrem. As margens posteriores das pegadas mostram-se arredondadas. Os dígitos possuem aproximadamente mesmo tamanho.

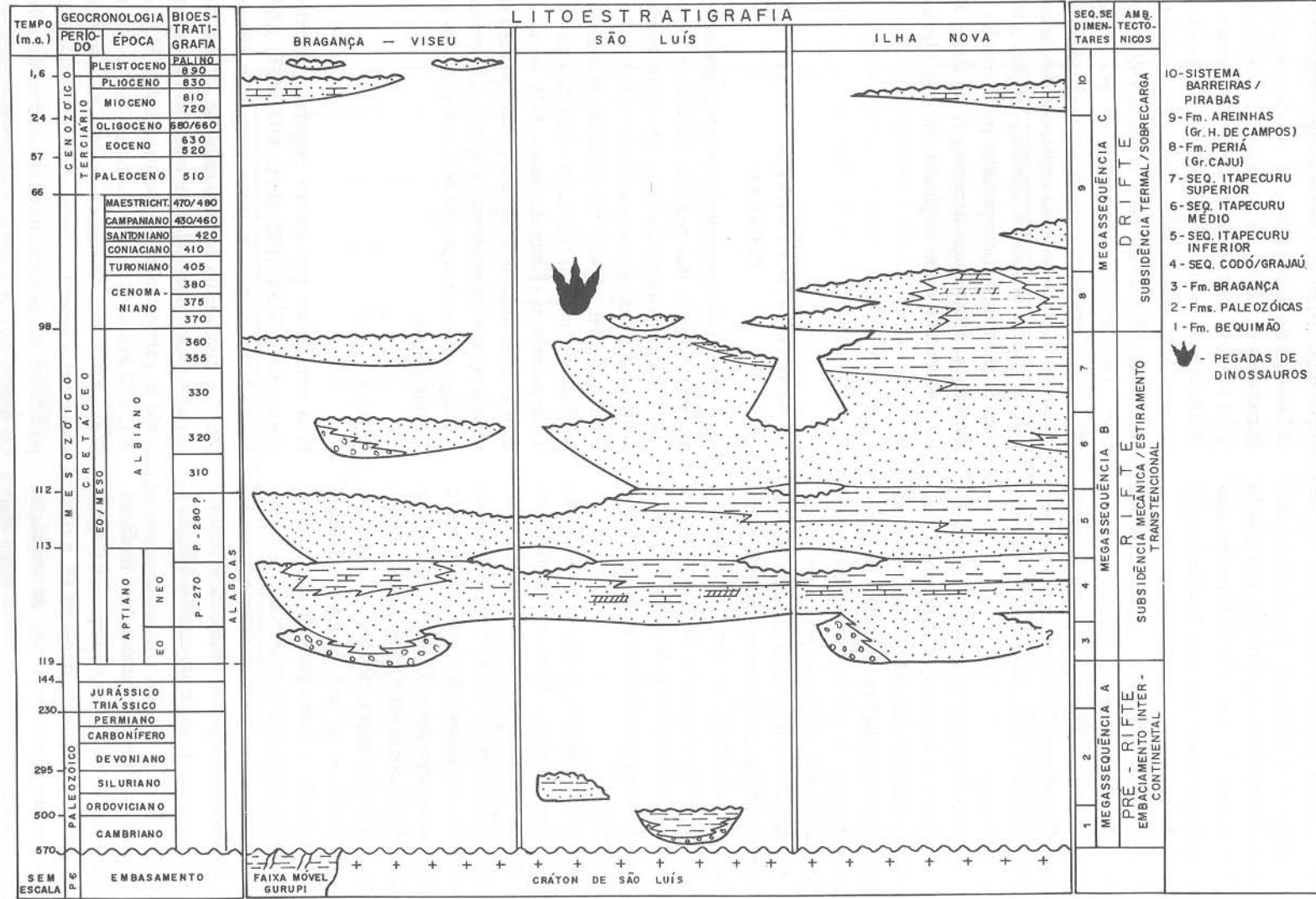


Fig. 2 — Litoestratigrafia da bacia de São Luís e áreas sedimentares adjacentes. Modificado de Pedrão, Barrilari & Lima (1993).



Fig. 3 — Perfil estratigráfico da área de ponta da Guia (Formação Itapecuru, bacia de São Luis).

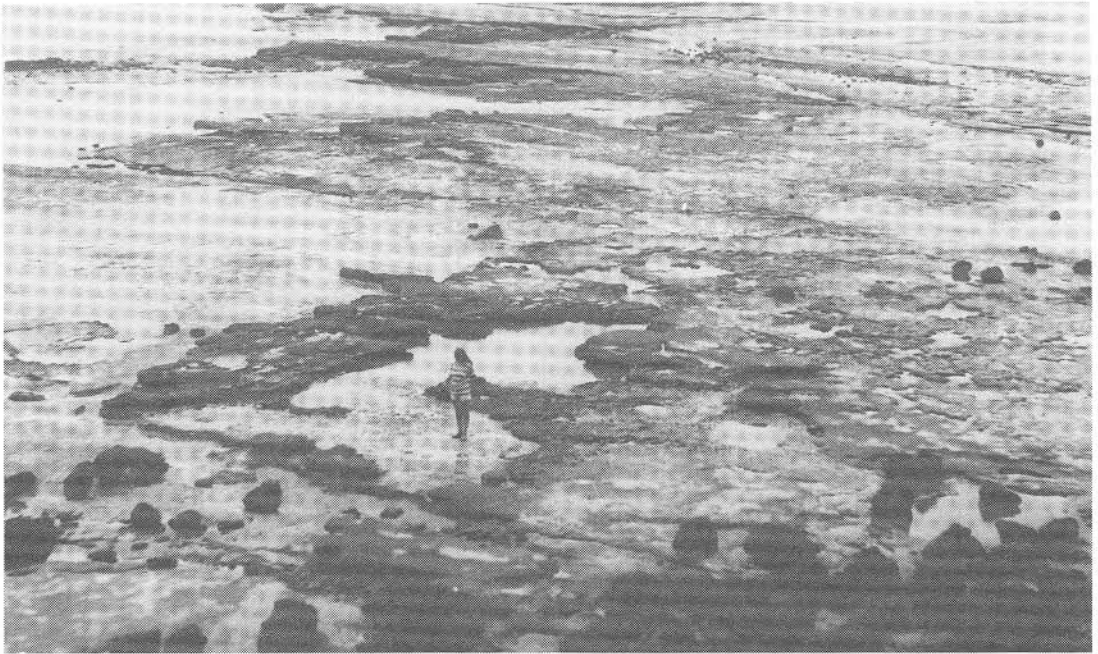


Fig. 4 — Superfície rochosa da ponta da Guia, onde são encontradas as pistas de dinossauros.

SLPG-B

Pista composta por quatro pegadas consecutivas (SLPG-B06, SLPG-B s/n°, SLPG-B07, SLPG-08). Ângulo do passo com valor obtuso (175°) e valor médio do meio-passo de 175 cm. Mostram-se preservadas sob a forma de epirrelevo côncavo, estando bastante erodidas. As pegadas têm um contorno arredondado (em especial SLPG-B07 e SLPG-B08), são mesaxônicas e tridáctilas.

