

# Pegadas de dinossauros do Triássico (Formação Santa Maria) do Brasil



Rafael Costa da SILVA<sup>1</sup>, Ismar de Souza CARVALHO<sup>1</sup> e Antonio Carlos Sequeira FERNANDES<sup>2</sup>

**Abstract.** DINOSAUR FOOTPRINTS FROM THE TRIASSIC (SANTA MARIA FORMATION) OF BRAZIL. Dinosaur footprints in Jurassic and Cretaceous rocks are common in Brazil, but there are only a few records from Triassic. In Rio Grande do Sul State, tridactyl medium size footprints were found in Carnian rocks. The material proceeds from Predebon outcrop, São João do Polêsine County, Rio Grande do Sul State, that corresponds to the higher portion of the Alemoa Member, Santa Maria Formation. The footprints occur in sandstone lenses. The ichnofossils were identified as dinosaur footprints indet. and as *Grallator?* sp. The footprints should correspond to undertracks, since many superficial characteristics are absent, so that the differences between the footprints could correspond to preservational factors. On the basis of morphologic and stratigraphic criteria, the footprints can be attributed to basal dinosaurs. Some dinosaurs known for the Brazilian Triassic, such as *Staurikosaurus*, *Saturnalia* and *Sacisaurus*, could be the producers of these footprints. The occurrences of dinosaur footprints of the Predebon outcrop correspond to the oldest ones of Brazil, and moreover, they are compatible with the known paleofauna of Alemoa-Caturrita sequence.

**Resumo.** Pegadas de dinossauros do Jurássico e Cretáceo são comuns no Brasil, mas há poucos registros para o Triássico. No Rio Grande do Sul foram encontradas pegadas tridáctilas de médio porte em rochas de idade carniana. O material procede do afloramento Predebon, Município de São João do Polêsine, RS, que corresponde à porção superior do Membro Alemoa da Formação Santa Maria. As pegadas ocorrem em camadas lenticulares de arenito. Os icnofósseis foram identificados como pegadas de dinossauros indeterminadas e *Grallator?* isp. Os icnotos podem corresponder a subpegadas (*undertracks*), visto que muitas características superficiais estão ausentes, de modo que as diferenças entre as pegadas poderiam corresponder a variações preservacionais. Com base em critérios morfológicos e estratigráficos, as pegadas podem ser atribuídas a dinossauros basais. Alguns dinossauros conhecidos no Triássico brasileiro tais como *Staurikosaurus*, *Saturnalia* e *Sacisaurus* poderiam produzir pegadas similares ao material estudado. As ocorrências de pegadas de dinossauros do afloramento Predebon correspondem às mais antigas do Brasil, sendo compatíveis com a paleofauna conhecida para a seqüência Alemoa-Caturrita.

**Key words.** Ichnofossils. Dinosaurs. Carnian. Santa Maria Formation. Paraná Basin.

**Palavras-chave.** Icnofósseis. Dinossauros. Carniano. Formação Santa Maria. Bacia do Paraná.

## Introdução

Registros de pegadas de dinossauros são frequentes no Brasil, especialmente em rochas cretáceas, com ocorrências nos estados da Paraíba, Pernambuco, Maranhão, Ceará, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul (e.g. Leonardi, 1994; Carvalho, 1995, 2000; Carvalho *et al.*, 1995a, 1995b; Carvalho e Kattah, 1998; Scheffler e Silva, 2007). No Rio Grande do Sul, além de ocorrências em rochas da

