

# AMEGHNIANA

Revista de la Asociación Paleontológica Argentina



Buenos Aires 2000

TOMO

37

1

2

3

4

# Huellas de saurópodos de la Formación Antenor Navarro (Cretácico Temprano de la cuenca de Sousa), Serrote do Letreiro, Paraíba, Brasil

Ismar de Souza CARVALHO<sup>1</sup>

**Abstract.** SAUROPOD FOOTPRINTS FROM THE ANTEHOR NAVARRO FORMATION (EARLY CRETACEOUS, SOUSA BASIN), SERROTE DO LETREIRO, PARAÍBA STATE, BRAZIL. An ichnocoenosis from Serrote do Letreiro (Sousa Basin, Early Cretaceous, Brazil) is described. This ichnocoenosis consists of 20 isolated footprints, 4 short trackways and is interpreted as mainly produced by sauropods. Some theropod footprints are also present. The sauropod footprints have a main alignment along NNW-ESE direction and they are oriented mainly toward ESE. They are indicative of a sauropod herd, composed of 16 individuals, and furnish evidence of gregariousness. The ichnofossils from Serrote do Letreiro are usually very shallow footprints probably due to the poor granulometric sorting and the low plasticity of the sandy substrate, related to alluvial sands located near the basin border.

**Key words.** Sauropoda. Footprints. Sousa Basin. Brazil. Early Cretaceous.

**Palabras clave.** Sauropoda. Huellas. Cuenca de Sousa. Brasil. Cretácico Temprano.

## Introducción

La cuenca de Sousa abarca un área de 1.250 km<sup>2</sup>, y se localiza al oeste del Estado de Paraíba, en los municipios de Sousa y Uiraúna (figura 1). El basamento local está constituido por gneisses de edad precámbrica.

La sucesión sedimentaria se compone de brechas y conglomerados, areniscas, limolitas, margas y arcilitas. Ocasionalmente las areniscas y las limolitas aparecen cementadas por calcita. Las características litoestratigráficas de la cuenca de Sousa fueron presentadas por Mabesoone (1972) y Mabesoone y Campanha (1973/1974), quienes formalizaron el Grupo Rio do Peixe, el cual posee un espesor total de 2.870 metros, que incluye las Formaciones Antenor Navarro, Sousa y Piranhas. La disposición de sedimentos en esta cuenca habría estado condicionada, según Lima Filho (1991), por las etapas de evolución tectónica de la cuenca entre el intervalo temporal Dom João y Aratu. Así, los márgenes de la cuenca, de carácter tectónico, están caracterizadas por fallas normales a lo largo de las cuales comenzó el proceso sedimentario con la depositación de abanicos aluviales, que pasan a facies fluviales de ríos entrelazados. Así mismo, en el centro de cuenca, la disminución del gradiente condujo a la instalación de un sistema fluvial meandriforme con amplio desarrollo de planicies de inundación, donde se establecieron lagos permanentes y temporarios que se suceden temporalmente.

La cuenca de Sousa (figura 1) contiene una amplia variedad de icnofósiles de invertebrados y vertebrados que componen diferentes icnocoenosis continentales de edad cretácica temprana. En la localidad del Serrote do Letreiro (municipio de Sousa, Estado de Paraíba), se ha reconocido un conjunto de pisadas aisladas y huellas de saurópodos en niveles correspondientes a la Formación Antenor Navarro.

La existencia de una abundante icnofauna de vertebrados, compuesta por huellas y rastros de grandes terópodos, celurosaurios y ornitópodos, es una de las características sobresalientes de la cuenca de Sousa (Leonardi, 1989, 1994). Esa icnofauna ocurre en diferentes niveles estratigráficos distribuidos geográficamente en toda la cuenca. Los icnofósiles de invertebrados también son frecuentes por toda la cuenca, consistiendo en rastros y excavaciones de artrópodos y anélidos del tipo epichnia. Además, en la sucesión cretácica de la cuenca de Sousa se conocen restos de ostrácodos, conchóstracos, fragmentos de vegetales, palinomorfos y escamas de peces. Estudios palinológicos (Lima y Coelho, 1987; Regali, 1990) y de conchostracofauna (Carvalho, 1993) permiten considerar que la acumulación de sedimentos en la cuenca se produjo entre 145 Ma y 123 Ma, es decir los pisos Rio da Serra y Aratu.

Este estudio se restringe a la evaluación de la icnocoenosis de tetrápodos encontrada en un horizonte estratigráfico denominado como nivel C, esencialmente constituido por areniscas cuarzosas, finas a medias y de coloración blanquecina (figura 2). En este horizonte arenoso se han encontrado huellas de saurópodos, distribuidas sobre una superficie subhorizontal de 40 cm de espesor, donde aparecen 20 hue-

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geologia/Instituto de Geociências, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Cep 21.949-900, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: ismar@igeo.ufrj.br