SLPG-C

Pista composta por três pegadas tridáctilas consecutivas (SLPG-C09, SLPG-C10, SLPG-C11). O ângulo do passo é obtuso (170°) e o valor médio de 257 cm para o meio passo foi o maior obtido dentre as sete pistas da ponta da Guia. Os valores angulares entre os dígitos II-III e III-IV são bastante agudos. Os contornos posteriores das pegadas são angulosos. Os dígitos têm as extremidades afiladas, havendo a presença de uma garra no dígito III de uma delas (SLPG-C09). Os hipex mostram-se bastante angulosos.

SLPG-D

Pista formada por três pegadas consecutivas (SLPG-D13, SLPG-D14, SLPG-D15). O ângulo do passo é de 165° , e o valor médio do meio-passo de 238 cm. As pegadas são tridáctilas, mesaxônicas e uma delas (SLPG-D15) denota nitidamente a presença de garras. Nas demais (SLPG-D13 e SLPG-D14) as extremidades de alguns dos dígitos (III e IV) mostram-se afiladas. Os hipex mostram-se angulosos. Estão preservadas em epirrelevo côncavo.

SLPG-E

Pista constituída por quatro pegadas não consecutivas (SLPG-E18, SLPG-E19, SLPG-E20, SLPG-E21). Entre as pegadas SLPG-E19 e SLPG-E20 ocorre uma área de erosão que destruiu a continuidade da superfície onde estão distribuídas; nesta área pode ser inferida a presença pretérita de uma outra pegada. São todas formas mesaxônicas, tridáctilas e com dedos afilados. Em SLPG-E19 ocorre uma acentuada reentrância no bordo posterior sugerindo-se tratar-se do dedo I. Os valores

PARÂMETROS DAS PISTAS E PEGADAS DE DINOSSAUROS DA PONTA DA GUIA - SÃO LUIS (MA)

PEGADAS E PISTAS PARÂMETROS (M)	MAPEADAS SOBRE A MESMA SUPERFÍCIE												ISOLADAS		
	22	F	E	A	16	C	B	12	D	26	17	25	G	O	29
Meio - Passo	-	190	195	245	-	257	175	-	238	-	-	-	190	-	-
Passo Oblíquo	-	150	137	192	-	208	138	-	160	-	-	-	-	-	-
Ângulo do Passo	-	-	153°	165°	-	170°	175°	-	165°	-	-	-	-	-	-
Largura da Pista	-	50	75	55	-	65	50	-	90	-	-	-	30	-	-
Comprimento da Pista	-	190	575	650	-	465	450	-	395	-	-	-	180	-	-
Largura da Pegada	35	32	45	40	50	42	43	55	60	35	30	20	45	48	7,5
Comprimento da Pegada	40	35	45	43	70	50	50	65	75	40	30	20	45	70	5,5
Relação Largura da Pista / Largura da Pegada	-	1,56	1,66	1,38	-	1,54	1,16	-	1,50	-	-	-	-	-	-
Relação Comprimento Pegada/Largura da Pegada	1,14	1,09	1,00	1,08	1,40	1,19	1,16	1,18	1,25	1,14	1,00	1,00	1,00	1,46	0,74
Direção	N - S	330°	20°	120°	120°	135°	140°	150°	155°	N - S	195°	220°	225°	-	335°
Nº Pegadas	1	2	4	4	1	3	4	1	3	1	1	1	2	1	1
Classificação	?ORNI	?CARNO	?ORNI	CARNO	CARNO	CARNO	CARNO	?ORNI	CARNO	CARNO	ORNI	CARNO	CARNO	ORNI	CARNO

Fig. 5 — Parâmetros morfométricos das pistas e pegadas de dinossauros da ponta da Guia (Formação Itapecuru, bacia de São Luís).

médios do ângulo do passo e do meio-passo são de 153° e 195 cm respectivamente.

SLPG-F

Compreende duas pegadas consecutivas (SLPG-F23 e SLPG-F24), tridáctilas e mesaxônicas. Não são observadas garras, porém as extremidades dos dígitos são afiladas. As bordas posteriores das pegadas mostram-se bem angulosas. Os hipex entre os dígitos II-III e III-IV também são angulosos. O valor do meio-passo é de 190 cm.

SLPG-G

É composta por duas pegadas consecutivas (SLPG-G27 e SLPG-G28). São formas mesaxônicas e tridáctilas. Em SLPG-G28 há a presença nítida de garras em todos os dígitos; a morfologia desta pegada possui um aspecto cruciforme, sendo o bordo posterior muito anguloso. Já na pegada SLPG-G27 não se observam garras; o dígito III é afilado e os demais têm a extremidade arredondada. O bordo posterior da pegada é bem afilado, podendo indicar a presença do dedo I. O valor do meio-passo é de 190 cm.

SLPG-01

Pegada isolada, não possuindo os dígitos individualizados. A morfologia geral é arredondada, estando preservada em epirrelevo convexo; a região central da pegada mostra-se côncava.

SLPG-12

Pegada isolada, tendo dois dígitos; as extremidades destes são arredondadas, sem a presença de garras. O hipex formado por estes dois dígitos é anguloso. O bordo posterior é arredondado. A pegada encontra-se preservada como epirrelevo côncavo.

SLPG-16

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. Os dígitos são afilados, não ocorrendo contudo a presença de garras. O dedo III é o de maior tamanho e os hipex formados entre os dígitos II-III e III-IV são arre-

dondados. O bordo posterior da pegada é arredondado. Preservada como epirrelevo côncavo.

SLPG-17

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. As extremidades dos dígitos e os hipex são arredondados. A região posterior da pegada é bastante afilada sugerindo a presença do dígito I. Preservada como epirrelevo côncavo.

SLPG-22

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. Dígitos aproximadamente do mesmo tamanho, tendo as extremidades arredondadas; hipex (entre os dígitos II-III e III-IV) e borda posterior arredondadas. Mostra-se como epirrelevo côncavo.

SLPG-25

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. Dígitos de mesmo tamanho, sendo suas extremidades arredondadas; o hipex entre os dígitos II-III é arredondado e entre os dígitos III-IV é agudo. Margem posterior da pegada arredondada. A preservação ocorreu sob a forma de epirrelevo côncavo.

SLPG-26

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. O dígito III é o de maior comprimento, possuindo a extremidade afilada. Os dígitos II e IV mostram-se arredondados. A margem posterior é estreita, porém curva. Não se observam a presença de garras. O hipex entre os dígitos II-III é arredondado e entre os dígitos III-IV é anguloso. Preservada como epirrelevo côncavo.

SLPG-29

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. Os dígitos têm aproximadamente mesmo tamanho e possuem as extremidades bastante afiladas. O hipex entre os dígitos II-III e III-IV é anguloso. A margem posterior é bem estreita e levemente angulosa. Encontra-se preservada como epirrelevo côncavo.