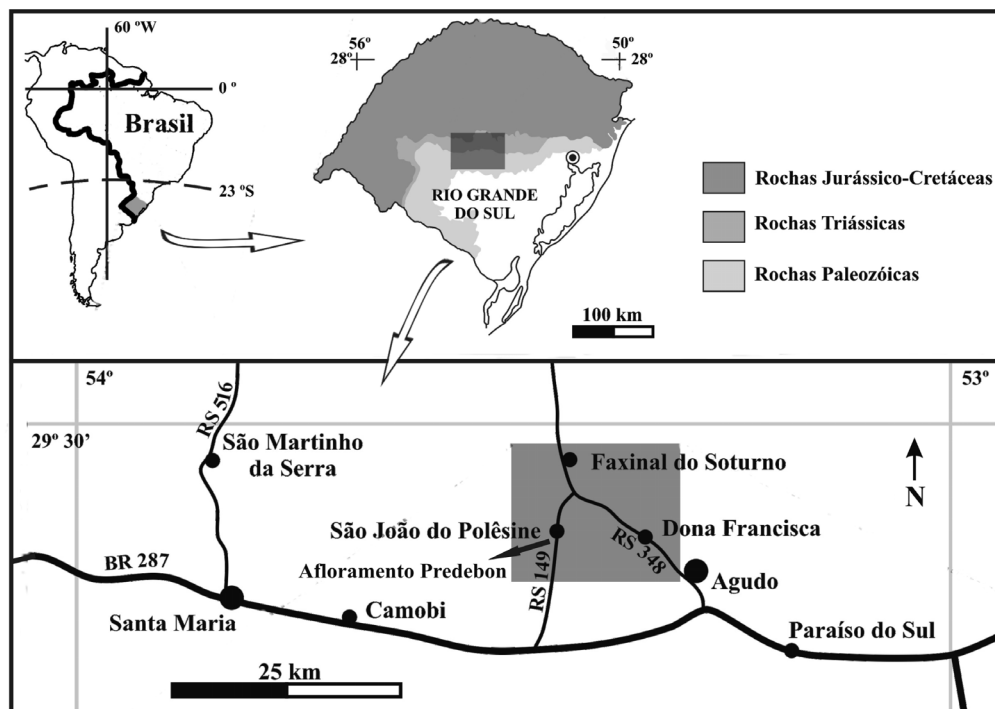
Formação Guará, de possível idade jurássica superior a cretácea inferior (Scherer *et al.*, 2001; Schultz *et al.*, 2003; Dentzien-Dias e Bertoni-Machado, 2005; Dentzien-Dias *et al.*, 2005; Dias e Schultz, 2005), há registros de pegadas de dinossauros triássicos, possivelmente prossaurópodes, em rochas atribuídas então à Formação Caturrita (Silva *et al.*, 2007a).

Na Formação Santa Maria (Triássico Superior da Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul) há registros de pegadas fósseis encontradas apenas recentemente (Silva *et al.*, 2005a, 2005b, 2006, 2007b), tendo sido reconhecidas preliminarmente pegadas de esfenodontídeos e terapsídeos de pequeno porte, além de pegadas tridáctilas de médio porte. A forma de preservação e contexto paleoambiental desta icnocenose foram estudados por Silva *et al.* (2007c, 2008). Há também nessa formação o registro de pegadas sobre um coprólito (Souto, 2001). No presente estudo são estudadas as pegadas dinossaurídes da Formação Santa Maria, o que permitirá inferir características dos organismos que as produziram.

<sup>1</sup>CCMN, IGEO, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, Bloco G, 21.910-200, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

paleoicno@yahoo.com.br / ismar@geologia.ufrj.br

<sup>2</sup>Museu Nacional/UFRJ, Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. fernande@acd.ufrj.br



**Figura 1.** Localização do afloramento Predebon, Formação Santa Maria, Triássico Superior, Bacia do Paraná, Município de São João do Polêsine, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil / location of the Predebon outcrop, Santa Maria Formation, Upper Triassic, Paraná Basin, municipality of São João do Polêsine, Rio Grande do Sul State, Brazil.

## Material e métodos

O material estudado procede do afloramento Predebon (Formação Santa Maria, coordenadas  $29^{\circ} 38' 29,14''$  S;  $53^{\circ} 26' 52,14''$  W), situado no Município de São João do Polêsine, Estado do Rio Grande do Sul (figura 1) e consiste em três amostras com icnofósseis de vertebrados depositadas na coleção paleontológica do Museu de Ciências Naturais (MCN) da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (FZ-BRS), sob os números MCN-PIC.021, MCN-PIC.022 e MCN-PIC.023. Os espécimes encontram-se referenciados através da sigla do Museu de Ciências Naturais (MCN), coleção de Paleontologia-Icnologia (PIC) e número da amostra. O exemplar MCN-PIC.021 foi coletado por Jorge Ferigolo em 2002 e os demais por Rafael C. Silva em 2005.

A preparação das amostras foi feita, sempre que necessária, através de processos mecânicos, sob microscópio estereoscópico. Algumas das amostras foram impregnadas com uma solução de paraloid em acetona, que após a secagem confere endurecimento e impermeabilização à rocha, aumentando sua resistência.

Os parâmetros morfométricos da pegada MCN-PIC.022 foram mensurados com o auxílio do programa Image J (Abramoff *et al.*, 2004). Foram utilizados os seguintes parâmetros (baseados em Leonardi, 1987): comprimento da pegada, divergência interdi-

gital e divergência total. Esses dados permitiram caracterizar o material estudado.