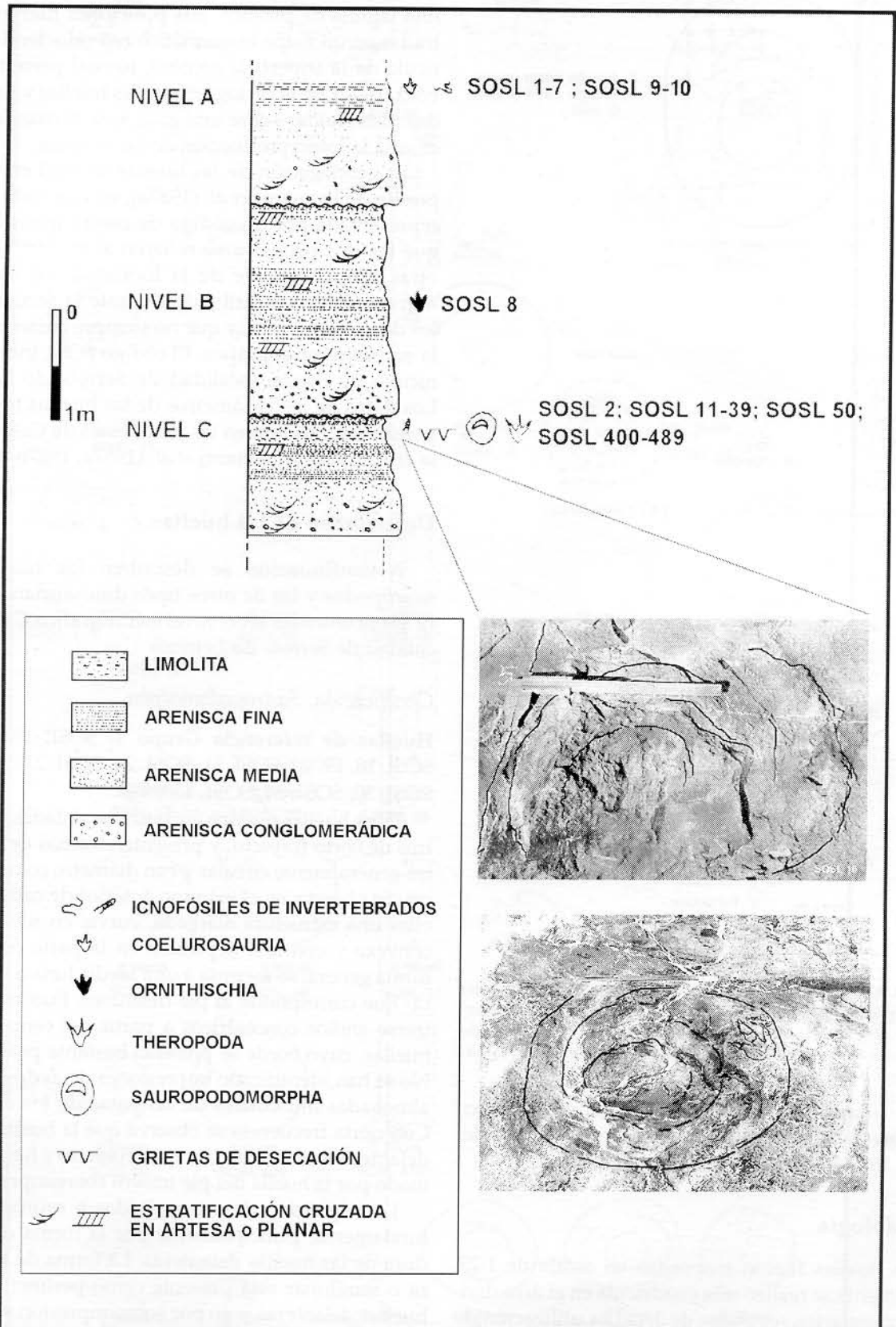


Figura 2. Perfil estratigráfico de la Formación Antenor Navarro, en la localidad de Serrote do Letreiro, municipio de Sousa. En este estudio es abordada la icnofauna del nivel estratigráfico C / Antenor Navarro Formation at Serrote do Letreiro locality, Sousa county. The analysed ichnofauna is found at stratigraphic level C. Escala en las fotos 1 m / Scale 1 m.

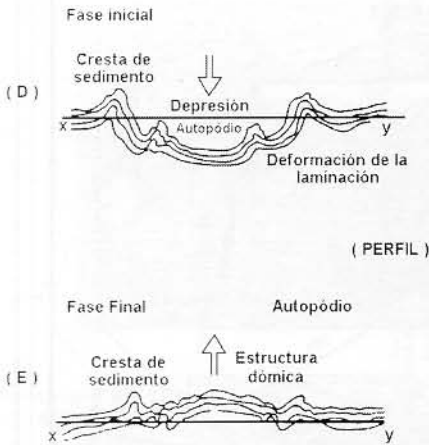
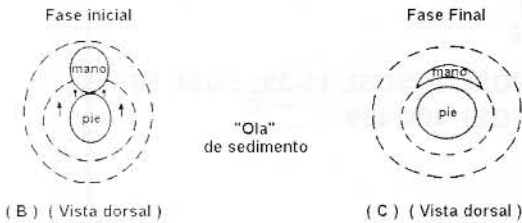
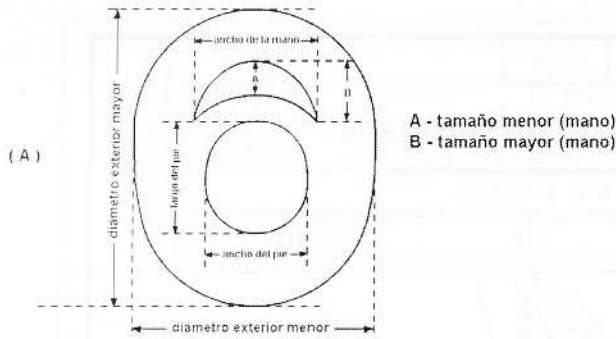


Figura 3. A, parámetros morfológicos de las huellas (mano y pie) de saurópodos / Morphological aspects of the sauropod footprints (manus and pes). B-E, mecanismo de formación de las huellas de saurópodos de Serrote do Letreiro / Origin mechanisms of the sauropod tracks from Serrote do Letreiro.

llas aisladas y 4 rastros cortos; las mismas cubren aproximadamente 250 m<sup>2</sup>, indicando que probablemente 16 individuos se desplazaron en la región.

**Metodología**

Las huellas fueron mapeadas en escala de 1:25. Inicialmente se realizó una cuadrícula en el área dividida en espacios regulares de 1 m. La utilización de un cuadriculador de madera para el registro individual de cada huella en papel cuadrículado, como propuso Leonardi (1977), no resultó práctico para el trabajo de campo. Después de haber sido marcadas

con tiza, las huellas fueron dibujadas y calcadas en una lámina de plástico. Sus posiciones fueron registradas en un mapa esquemático reproduciendo el retículo de la superficie arenosa, lo cual permitió mayor rapidez en la cartografía de las huellas y rastrilladas distribuidas sobre una gran área, tornando innecesaria la fotoreproducción de las mismas.