SLPG-0

Pegada isolada, tridáctila e mesaxônica. Os dígitos são bem curtos e o hipex entre os dígitos II-III e III-IV são amplos e arredondados. Não se observam garras; os dígitos II e IV são afilados e o III possui a extremidade arredondada. A margem posterior da pegada é arredondada; seu comprimento é bastante avantajado (70 cm). Ao redor da pegada forma-se uma zona de deformação, caracterizada por uma suave ondulação que acompanha praticamente todo o seu contorno. Está preservada como epirrelevo côncavo, mostrando-se bastante profunda no substrato (valor máximo de 25 cm).

CLASSIFICAÇÃO DAS PEGADAS

O isolamento biogeográfico entre a Laurásia e o Gondvana, durante um período de 70 a 80 milhões de anos, conduziu a assembléias faunísticas distintas para estes dois supercontinentes (Bonaparte & Kielan – Jaworowska, 1987). Assim a fauna de dinossauros do Cretáceo Superior gondvânico é caracterizada pelo domínio dos saurópodes titanossauros (herbívoros) e por dinossauros carnívoros representados pelos Abelisauridae e Spinosauridae que são distintos dos Tyrannosauridae da Laurásia.

A diversidade morfológica das pegadas de dinossauros na América do Sul pressupõe a existência de outros grupos que diferem daqueles atualmente conhecidos através de restos ósseos.

Através das pistas e pegadas da ponta da Guia (Figs. 6, 7 e 8) identificou-se a presença de seis pistas de carnossauros (sendo uma duvidosa), uma provável pista de ornitópode, quatro pegadas de carnossauros e quatro de ornitópodes (sendo duas duvidosas).

Nas pegadas das pistas SLPG-A (pegadas SLPG-A03, SLPG-A04 e SLPG-A05) e SLPG-B (pegada SLPG-B07), nota-se o mesmo aspecto morfológico e dimensões que às atribuídas a ornitópodes (Alonso, 1980; Alonso, 1989; Alonso & Marquillas, 1986; Carpenter, 1992; Currie, 1983; Leonardi, 1979b; Lockley, 1991; Lockley *et alii*, 1986; Thulborn, 1990). Contudo este padrão não é constante. As pegadas SLPG-A02, SLPG-C09 e SLPG-C11 apresentam três dedos pontiagudos, bem definidos e esguios, indicando que a morfolo-

gia apresentada pelas demais reflete apenas um aspecto preservacional. Assim é provável que as três pistas sub-paralelas (SLPG-A, SLPG-B e SLPG-C) pertençam a terópodes carnossauros. Aos terópodes carnossauros podem ser também atribuídas a pegada SLPG-16 e a pista SLPG-D, cuja última pegada (SLPG-D15) possui garras bem nítidas.

O aspecto de algumas das pegadas, com dedos arredondados, largura e comprimento das pegadas aproximadamente iguais, sugerem que algumas poderiam ter sido produzidas por ornitópodes (SLPG-0, SLPG-12, SLPG-17, SLPG-22 e SLPG-E), provavelmente hadrosaurídeos. Pegadas semelhantes à estas podem ser encontradas em Alonso (1980; 1989), Carpenter (1992), Currie (1983) e Thulborn (1990).

Já as pegadas de dinossauros bípedes de pequeno tamanho são raras sobre esta superfície da ponta da Guia. Ocorrem apenas duas (SLPG-25 e SLPG-26) que poderiam ser atribuídas à celurosauriformes ou carnossauros de pequeno porte. As demais também pertencentes a este grupo são raras e ocorrem isoladamente (SLPG-29). De acordo com Lockley *et alii* (1986) tal aspecto pode representar um habitat diferenciado ou uma segregação ecológica entre as formas tridáctilas de grande porte e as de pequeno porte (Fig. 9).

COMPARAÇÃO COM OUTRAS ICNOFAUNAS DO CRETÁCEO BRASILEIRO

Não existem registros da ocorrência de icnofaunas dinossaurianas em rochas do Cretáceo Superior de outras áreas sedimentares do Brasil.

Na bacia do Parnaíba, Leonardi (1980b; 1981) reconheceu a existência de pegadas de dinossauros em rochas do Jurássico-Cretáceo (Formação Corda). As sete pistas encontradas na localidade de Itaguatins (estado do Tocantins) não possuem os detalhes morfológicos muito nítidos, contudo, uma das pegadas mostra claramente três dígitos cuja porção livre era provavelmente curta, maciça e sem garras. Nela, o dígito IV é o mais largo e um pouco maior que os demais; a superfície posterior em relação aos dígitos livres é ampla e provavelmente corresponde a uma almofada de tecido conectivo e muscular. Os dígitos apontam para frente apresen-

PISTAS E PEGADAS DE DINOSSAUROS DA PONTA DA GUIA - SÃO LUÍS(MA)

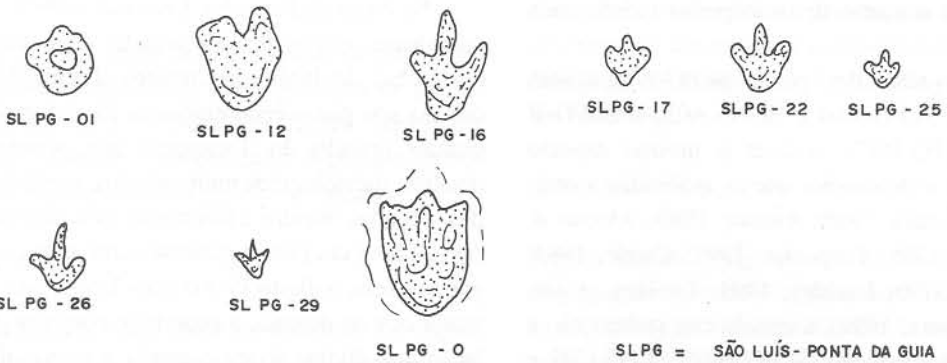
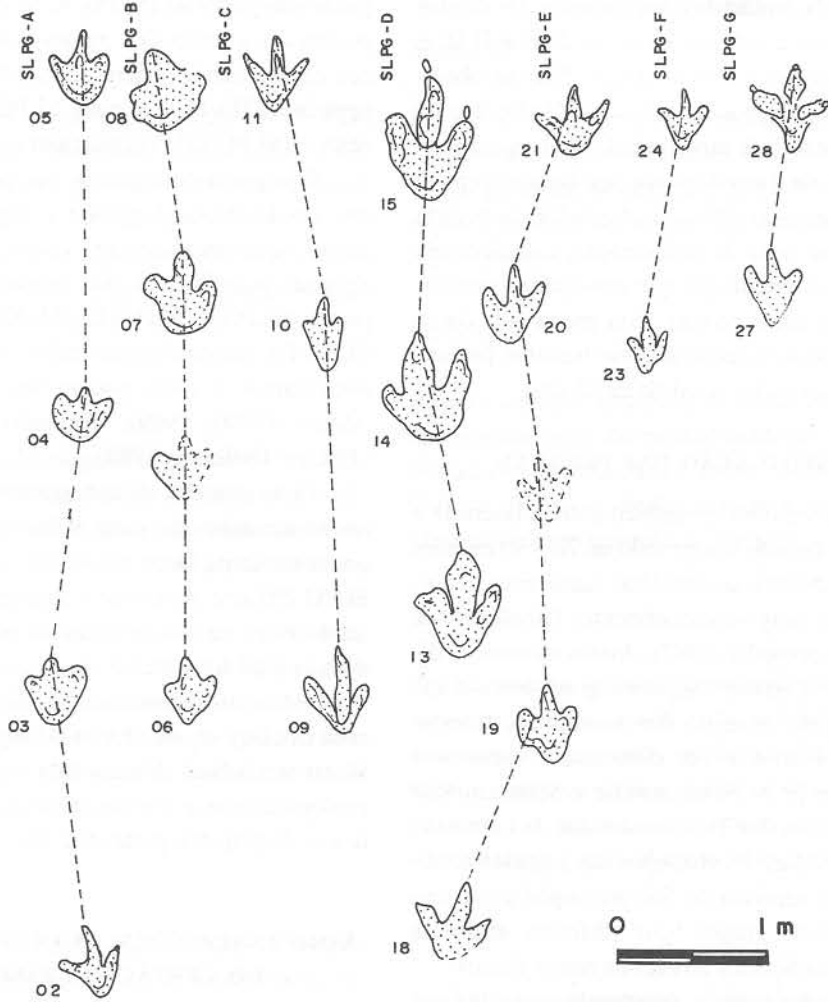