La catalogación de las huellas se basó en la propuesta de Leonardi *et al.* (1987a), en que cada una es representada por un código de cuatro letras, siendo que las dos primeras se refieren al municipio y las otras dos al nombre de la localidad. Le sigue un número de orden atribuido durante la secuencia de los descubrimientos, y que no siempre corresponde a la sucesión estratigráfica. El código SOSL indica municipio de Sousa, localidad de Serrote do Letreiro. Los datos de los parámetros de las huellas (figura 3) y rastros se basaron en las propuestas de Casamiquela *et al.* (1987) y Leonardi *et al.* (1987a, 1987b, 1987c).

**Descripción de las huellas**

A continuación se describen las huellas de saurópodos y las de otros tipos dinosaurianos (figura 4) encontradas en el nivel estratigráfico C de la localidad de Serrote do Letreiro.

*Clasificación: Sauropodomorpha*

**Huellas de referencia Grupo 1.** SOSL 15, 16, 17; SOSL 18, 19, 20; SOSL 21; SOSL 26; SOSL 27; SOSL 28; SOSL 30; SOSL 34; SOSL 430, 440.

Estas huellas pueden encontrarse aisladas o en rastros de corto trayecto, y presentan formas de perímetro generalmente circular y con diámetro común de 40 cm. Se observa en el extremo anterior de cada una de ellas una estructura alargada, curva, en sobrelieve convexo y con una depresión en la parte central -la forma general se asemeja a una media luna o herradura- que corresponde al pie delantero. Pueden encontrarse anillos concéntricos a partir del centro de las huellas, cuyo borde se presenta bastante prominente. No se han identificado impresiones de dedos, uñas, o almohadas musculares de las patas de los animales. Con cierta frecuencia se observa que la huella del pie delantero aparece parcialmente cubierto y hasta deformado por la huella del pie trasero sobreimpreso.

La asignación de estas pisadas a saurópodos se fundamenta, principalmente por la forma de herradura de las huellas delanteras. La forma de herradura o semilunar está presente como perímetro en las huellas delanteras y no por sobreimpresión y se debe dar atención al hecho de que esta morfología no refleja la forma del pie, puesto que éste es similar al miembro posterior. Las pisadas arqueadas se deben a la deformación de los sedimentos inconsolidados produci-

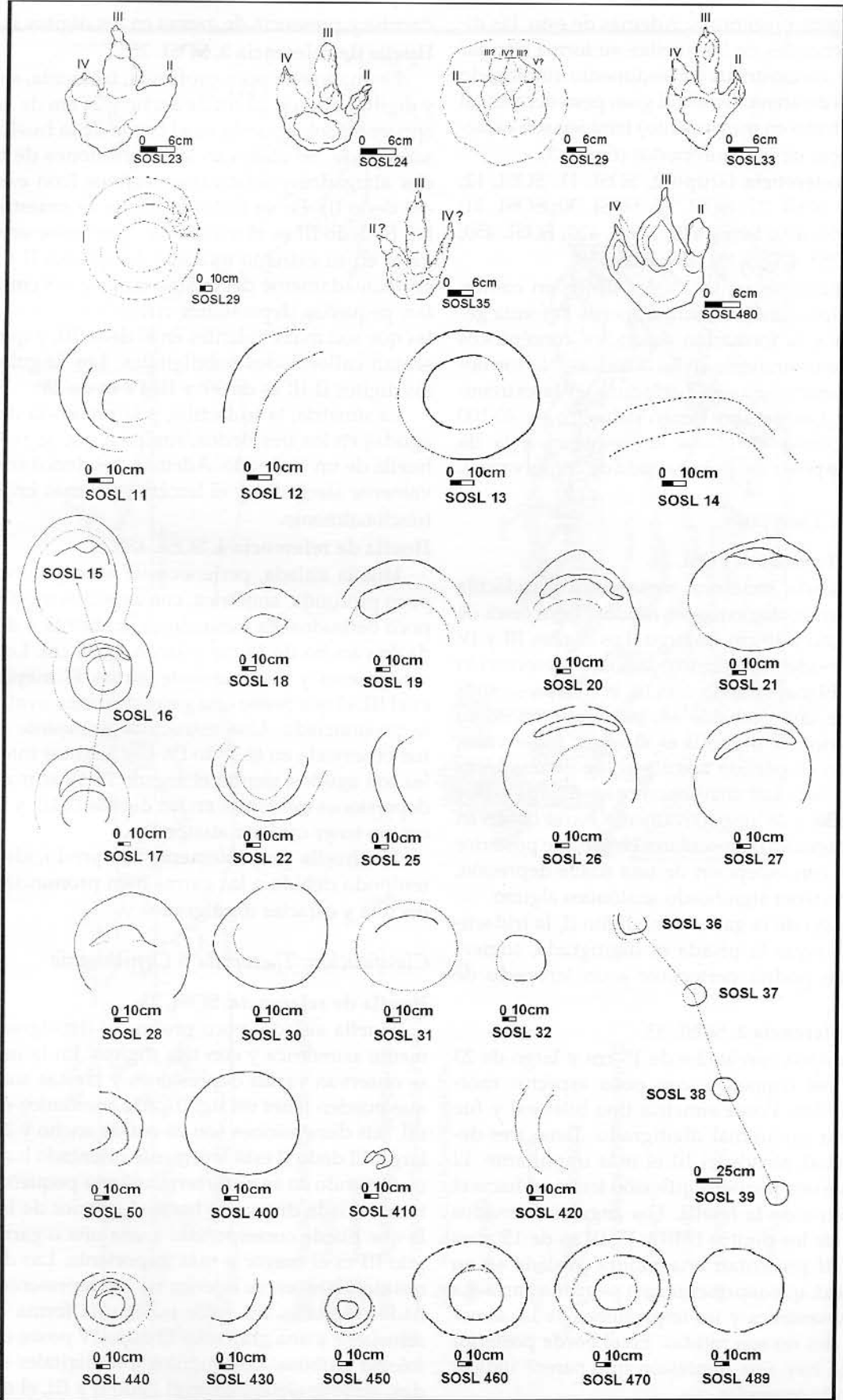


Figura 4. Huellas y rastros de terópodos, ornitópodos (?) y saurópodos del nivel estratigráfico C, Serrote do Letreiro / *Theropod, ornitho-*  
*pod and sauropod tracks and footprints from stratigraphic level C, Serrote do Letreiro.*

das por las patas posteriores. Además de esto, las dimensiones generales de las huellas, su forma circular y los anillos concéntricos de sedimento (indicando ondulaciones de arena debido al gran peso del animal que se encontraba en movimiento) también son características típicas de los saurópodos (figura 3).