Fig. 6 — Pistas e pegadas de dinossauros da ponta da Guia (Formação Itapecuru, bacia de São Luís).

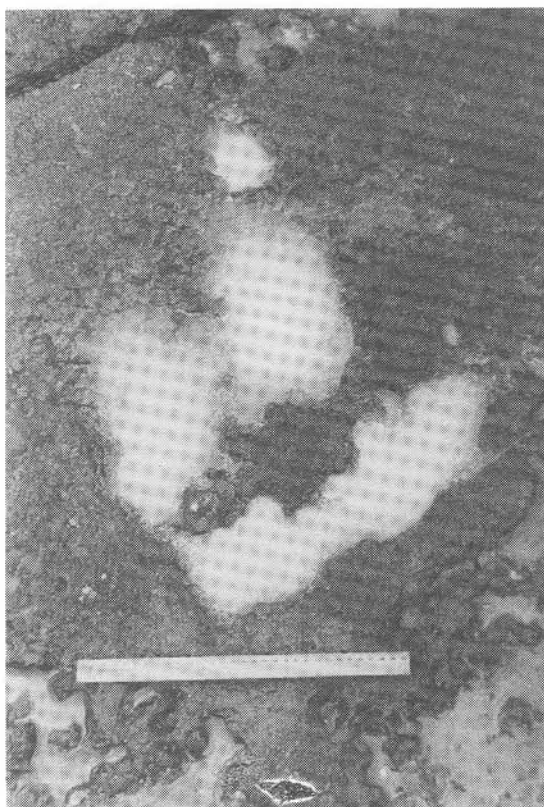


Fig. 7 — Pegada de um carnossauro, estando bem evidente a impressão das garras nos dígitos III e IV (pegada SLPG-D15).

tando uma baixa divergência, e o eixo da pegada é direcionado para fora. O ângulo do passo é relativamente pequeno, assim como o valor da relação meio-passo/comprimento da pegada. O aspecto desta pegada, associado à profundidade das demais (maior que 30 cm), conduziram Leonardi (1980b) a interpretá-las como originadas por um réptil de grande porte, pesado e vagaroso, relacionando-a como pertencente à um saurópode (Leonardi, 1989). Este seria semelhante aos ornitíscios iguanodontídeos produtores de algumas das pegadas encontradas na Formação Sousa (bacia de Sousa, Cretáceo Inferior) e denominadas como pertencentes à icnoespécie *Sousaichnium pricei* Leonardi, 1976. Em relação às pegadas da ponta da Guia não se observam aspectos morfológicos semelhantes dentre aquelas postuladas como pertencentes à ornitópodes. Têm uma maior divergência interdigital, os dígitos são mais alongados e as margens posteriores são mais amplas.

O maior conjunto de pistas e pegadas já estudados no Brasil encontra-se nas rochas do Cretáceo Inferior (andares Rio da Serra-Aratu) da bacia de Sousa. Interpretadas por Leonardi (1979a; 1979b; 1984; 1989) como pertencentes à carnossauros, celurossauros, ornitópodes iguanodontídeos e hadrosaurídeos, além de saurópodes titanossaurídeos, compõem uma icnocenose ímpar num contexto paleoambiental flúvio-lacustre. Algumas das formas descritas por Leonardi (1979a; 1979b; 1980a) demonstram aspectos semelhantes às pegadas da ponta da Guia interpretadas como de carnossauros. A icnoespécie *Moraesichnium barberenae* Leonardi, 1979 da bacia de Sousa, é uma pista de dinossauro bípede de porte médio, com ângulo do passo alto a muito alto e passo oblíquo variável; as pegadas são tridáctilas, simétricas e esguias, com pequenas unhas raramente observáveis. Quanto ao produtor deste tipo de pista, Leonardi (1979b) achou provável tratar-se de ornitíscios bípedes, e pela estrutura esguia dos autopódios associou-as a um hipsolofodontídeo. Entretanto, na reanálise deste material, Leonardi *et alii* (1987) consideraram mais correto atribuí-los à Carnosauria “anômalos”, que marchariam com o metatarso apoiado no chão. Não ocorrem pegadas de carnossauros na ponta da Guia com uma região posterior tão alongada (área do metatarso), com exceção da codificada como SLPG-G28, cuja morfologia geral é bastante similar à de *Moraesichnium*. Àquelas referidas como de terópodes em Leonardi (1980a; 1984), para a bacia de Sousa, denotam grande paralelismo com as da ponta da Guia.

Também na bacia do Paraná (estado de São Paulo) encontramos pegadas de dinossauros. Leonardi & Sarjeant (1986) indicaram sua ocorrência na Formação Botucatu (Jurássico Superior – Cretáceo Inferior), não sendo possível entretanto maiores analogias com as da ponta da Guia face aos detalhes morfológicos destas pegadas não serem nítidos.