**Huellas de referencia Grupo 2.** SOSL 11; SOSL 12, 13; SOSL 14; SOSL 22; SOSL 25; SOSL 30; SOSL 31; SOSL 32; SOSL 400; SOSL 410; SOSL 420; SOSL 450; SOSL 460; SOSL 470; SOSL 489; SOSL 50.

Huellas incompletas, las cuales tienen en común con las descritas anteriormente, apenas la forma general circular y la formación de anillos concéntricos con una cresta prominente en las areniscas. No son observadas las estructuras en herradura en la extremidad anterior. Las pisadas tienen diámetro de 40-100 cm y sus formas circulares se asemejan a la de saurópodos, a pesar del pobre estado de conservación.

*Clasificación: Theropoda*

**Huella de referencia 1.** SOSL 24.

Huella aislada, simétrica, mesaxónica y tridáctila con aspectos morfológicos poco nítidos. Tiene cerca de 15 cm de ancho y 18 cm de largo. Los dígitos III y IV no son muy evidentes debido a la pobre preservación de la huella. El mayor dedo es el III, el cual presenta la impresión de una probable almohada digital en su porción anterior. El dígito II es el mejor preservado, mostrando en su porción apical, molde de una garra de forma ovalada. Los ángulos entre los dígitos II-III y III-IV son de 33° y 28° respectivamente. No se observan almohadas digitales o musculares en la parte posterior de la huella, con excepción de una suave depresión, que puede no tener significado anatómico alguno.

La presencia de la garra en el dígito II, la tridactilia y el hecho que la pisada es digitigrada, sugiere que la huella podría pertenecer a un terópodo de gran tamaño.

**Huella de referencia 2.** SOSL 33.

Huella aislada con ancho de 15 cm y largo de 23 cm, de un pie izquierdo, con poco aspectos morfológicos nítidos. Posee simetría tipo bilateral y fue originada por un animal digitigrado. Tiene tres dedos (tridactilia), siendo el III el más importante. El dedo II posee una pequeña inflexión terminal hacia el margen interno de la huella. Los ángulos formados por los ejes de los dígitos II-III y III-IV es de 15°. Los dedos II y III presentan una ranura ovalada en su porción apical, que representa una pequeña garra. La huella es mesaxónica y las impresiones de las almohadas digitales no son nítidas. En el borde posterior de la pisada hay una depresión que parece indicar una almohada muscular.

Se sugiere que esta huella pertenece al grupo de los dinosaurios terópodos, debido a su simetría, tri-

dactilia y presencia de garras en los dígitos II y III.

**Huella de referencia 3.** SOSL 35.

Es una huella poco profunda, tridáctila, simétrica y digitigrada con 15 cm de ancho y 24 cm de largo. Se encuentra sobrepuesta en el borde de la huella de un saurópodo. Se observan las impresiones de tres dedos alargados y relativamente finos (con excepción del dedo II). En su talón, la huella se muestra circular. El dedo III es el mayor y el que posee una nítida garra en su extremo terminal. Los dedos II y IV son aproximadamente del mismo tamaño (18 cm). Se notan pequeñas depresiones circulares en los dígitos, las que son más evidentes en el dedo III, y que representan callosidades subdigitales. Los ángulos entre los dígitos II-III es de 30° y III-IV es de 28°.

La simetría, la tridactilia, y la presencia de garras agudas en los tres dedos, sugieren que se trata de la huella de un terópodo. Además, los dedos son relativamente alargados y el tercero es el más importante funcionalmente.

**Huella de referencia 4.** SOSL 480.

Huella aislada, perteneciente a un pie izquierdo, poco profunda, simétrica, con aspectos morfológicos poco definidos. Es mesaxónica, tridáctila y digitigrada con ancho de 18 cm y largo de 23 cm. Los dedos son gruesos y relativamente cortos. El mayor dígito es el III, el que posee una garra de forma oval, bastante pronunciada. Una estructura semejante también fue observada en el dedo IV. Los ángulos interdigitales son agudos, siendo el ángulo III-IV el mayor. Las depresiones existentes en los dígitos II, III, y IV parecen no tener carácter anatómico.

Esa huella probablemente fue producida por un terópodo debido a las garras bien pronunciadas, tridactilia y carácter digitigrado.

*Clasificación: Theropoda u Ornithischia*

**Huella de referencia.** SOSL 23.

Huella aislada, poco profunda, digitigrada, levemente asimétrica y con tres dígitos. En la impresión se observan varias depresiones y crestas suaves, las que pueden tener un significado anatómico-estructural. Sus dimensiones son 26 cm de ancho y 24 cm de largo. El dedo II está levemente orientado hacia afuera, teniendo en su parte terminal una pequeña estructura ovalada dispuesta hacia el interior de la huella, la que puede corresponder a una uña o garra. El dígito III es el mayor y más importante. Las depresiones circulares en su interior tal vez representen almohadas digitales. Su ápice posee una forma ovalada, semejante a una gran uña. El dedo IV posee una morfología bulbosa. Los ángulos interdigitales son agudos, aunque siendo entre el dedo II y III, el doble del ángulo formado entre los ejes de los dedos III y IV.

Aparentemente esta huella fue producida por un

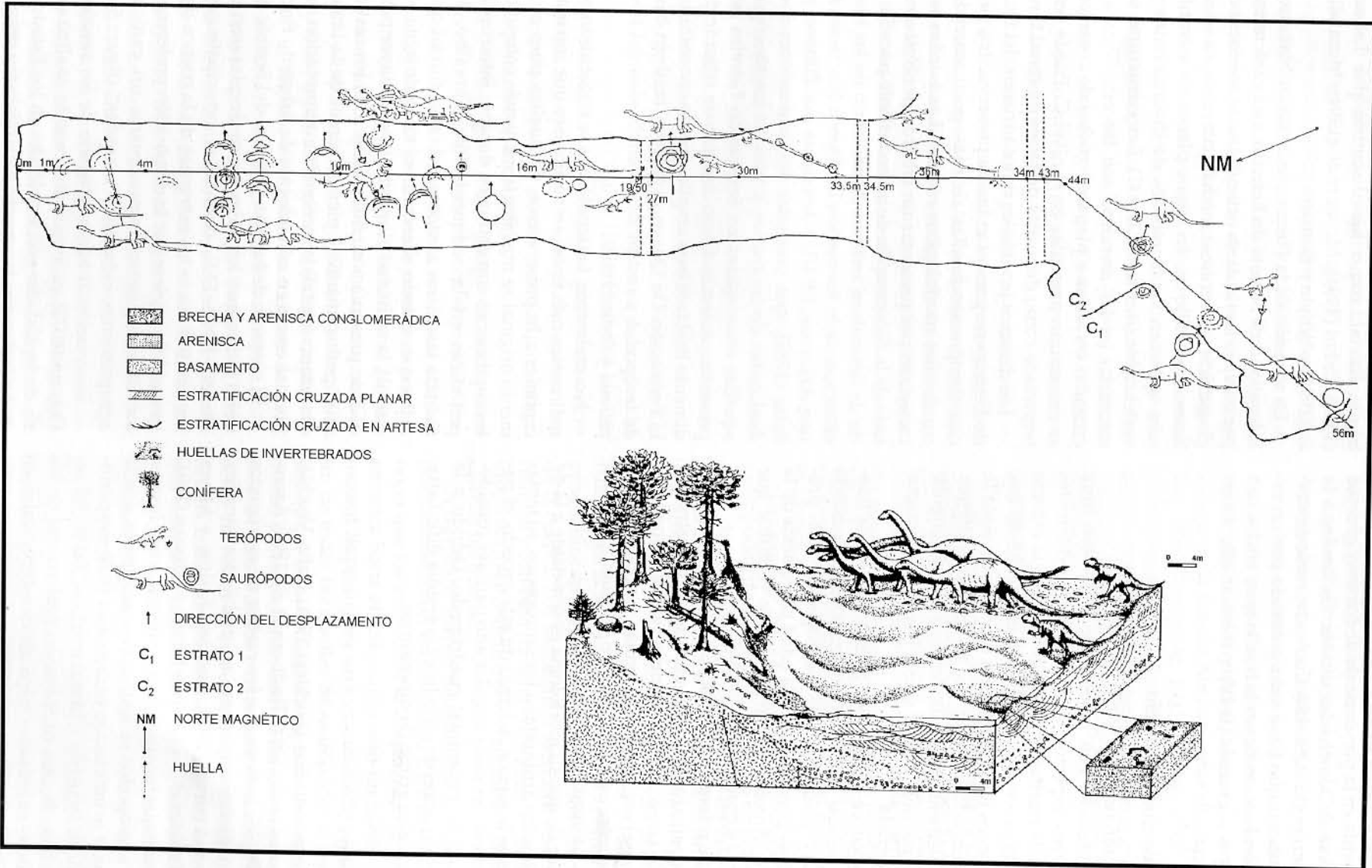


Figura 5. Superficie estratigráfica del nivel C (Serrote do Letreiro) con la distribución de las huellas fósiles y reconstrucción paleoambiental / Map of fossil track distribution at stratigraphic level C, Serrote do Letreiro and palaeoenvironmental reconstruction.



terópodo de grandes dimensiones. Esta posibilidad se fundamenta en la presencia de dedos muy gruesos y la ausencia de almohadas nítidas. Es similar a la huella de terópodo SOSL 480. Con todo, no se descarta la posibilidad que haya sido generada por un ornitópodo, en función de ser la huella muy ancha, con dedos cortos y gruesos (II-IV) y mostrar alta divergencia digital.

#### *Clasificación: Indeterminado*

#### **Huella de referencia 1. SOSL 29.**

Huella aislada, con reborde de sedimento muy grande, cuyos aspectos morfológicos son diferentes de las demás huellas. Posee una morfología externa aproximadamente circular, con diámetro de 48 cm, estando apenas individualizado un probable dedo II, muy punteagudo y divergente de los demás dígitos. Hay posiblemente tres callosidades(?) cuadrangulares. No es posible definir si esta huella es plantígrada o digitígrada.

Se desconoce el probable generador de esta huella. Cabe señalar que la morfología externa recuerda las formas primitivas de saurópodos -los prosaurópodos- pero debido a la edad eocretácica de la Formación Antenor Navarro es poco probable que pueda ser asignada a esas formas.

#### **Huellas de referencia 2. SOSL 36, 37, 38, 39.**

Estas cuatro huellas forman parte de un rastro con 2,70 m de largo. Están mal preservadas, aunque es posible observar su forma circular y preservada en epirelieve cóncavo. El diámetro mediano de cada huella es de aproximadamente 25 cm.

A pesar de que su morfología es semejante a la de algunas huellas atribuidas a los saurópodos, su tamaño es bastante menor. Además de este aspecto, el paso doble tiene un valor angular alto para ser considerado como de un animal cuadrúpedo. Debido a la mala conservación de estas huellas resulta difícil atribuirles a algún grupo de dinosaurios.