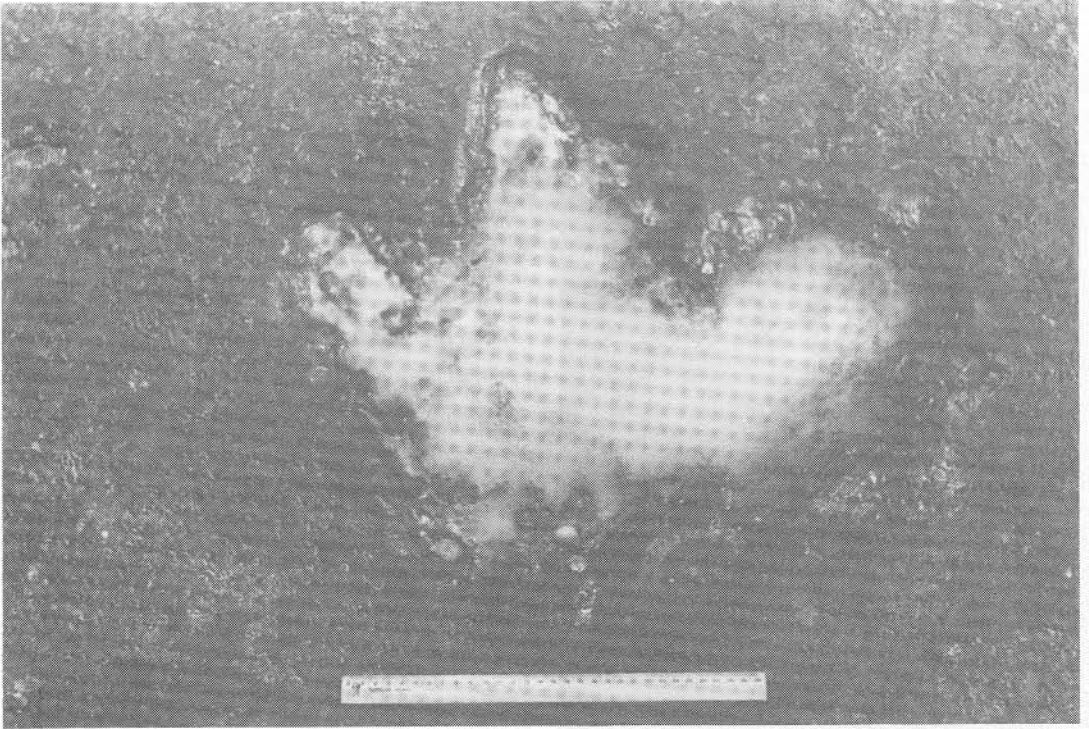


Fig. 8 — Pegada tridáctila (SLPG-E18), que compõe a pista de um dinossauro bípede, provavelmente um ornitópode.



Fig. 9 — Nas pegadas da ponta da Guia predominam as formas de grandes dimensões, tridáctilas e mesaxônicas. As pegadas de pequeno tamanho são extremamente raras.

ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS E PALEOAMBIENTAIS

AMBIENTE FÍSICO E PALEOCLIMA

Lockley & Conrad (1987) verificaram a existência de um controle faciológico sobre as icnofaunas de dinossauros. Em ambiente fluvial (planície de inundação distal) predominariam os carnossauros e celurosauros. No ambiente desértico, a distribuição destes dois grupos estaria restrita à região interduna. Em ambiente lacustrino clástico ocorreriam saurópodes, carnossauros e ornitópodes, enquanto que em lagos carbonáticos teríamos também celurosauros. Nas regiões deltaicas e de planície costeira, onde houvesse o predomínio de sedimentos clásticos na área deltaica, ocorreriam pegadas de carnossauros, celurosauros, ornitópodes e ceratopsias.

Os depósitos aflorantes na bacia de São Luís (Cretáceo Superior – Formação Itapecuru) têm sido interpretados como originados num ambiente estuarino e de ampla planície de maré. Nestas rochas são encontrados fósseis indicativos de condições continentais e marinhas. São moluscos (Klein & Ferreira, 1979), peixes dipnóicos (Cunha & Ferreira, 1980), dentes e ossos de dinossauros (Price, 1947; 1960). O contexto paleoambiental em que ocorreu a deposição das rochas da ponta da Guia poderia ser considerado como o de uma região marinha litorânea, de baixo gradiente (Carvalho & Gonçalves, 1994; Rodrigues *et alii*, 1990), onde se desenvolveriam lagunas e pequenos lagos.

Tanto no caso do simples deslocamento ao longo da linha de costa, quanto como local para a busca de alimentos, há exemplos da preservação de pegadas de dinossauros em ambiente litorâneo. Pittman (1989) indicou que as pegadas encontradas nas formações Glen Rose, Twin Mountains e Woodbine (Aptiano-Cenomaniano, EUA) estariam em sua maioria num contexto de planície de maré. Este mesmo tipo de ambiente é advogado por Alonso (1980) e Alonso & Marquillas (1986) para os locais de ocorrência das pegadas da Formação Yacoraita (Maastrichtiano, Argentina). Em ambos os casos há a presença de pegadas interpretadas como pertencentes a hadrossauros e a carnossauros, analogamente ao que ocorre na ponta da Guia.

De acordo com Lockley (1991), durante o Cretáceo, as comunidades dominadas por grandes dinossauros ornitópodes estão primariamente associadas a ambientes úmidos, em planícies costeiras com muita vegetação. No caso específico dos hadrossauros, as condições climáticas em que viveriam seria temperado quente a sub-tropical (Ostrom, 1964). Não é o contexto paleoambiental que se pode inferir para a região onde ocorrem as pegadas na bacia de São Luís. Há nitidamente o predomínio das pegadas de terópodes, as quais seriam mais frequentes segundo as observações de Lockley (1991), em ambientes próximos a lagos alcalinos, em clima com aridez sazonal, e deposição de sais e carbonatos. Este tipo climático é o mais provável de ter dominado na região de São Luís durante o Cenomaniano, o que pode ser corroborado pela análise palinológica. Pedrão *et alii* (1993a, 1993b) e Pedrão, Barrilari & Lima (1993), observaram que a associação polínica do eo-Cenomaniano da bacia de São Luís possuía vários grãos de pólen do gênero *Classopolis* e poliplicados, que são indicativos de condições climáticas áridas.

PALEOECOLOGIA

O comportamento social dos diferentes grupos de dinossauros tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (Currie, 1983; Leonardi, 1980b; Leonardi, 1989; Lockley, 1986; Lockley, 1991; Lockley *et alii*, 1986; Lockley *et alii*, 1992; Thulborn, 1990). Uma das inferências à respeito da formação de manadas entre os dinossauros está baseada na análise do registro icnológico. A orientação preferencial das pistas pode ser utilizada como um argumento favorável ao hábito gregário. Porém, o controle físico de feições da paisagem, também conduz ao registro de uma direção preferencial na orientação de pistas e pegadas. Assim, a orientação preferencial poderia ser erroneamente interpretada como evidência do hábito gregário. Lockley (1991) considerou que mesmo havendo o controle físico na orientação das pistas, tal fato não invalidaria a hipótese de hábito gregário. Uma das formas de distinção é a presença de pistas que tenham uma orientação diferente da tendência geral de deslocamento do conjunto de pistas que se considera como indicativa do hábito gregário.

rio. O espaçamento regular entre as pistas é outra evidência deste aspecto do comportamento social, pois um grupo de animais prefere instintivamente um espaçamento pequeno entre os indivíduos durante o deslocamento.

Nas pistas mapeadas na ponta da Guia (Fig. 10) observa-se nitidamente um conjunto de quatro pistas de carnossauros (SLPG-A, SLPB, SLPB-C e SLPB-D) que denotam uma clara identidade morfológica; o desvio angular na direção das pistas é de apenas 20° (Fig. 11) e o espaçamento máximo é de quatro metros. Tais fatos são fortes indicativos de hábito gregário entre seus produtores. Além disso, pode-se pressupor a inexistência de uma barreira física que condicionasse o deslocamento, face a ocorrência de pegadas isoladas e pistas em outras direções.

A orientação preferencial de pegadas e pistas das faunas dinossaurianas encontradas no Brasil é freqüente. Godoy & Leonardi (1985), Leonardi (1980b; 1989), Carvalho & Leonardi (1993) já haviam demonstrado este caráter etológico gregário, inferindo-o a partir dos icnofósseis do Cretáceo Inferior provenientes da Formação Sousa (bacia de Sousa) e Formação Corda (bacia do Parnaíba).

A estruturação de manadas entre os terópodes, apesar de rara, demonstra também ocorrer em outras áreas sedimentares. Na Formação El Molino (Cretáceo Superior, Maastrichtiano – bacia de Toro Toro, Bolívia), Leonardi (1984; 1989) descreveu a presença de um conjunto de 60 e outro de 32 pistas de carnossauros que mostravam-se sub-paralelas. Já na Formação Winton (Cretáceo Médio, Albiano/Cenomaniano – Queensland, Austrália), Thulborn & Wade (1979; 1984) descreveram uma associação de pegadas de pequenos ornitópodes e celurosauros os quais poderiam compor uma manada “mista”. Entretanto, o comportamento social gregário ocorre com maior freqüência entre saurópodes e ornitópodes (Carvalho, 1989; Leonardi, 1980b; Leonardi, 1981; Lockley *et alii*, 1986; Lockley *et alii*, 1982; Nadon, 1993), pois entre os carnossauros o deslocamento e a caça devem ter se processado mais freqüentemente de forma isolada e não em grupo (Farlow, 1976, *apud* Thulborn, 1990).

CONCLUSÕES

As pistas da ponta da Guia são o primeiro registro icnológico de faunas de dinossauros em rochas do Cretáceo Superior do Brasil. Ocorrem num contexto paleoambiental litorâneo, em uma planície de maré de baixo gradiente sujeita a uma condição de clima quente e seco.

Os dinossauros produtores destas pistas e pegadas compreendem dois grupos distintos: terópodes e ornitópodes. Aquelas tidas como de terópodes são formas de grandes dimensões, que relacionam-se aos carnossauros; há uma disposição paralela de quatro pistas a eles atribuídas, indicando um comportamento social gregário. Dentre os ornitópodes, algumas das pegadas foram classificadas como de hadrossaurídeos.

São amplas as perspectivas de utilização das pegadas encontradas na bacia de São Luís para o refinamento das interpretações paleoecológicas e paleoambientais. Aspectos tais como as relações ecológicas entre os produtores das icnocenoses dinossaurianas e a configuração da linha de costa durante o Cenomaniano na região equatorial, poderão ser inferidos a partir do detalhamento dos mapas de distribuição das ocorrências icnofossilíferas.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Giuseppe Leonardi pelas valiosas críticas ao texto. À Ronaldo Antonio Gonçalves (UFRJ), pelas sugestões durante a execução dos trabalhos de campo. O mapeamento da área de ocorrência das pegadas não teria sido possível sem a colaboração de Wilma dos Santos Eugênio (UFMA), Francisco Rodrigues da Silva Jr. (UFRJ), Marcelo Henrique Blunk Santos (UFRJ), Sandro Rosito Mercio (UFRJ), Heitor Bolivar Pezzi D'Arigo (UFRJ), Helena Pontes (UFMA), Itapotiara Villas-Bôas (UFMA) e Sérgio Antônio Frazão Araújo. O apoio em infra-estrutura para o deslocamento à área de estudo foi fornecido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Maranhão, Secretaria de Estado da Cultura – Estado do Maranhão e Fundação Universitária José Bonifácio. Este artigo é uma contribuição ao IGCP n° 381/UNESCO (South Atlantic Mesozoic Correlations).

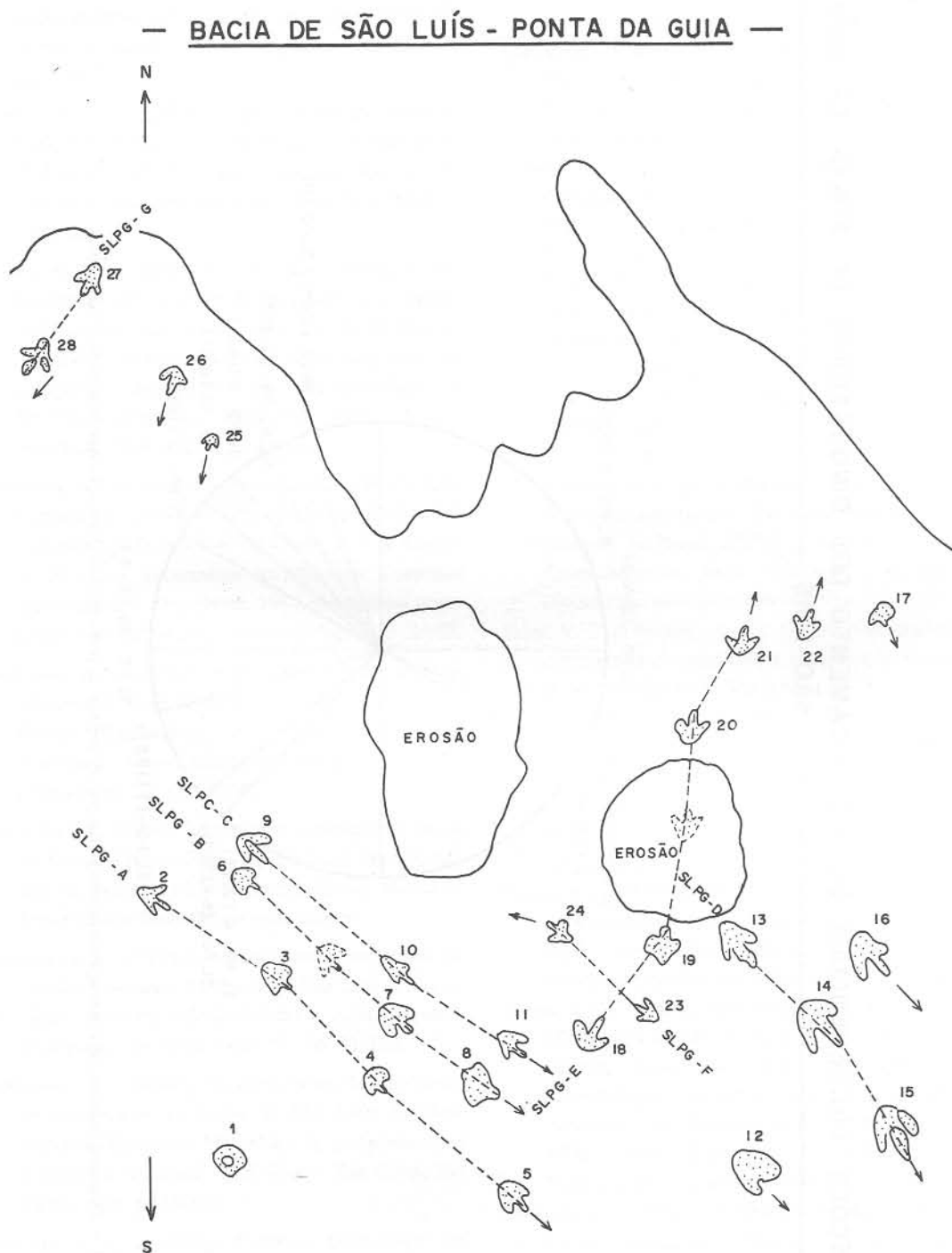


Fig. 10 — Mapa de distribuição das pistas da ponta da Guia (Formação Itapecuru, bacia de São Luís).