### **Discusión**

Diversos estudios (Lockley, 1991; Dalla Vecchia, 1994; Santos *et al.*, 1994; Thulborn *et al.*, 1994; Azere-do *et al.*, 1995) indican que los rastros de saurópodos aparecen preferencialmente en ambientes litorales. Lockley y Conrad (1989), Lockley, Farlow y Meyer (1994), Lockley *et al.* (1994b) y Meyer y Pittman (1994) observaron que hay una clara tendencia a que los rastros de saurópodos se restrinjan a ambientes donde tiene lugar acumulación carbonática (y/o evaporítica), es decir lacustres o litoral marinos. Tal hecho sería el reflejo de una distribución preferencial de los saurópodos en latitudes tropicales y subtropicales, en condiciones climáticas semiáridas. Sin embargo, tam-

bién hay registros de huellas de saurópodos en ambiente fluvial, como fue discutido por Leonardi (1989), Calvo (1991), Meyer *et al.* (1994), Moratalla *et al.* (1994) y Whyte y Romano (1994).

La sucesión de la Formación Antenor Navarro en la localidad de Serrote do Letreiro, está caracterizada por cuerpos lenticulares extendidos de areniscas conglomerádicas, areniscas medias, cuarzosa y areniscas limosas o arcillosas, en cuyos planos de estratificación aparecen los icnofósiles de invertebrados y/o vertebrados (niveles A, B y C). Las estructuras sedimentarias en las areniscas son las estratificaciones cruzadas en artesa o planares; grietas de contracción se encuentran presentes en el nivel C. Puede ser interpretada como depósitos de facies de canal fluvial.

Los diversos icnofósiles dinosaurianos del Serrote do Letreiro no presentan buena preservación, ya que casi siempre son huellas aisladas, poco marcadas y sin detalles morfológicos nítidos. Las huellas se caracterizan por presentar un reborde periférico resultado de la deformación de un sedimento poco litificado de naturaleza arenosa. Al contrario de las huellas cretácicas de la Formación De Queen (Cretácico Inferior, Arkansas, EE.UU.) descritas por Pittman y Gillette (1989), que presentan las impresiones individualizadas de las manos y pies de los saurópodos, aquellas encontradas en Serrote do Letreiro no las presentan. Además de eso denotan un reborde de sedimento bastante más amplio que las encontradas en la Formación De Queen. Aparecen también huellas de terópodos y rastros de invertebrados del tipo *reipichnia* y *fodinichnia*.

Normalmente, los icnofósiles se encuentran en los sedimentos más finos, areno-limosos que son más susceptibles a la preservación de huellas pues el sedimento original se muestra firme y más cohesivo. Tales condiciones son comunes durante interrupciones periódicas en la sedimentación (Carvalho, 1989). Cuando las barras arenosas del canal fluvial quedan expuestas, debido al escaso volumen de agua (etapa estival), la actividad biogénica tendrá mayor posibilidad de preservación. Además de eso, los rastros de saurópodos (manos y pies próximos de la línea media/plano sagital) favorecen la interpretación de una postura erecta en un ambiente de substrato firme.

El conjunto de huellas y rastros del Serrote do Letreiro indica que los animales se desplazaron en dirección NNW-ESE, orientadas principalmente en sentido ESE hacia las márgenes de la cuenca deposicional. Se sugiere que la disposición preferencial de los diversos rastros representaría un carácter de agrupamiento, indicando "manadas" (figura 5).

En relación al hábito gregario de los saurópodos, Ostrom (1972) ya lo indicaba cuando analizó una serie de localidades con icnofósiles en los Estados Unidos e Inglaterra. Interpretó el paralelismo presentado

por diversos rastros de saurópodos y terópodos, como reflejo del hábito gregario en, por lo menos, algunos de los miembros de estos grupos. El hábito gregario significa más que un encuentro múltiple o cohabitación, denota actividad grupal y relativamente un alto grado de organización. Refleja una cierta "conciencia" de los animales respecto de la presencia de otros de la misma especie y, hasta cierto grado, el comportamiento individual es estimulado por las acciones del grupo. La evidencia de este comportamiento gregario entre saurópodos también fue indicada por Barnes y Lockley (1994), Lockley *et al.* (1994a) y Pittman y Lockley (1994). Sin embargo, Dodson (1992) resaltó que tal aspecto etológico no sería necesariamente extensivo a todos los saurópodos.

La icnofauna de saurópodos mejor estudiada en América del Sur se encuentra en la cuenca de Toro Toro, particularmente en la Formación El Molino (Maastrichtiano) aflorante en departamento de Potosí, Bolivia. Se trata de rastros largos, con diferenciación entre las huellas anteriores y posteriores. Las anteriores tienen la forma típica de "herradura" y las posteriores son alargadas y elípticas, más truncadas diagonalmente en la parte correspondiente al talón. Los rastros son acompañados por rebordes de sedimento. Se disponen a lo largo de un frente de avance de 200 metros (donde aparecen diez rastros) y son acompañados por treinta rastros de carnosauros, subparalelos a las primeras (Leonardi, 1984).

En Argentina, en sucesiones de la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano) en la provincia del Neuquén (Argentina), Calvo (1991) describió huellas de saurópodos, las que denominó como una nueva icnoespecie, *Sauropodichmus giganteus*. Se asocian a un contexto paleoambiental de ríos meandriformes con amplias planicies de inundación.

Para poder asignar a qué grupo de saurópodos pertenecen las huellas descriptas en el presente trabajo, la información disponible es analizada a la luz de la paleogeografía gondwánica propuesta por Bonaparte (1986). A pesar de que normalmente los rastros de saurópodos son atribuidos a *Camarasaurus* Cope, 1877 y *Diplodocus* Marsh, 1878 (Antunes, 1976; Lockley *et al.*, 1986), estos géneros no están representados en el registro de fósiles de América del Sur, donde la fauna de saurópodos está constituida principalmente por titanosauros. Según Bonaparte (1996), hay una diferencia notable en la asociación de los dinosaurios de Gondwana y Laurasia. En el Cretácico de América del Sur, África e India, los titanosauros eran los herbívoros dominantes, comprendiendo dos familias: Andesauridae y Titanosauridae. Además, en Argentina, se reconoce otro grupo de saurópodos, los Diplodocimorpha (Calvo y Salgado, 1995). Las formas productoras de las huellas de la cuenca de Sousa podrían incluir miembros de la familia Ande-

sauridae y diplodocimorfos que son sauropodomorfos del Cretácico Temprano.