DIREÇÕES PREFERENCIAIS DO DESLOCAMENTO DOS DINOSSAUROS DA PONTA DA GUIA SÃO LUÍS

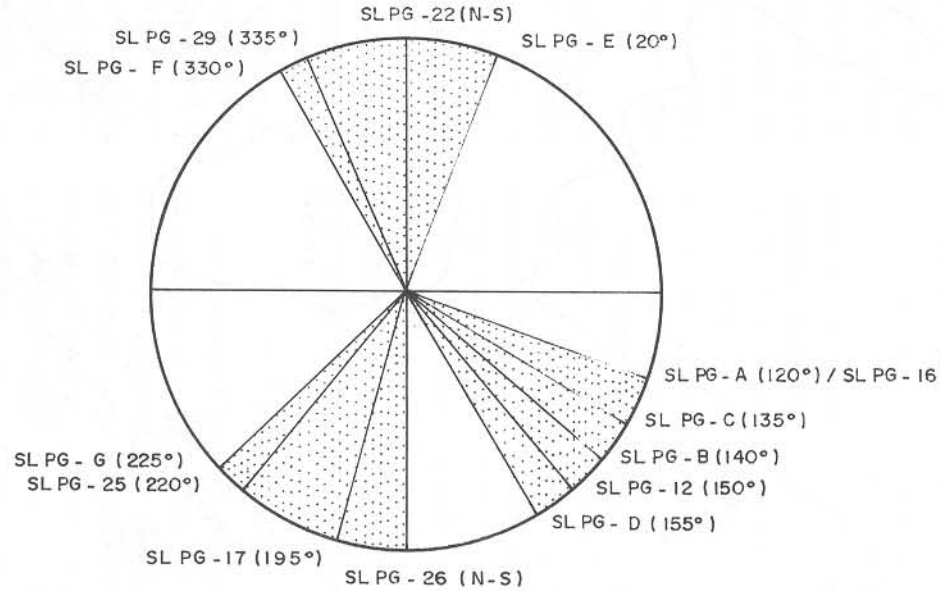


Fig. 11 — Diagrama circular com a indicação da orientação das pistas e pegadas da ponta da Guia (Formação Itapecuru, bacia de São Luís).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, R. N., (1980), Icnitas de dinosaurios (Ornithopoda, Hadrosauridae) en el Cretacico Superior del Norte de Argentina. *Acta Geologica Lilloana*, **15** (2): 53-63.
- ALONSO, R. N., (1989), Late Cretaceous dinosaur trackways in Northern Argentina. In: Gillette, D. D. & Lockley, M. G. (eds.). *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, New York, p. 223-228.
- ALONSO, R. N. & MARQUILLAS, R. A., (1986), Nueva localidad con huellas de dinosaurios y primer hallazgo de huellas de aves en la Formacion Yacoraita (Maastrichtiano) del Norte Argentino. In: Congreso Argentino de Paleontologia y Bioestratigrafia, 4, Mendoza, 1986. *Actas...* Mendoza, 1986, v. 2, p. 33-41.
- BONAPARTE, J. F. & KIELAN-JAWOROWSKA, Z., (1987), Late Cretaceous dinosaur and mammal faunas of Laurasia and Gondwana. In: Currie, P. J. & Koster, E. H. (eds.). Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, 4, Drumheler, 1987. *Occasional paper of the Tyrrel Museum of Palaeontology*, 3, p. 24-29.
- CARPENTER, K., (1992), Behavior of hadrosaurs as interpreted from footprints in the "Mesaverde" Group (Campanian) of Colorado, Utah, and Wyoming. *Contributions to Geology - University of Wyoming*, **29** (2): 81-96.
- CARVALHO, I. S., (1989), Icnocenosos continentais: bacias de Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Mangabeira. Rio de Janeiro, 167p. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- CARVALHO, I. S., (1994a), A icnofauna dinossaurina do Cretáceo Superior da Bacia de São Luís (Praia da Guia): contexto paleoambiental e aspectos paleoecológicos. *An. Acad. bras. Ci.*, **66** (1): 120.
- CARVALHO, I. S., (1994b), As ocorrências de icnofósseis de vertebrados na bacia de São Luís, Cretáceo Superior, Estado do Maranhão. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 3. *Boletim...* Rio Claro, São Paulo, 1994, p.119-122.
- CARVALHO, I. S., (1994c), Contexto tafonômico das pegadas de terópodes da praia da Baronesa (Cenomaniano, bacia de São Luís). In: Congr. Bras. Geol., 38, Camboriú. *Boletim de Resumos Expandidos...* Camboriú, Santa Catarina, SBG, v. 3, p. 211-212.
- CARVALHO, I. S. & LEONARDI, G., (1993), Geologia das bacias de Pombal, Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Vertentes (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **64** (3): 231-252.
- CARVALHO, I. S. & GONÇALVES, R. A., (1994), Pegadas de dinossauros neocretáceas da Formação Itapecuru, bacia de São Luís (Maranhão, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **66** (3): 279-292.
- CUNHA, F. L. S. & FERREIRA, C. S., (1980), Um dipnoi na Formação Itapecuru (Cenomaniano), Maranhão, Brasil. In: Congreso Argentino de Paleontologia y Bioestratigrafia, 2, Congreso Latino Americano de Paleontologia, 1, Buenos Aires, 1978. *Actas...* Buenos Aires, 1980, Asociación Paleontológica Argentina, tomo 2, p. 1-9.
- CURRIE, P. J., (1983), Hadrosaur trackways from the Lower Cretaceous of Canada. *Acta Paleontologica Polonica*, **28** (1-2): 63-73.
- GODOY, L. C. & LEONARDI, G., (1985), Direções e comportamento dos dinossauros da localidade Piau, Sousa, Paraíba (Brasil), Formação Sousa (Cretáceo Inferior). In: Brasil, DNPM. *Coletânea de Trabalho Paleontológicos*. Série "Geologia", Brasília, 27 (Seção Paleontologia e Estratigrafia, 2), p. 65-73.
- KLEIN, V. C. & FERREIRA, C. S., (1979), Paleontologia e estratigrafia de uma fácies estuarina da Formação Itapecuru, Estado do Maranhão. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **51** (3): 523-533.
- LEONARDI, G., (1979a), New archosaurian trackways from the Rio do Peixe basin, Paraíba, Brazil. *Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie). Sezione IX - Scienze Geologiche e Paleontologiche*, **5** (14): 239-250.
- LEONARDI, G., (1979b), Nota preliminar sobre seis pistas de dinossauros Ornithischia da bacia do Rio do Peixe, em Sousa, Paraíba, Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **51** (3): 501-516.
- LEONARDI, G., (1980a), Dez novas pistas de dinossauros (Theropoda Marsh, 1881) na bacia do Rio do Peixe, Paraíba, Brasil. In: Congreso Argentino de Paleontologia y Bioestratigrafia, 2, Congreso Latino Americano de Paleontologia, 1, Buenos Aires, 1978. *Actas...* Buenos Aires, 1980, Asociación Paleontologica Argentina, tomo 1, p. 243-248.
- LEONARDI, G., (1980b), Ornithischian trackways of the Corda Formation (Jurassic), Goiás, Brasil. In: Congreso Argentino de Paleontologia y Bioestratigrafia, 2, Congreso Latino Americano de Paleontologia, 1, Buenos Aires, 1978. *Actas...* Buenos Aires, 1980, Asociación Paleontologica Argentina, tomo 1, p. 215-222.

- LEONARDI, G., (1981), Ichnological data on the rarity of young in North East Brazil dinosaurian populations. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **53** (2): 345-346.
- LEONARDI, G., (1984), Le impronte fossili di dinosauri. In: Ligabue, G. (ed.). *Sulle orme dei dinosauri*. Erizzo Editrice, Venezia, p. 165-186.
- LEONARDI, G., (1989), Inventory and statistics of the South American dinosaurian ichnofauna and its paleobiological interpretation. In: Gillette, D. D. & Lockley, M. G. (eds.). *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 165-178.
- LEONARDI, G. & SARJEANT, W. A. S., (1986), Footprints representing a new Mesozoic vertebrate fauna from Brazil. *Modern Geology* **10**: 73-84.
- LEONARDI, G.; LIMA, C. V. & LIMA, F. H. O., (1987), Os dados numéricos relativos às pistas (e as pegadas) das icnofaunas dinossaurianas do Cretáceo Inferior da Paraíba, e sua interpretação estatística. III – Estudo estatístico. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 10, Rio de Janeiro, 1987. *Anais...* Rio de Janeiro, 1987. Sociedade Brasileira de Paleontologia, v. 1, p. 419-444.
- LIMA, H. P.; ARANHA, L. & MACIEL, R., (1993), Bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Graben de Ilha Nova – análise integrada, perspectivas e direcionamento exploratório. Petrobrás, *Relatório interno*.
- LOCKLEY, M. G., (1986), The paleobiological and paleoenvironmental importance of dinosaur footprints. *Palaos*, **1**: 37-47.
- LOCKLEY, M. G., (1991), *Tracking dinosaurs. A new look at an ancient world*. Cambridge University Press, Cambridge, 238p.
- LOCKLEY, M. G.; HOUCK, K. J. & PRINCE, N. K., (1986), North America's largest dinosaur trackway site: implications for Morrison Formation paleoecology. *Geological Society of America Bulletin*, **97** (10): 1163-1176.
- LOCKLEY, M. G. & CONRAD, K., (1987), Mesozoid tetrapod tracksites and their application in paleoecological census studies. In: CURRIE, P. J. & KOSTER, E. H. (eds.). *Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems*, 4, Drumheller, 1987. *Occasional paper of the Tyrrell Museum of Palaeontology*, **3**: 148-153.
- LOCKLEY, M. G.; HUNT, A.; HOLBROOK, J.; MATSUKAWA, M. & MEYER, C., (1992), The dinosaur freeway: a preliminary report on the Cretaceous megatracksite, Dakota Group, Rocky Mountain Front Range, and High Plains, Colorado, Oklahoma and New Mexico. In: Flores, R. M. editor. *Field Guidebook – Mesozoic of the Western Interior*. SEPM 1992 Theme Meeting. Rocky Mountain Section, Colorado State University, Publications and Creative Services. Fort Collins, Colorado. p. 39-54.
- NADON, G. C., (1993), The association of anastomosed fluvial deposits and dinosaur tracks, eggs, and nests: implications for the interpretation of floodplain environments and a possible survival strategy for ornithopods. *Palaos*, **8**: 31-44.
- OSTROM, J. H., (1964), A reconsideration of the paleoecology of hadrosaurian dinosaurs. *American Journal of Science*, **262**: 975-997.
- PEDRÃO, E.; BARRILARI, I. M. R. & LIMA, H. P., (1993), Estudos palinológicos dos sedimentos cretácicos da bacia do Paraíba. CENPES/DIVEX/Petrobrás. *Relatório interno*, 40p.
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I. S. & SANTOS, M. H. B., (1993a), Palinomorfos cenomanianos da Formação Itapecuru – análise palinológica do afloramento da ponta do Farol, município de São Luís (MA). In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 13, Simpósio Paleontológico do Cone Sul, 1, São Leopoldo, 1993. *Boletim de Resumos...* São Leopoldo, 1993, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, p. 61.
- PEDRÃO, E.; ARAI, M.; CARVALHO, I. S. & SANTOS, M. H. B., (1993b), Palinomorfos da Formação Itapecuru – análise palinológica de uma amostra de superfície da ponta do Farol, município de São Luís (MA). SEBIPE/CENPES/Petrobrás. *Relatório interno*, 13p.
- PITTMAN, J. C., (1989), Stratigraphy, lithology, depositional environment and track type of dinosaur track-bearing beds of the Gulf Coastal Plain. In: Gillette, D. D. & Lockley, M. G. (eds.). *Dinosaur tracks and traces*. New York, Cambridge University Press, p. 135-151.
- PRICE, L. I., (1947), *Sedimentos mesozóicos na baía de São Marcos, estado do Maranhão*. Departamento Nacional da Produção Mineral, Divisão de Geologia e Mineralogia. Rio de Janeiro, 12p.

- PRICE, L. I., (1960), Dentes de Theropoda num testemunho de sondagem no Estado do Amazonas. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **32** (1): 79-84.
- RODRIGUES, T. L. N.; LOVATO, O. G. & CAYE, B. R., (1990), Contribuição à estratigrafia da folha de São Luís (SA.23-Z-A)/MA. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. *Atas...* Natal, 1990. Sociedade Brasileira de Geologia, v. 1, p. 124-135.
- THULBORN, R. A. & WADE, M., (1979), Dinosaur stampede in the Cretaceous of Queensland. *Lethaia*, **12** (3): 275-279.
- THULBORN, R. A. & WADE, M., (1984), Dinosaur trackways in the Winton Formation (Mid-Cretaceous) of Queensland. *Memoirs of the Queensland Museum*, **21** (2): 413-517.
- THULBORN, T., (1990), *Dinosaur tracks*. Chapman and Hall, St. Edmundsbury Press Ltd., Great Britain, 410p.