Las huellas tridáctilas del nivel C de la Formación Antenor Navarro, fueron clasificadas en este estudio como pertenecientes a dos terópodos de gran tamaño y a dos de pequeñas dimensiones. Parte de la fauna de terópodos del Cretácico Inferior de Argentina se incluye en la familia Abelisauridae (Bonaparte y Novas, 1985; Bonaparte, 1991; Novas, 1997), que tuvo probablemente una distribución gondwánica, y se puede considerar que miembros de este grupo de dinosaurios habrían producido las huellas de Serrote de Letreiro.

## Conclusiones

Hay una baja frecuencia de huellas de saurópodos en la región central de la cuenca de Sousa, donde dominan los terópodos. Los substratos (arenas medianas a gruesas) de las márgenes de la cuenca no son los más adecuados para una amplia preservación de icnitas. Todavía encontramos huellas de saurópodos en mayor cantidad que en la región más central de la cuenca.

La escasez de los registros de icnofósiles de saurópodos podría así relacionarse a una característica de distribución biogeográfica de las faunas dinosaurianas. Aparentemente, el área de distribución de este grupo se situaría preferentemente en las regiones más elevadas de la cuenca, próximo a sus bordes, ya que el conjunto de huellas y rastros de saurópodos hallados en la localidad de Serrote do Letreiro fueron producidos en barras arenosas, relacionadas al borde de la cuenca. Los sedimentos arenosos eran poco cohesivos y con bajo contenido de agua, representando un contexto tafonómico poco favorable a la preservación de las huellas.

A través del mapeo detallado de la superficie depositacional (nivel estratigráfico C), fue posible reconocer que los individuos se desplazaron en forma sistemática hacia el ESE, sugiriendo un hábito gregario natural. Se presupone un breve intervalo para el registro de todas las huellas de saurópodos y terópodos, siendo que las atribuidas a terópodos habrían sido formadas posteriormente, cuando los sedimentos aun no estaban consolidados y retenían bastante agua intersticial. Tal hecho es evidenciado por la superposición de una huella teropodomorfa (SOSL 35) en la región más externa de una huella de saurópodo (SOSL 34).

## Agradecimientos

Al Profesor G. Leonardi por su atención y auxilio en las actividades de campo y la preparación de este estudio. A los profesores R.R. Andreis, A.C. Sequeira Fernandes y C.A. Marsicano por las sugerencias y lectura crítica del texto. Al geólogo J.H. Gonçalves de Melo por el dibujo de reconstrucción paleogeográfica. A C. Ba-

reto Pinto y L.A. Sampaio Ferro por el apoyo técnico. Este estudio sólo fue posible gracias al apoyo financiero concedido por la Universidad Federal do Rio de Janeiro/SR-2, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Fundação Universitária José Bonifácio y Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro. Este trabajo es una contribución al Proyecto IGCP 381 (South Atlantic Mesozoic Correlations).

## Bibliografía

- Antunes, M.T. 1976. *Dinossáurios eocretácicos de Lagosteiros*. Universidade de Nova de Lisboa. 35 p. (Ciências da Terra 1).
- Azereido, A.C., Ramalho, M.M., Santos, V.F. y Galopim de Carvalho, A.M. 1995. Calcários com pegadas de dinossáurios da Serra D'Aire: microfácies e paleoambientes. *Gaia* (Lisboa) 11: 1-6.
- Barnes, F.A. y Lockley, M.G. 1994. Trackway evidence for social sauropods from the Morrison Formation, Eastern Utah (USA). *Gaia* (Lisboa) 10: 37-41.
- Bonaparte, J.F. 1986. History of the terrestrial Cretaceous vertebrates of Gondwana. 4<sup>o</sup> Congreso Argentino Paleontología y Bioestratigrafía (Mendoza, 1986). *Actas* 2: 63-95.
- Bonaparte, J.F. 1991. The Gondwanan theropod families Abelisauridae and Noasauridae. *Historical Biology* 5: 1-25.
- Bonaparte, J.F. 1996. *Dinosaurios de América del Sur*. Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia", 2a ed. Buenos Aires. 174 p.
- Bonaparte, J.F. y Novas, F.E. 1985. *Abelisaurus comahuensis* n. g., n. sp., Camosauria del Cretácico Tardío de Patagonia. *Ameghiniana* 21: 259-265.
- Calvo, J.O. 1991. Huellas de dinosaurios en la Formación Rio Limay (Albiano-Cenomaniano?), Picún Leufú, provincia de Neuquén, República Argentina (Ornithischia-Saurischia: Sauropoda-Theropoda). *Ameghiniana* 28: 241-258.
- Calvo, J.O. y Salgado, L. 1995. *Rebbachisaurus tessonei* sp. nov. a new sauropoda from the Albian-Cenomanian of Argentina; new evidence on the origin of the Diplodocidae. *Gaia* (Lisboa) 11: 13-33.
- Carvalho, I.S. 1989. *Ícnocenosos continentais: bacias de Sousa, Uiraúna-Brejo das Freiras e Mangabeira*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Brasil, 167 p. Inédito.
- Carvalho, I.S. 1993. *[Os conchostráceos fósseis das bacias interiores do Nordeste do Brasil]*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Brasil, 319 p. Inédito.
- Casamiquela, R.M., Demathieu, G.R., Haubold, H., Leonardi, G. y Sarjeant, W.A.S. 1987. *Glossary and Manual of Tetrapod Footprint Palaeoichnology*. Departamento Nacional da Produção Mineral, MME, Brasil, Brasília, 75 p.
- Dalla Vecchia, F.M. 1994. Jurassic and Cretaceous sauropod evidence in the Mesozoic Carbonate platforms of the southern Alps and Dinarids. *Gaia* (Lisboa) 10: 65-73.
- Dodson, P. 1992. Sauropod paleoecology. En: D.B. Weishampel, P. Dodson, y H. Osmólska (eds.), *The Dinosauria*. University of California Press, Berkeley, pp. 402-407.
- Leonardi, G. 1977. Two simple instruments for ichnological research, principally in the field of vertebrates. *Dusenía* (Curitiba) 10: 185-188.
- Leonardi, G. 1984. Le impronte fossili di dinosauri. En: G. Ligabue (ed.), *Sulle orme dei dinosauri*. Erizzo editrice, Venezia, pp. 165-186.
- Leonardi, G. 1989. Inventory and statistics of the South American Dinosaurian Ichnofauna and its Paleobiological interpretation. En: D.D. Gillette y M.G. Lockley (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 165-178.
- Leonardi, G. 1994. *Annotated atlas of South America tetrapod footprints (Devonian to Holocene)*. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, MME, Brasil, Rio de Janeiro, 248 p.
- Leonardi, G., Lima, C.V. y 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. *10<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Paleontologia*, (Rio de Janeiro, 1987), *Anais* 1: 377-394.
- Leonardi, G., Lima, C.V. y 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. *10<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Paleontologia* (Rio de Janeiro, 1987), *Anais* 1: 395-417.
- Leonardi, G., Lima, C.V. y 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. *10<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Paleontologia* (Rio de Janeiro, 1987), *Anais* 1: 419-444.
- Lima Filho, M.F. 1991. *[Evolução tectono-sedimentar da bacia do Rio do Peixe - PB]*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, Recife, 99 p. Inédito.
- Lima, M.R. y Coelho, M.P.C.A. 1987. Estudo palinológico da sondagem estratigráfica de Lagoa do Forno, bacia do Rio do Peixe, Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Boletim do Instituto de Geociências-Universidade de São Paulo, Brasil, Série Científica*, 18: 67-83.
- Lockley, M.G. 1991. *Tracking Dinosaurs: a new look at an ancient world*. Cambridge University Press, Cambridge, 238 p.
- Lockley, M.G. y Conrad, K. 1989. The paleoenvironmental context, preservation and paleoecology significance of dinosaur tracksites in the Western USA. En: D.D. Gillette y M.G. Lockley (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 121-134.
- Lockley, M.G., Houck, K.J. y Prince, N.K. 1986. North America's largest dinosaur trackway site: implications for Morrison Formation paleoecology. *Geological Society of America Bulletin* 97: 1163-1176.
- Lockley, M.G., Farlow, J.O. y Meyer, C.A. 1994a. *Brontopodus* and *Parabrontopodus* ichnogen. nov. and the significance of wide- and narrow-gauge sauropod trackways. *Gaia* (Lisboa) 10: 135-145.
- Lockley, M.G., Meyer, C.A. y Santos, V.F. 1994b. Trackway evidence for a herd of juvenile sauropods from the Late Jurassic of Portugal. *Gaia* (Lisboa) 10: 27-35.
- Lockley, M.G., Meyer, C.A., Hunt, A.P. y Lucas, S.G. 1994. The distribution of sauropod tracks and trackmaker. *Gaia* (Lisboa) 10: 233-248.
- Mabesoone, J.M. 1972. Sedimentos do Grupo Rio do Peixe (Paraíba). *26<sup>o</sup> Congresso Brasileiro de Geologia* (Belém, 1972). Boletim n<sup>o</sup> 1, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 236.
- Mabesoone, J.M. y Campanha, V.A. 1973/1974. Caracterização estratigráfica dos Grupos Rio do Peixe e Iguatu. *Estudos Sedimentológicos* (Natal) 3/4, pp. 21-41.
- Meyer, C.A. y Pittman, J.G. 1994. A comparison between the Brontopodus ichnofacies of Portugal, Switzerland and Texas. *Gaia* (Lisboa) 10: 125-133.
- Meyer, C.A., Lockley, M.G., Robinson, J.W. y Santos, V.F. 1994. A comparison of well-preserved sauropod tracks from the Late Jurassic of Portugal and the Western United States: evidence and implications. *Gaia* (Lisboa) 10: 57-64.
- Moratalla, J.J., García-Mondéjar, J., Santos, V.F., Lockley, M.G., Sanz, J.L. y Jiménez, S. 1994. Sauropod trackways from the Lower Cretaceous of Spain. *Gaia* (Lisboa) 10: 75-83.
- Novas, F.E. 1997. South American Dinosaurs. En: P.J. Currie y K. Padian (eds.), *Encyclopedia of Dinosaurs*. Academic Press, New York, pp. 678-689.
- Ostrom, J.H. 1972. Were some dinosaurs gregarious? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 11: 287-301.
- Pittman, J.G. y Gillette, D.D. 1989. The Briar Site: a new sauropod dinosaur tracksite in Lower Cretaceous Beds of Arkansas, USA. En: D.D. Gillette y M.G. Lockley (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 313-332.
- Pittman, J.G. y Lockley, M.G. 1994. A review of sauropod dinosaur tracksites of the Gulf of Mexico basin. *Gaia* (Lisboa) 10: 95-108.
- Regali, M.S.P. 1990. Biocronoestratigrafia e paleoambiente do Eocretáceo das bacias do Araripe (CE) e Rio do Peixe (PB), NE - Brasil. *1<sup>o</sup> Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste* (Crato, 1990), *Actas*: 163-172.
- Santos, V.F., Lockley, M.G., Meyer, C.A., Carvalho, J., Galopim de Carvalho, A.M. y Moratalla, J.J. 1994. A new sauropod tracksite from the middle Jurassic of Portugal. *Gaia* (Lisboa) 10: 5-13.
- Thulborn, T., Hamley, T. y Foulkes, P. 1994. Preliminary report on sauropod dinosaur tracks in the Broome Sandstone (Lower Cretaceous) of Western Australia. *Gaia* (Lisboa) 10: 85-94.
- Whyte, M.A. y Romano, M. 1994. Probable sauropod footprints from the middle Jurassic of Yorkshire, England. *Gaia* (Lisboa) 10: 15-26.

Recibido: 6 de enero de 1999.

Aceptado: 14 de julio de 2000.