## Contexto geológico

O Grupo Rosário do Sul, depositado durante o Triássico por sistemas continentais fluviais, lacustres e eólicos, é dividido nas formações Pirambóia, Sanga do Cabral, Santa Maria e Caturrita (*sensu* Andreis *et al.*, 1980), sendo as três últimas restritas ao Estado do Rio Grande do Sul.

A Formação Santa Maria foi depositada por um sistema continental flúvio-lacustre (Faccini, 1989; Zerfass *et al.*, 2003; Da-Rosa, 2005) e é dividida nos membros Passo das Tropas e Alemoa (Andreis *et al.*, 1980). O primeiro, mais basal, é formado por conglomerados e arenitos grossos, correspondendo a um sistema fluvial entrelaçado, efêmero e de alta energia (Faccini, 1989; Zerfass *et al.*, 2003). Os arenitos são lenticulares, com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte e laminações plano-paralelas.

O Membro Alemoa apresenta pelitos avermelhados, maciços ou finamente laminados, intercalados com siltitos e arenitos finos, níveis de calcretes e paleosolos (Faccini, 1989; Zerfass *et al.*, 2003; Da-Rosa, 2005). No topo deste membro, os pelitos são intercalados com arenitos tabulares e lenticulares finos a

médios, ricos em intraclastos esbranquiçados, com laminação horizontal e climbing ripples (Schultz *et al.*, 2000). Esses estratos foram acumulados por sistemas deposicionais continentais flúvio-eólicos associados a lagos rasos e localizados (Milani *et al.*, 1994).

Diversos autores estudaram anteriormente a seqüência Alemoa-Caturrita e não há consenso em relação à sua idade, porém a idade carniana é admitida para o topo da Formação Santa Maria (*e.g.* Lucas, 1998, 2001; Scherer *et al.*, 2000; Lucas e Heckert, 2002; Rubert e Schultz, 2004; Langer, 2005). No contexto da Estratigrafia de Seqüências, estes depósitos estão inclusos na Superseqüência Gondwana II definida por Milani (2000) e na seqüência Santa Maria 2 (superseqüência Santa Maria) definida por Zerfass *et al.* (2003).

O afloramento Predebon apresenta cerca de 100 metros de extensão e seis metros de altura (figura 2). A seção estudada corresponde à porção superior do Membro Alemoa da Formação Santa Maria, estando próximo ao contato com a Formação Caturrita. Pode ser dividido em quatro fácies distintas: siltito argiloso avermelhado maciço contendo nódulos calcíferos e fósseis de Rhynchosauria (Fácies 1); arenito fino avermelhado ou esbranquiçado de estrutura tabular com estratificação cruzada acanalada de pequeno porte, nódulos calcíferos no topo da camada e icnofósseis de invertebrados, principalmente *Skolithos* isp. (Fácies 2); arenito fino maciço avermelhado tabular, apresentando laminação horizontal no topo da camada e grande densidade de bioturbações, principalmente *Skolithos* isp. (Fácies 3); arenitos finos avermelhados a alaranjados com laminação horizontal de espessura milimétrica a centimétrica, formando lentes de poucos metros de extensão, com icnofósseis de invertebrados (*Skolithos* isp. e *Arenicolites* isp.) e pegadas fósseis de vertebrados (Fácies 4). Esta fácies apresenta ainda gretas de ressecamento e estruturas de deformação por fluidização, além de eventuais níveis sílticos de espessura milimétrica entre as lâminas de arenito. As fácies 2 e 3 ocorrem intercaladas à fácies 1 na porção inferior do afloramento ao passo que a fácies 4 ocorre intercalada à fácies 1 na porção superior.

As interpretações faciológicas para as rochas da porção superior da Formação Santa Maria são controversas e algumas interpretações diferentes podem ser encontradas na literatura especializada. Por exemplo, os pelitos são tradicionalmente interpretados como corpos d'água lacustres (*e.g.* Faccini, 1989), enquanto os arenitos lenticulares poderiam corresponder a pequenos canais resultantes de eventos de exposição subaérea. Uma explicação mais recente sugere que estes depósitos poderiam ser formados por um sistema fluvial com canais sinuosos a estáveis, onde os pelitos correspondem a depósitos de planície de inundação e os arenitos tabulares aos canais prin-

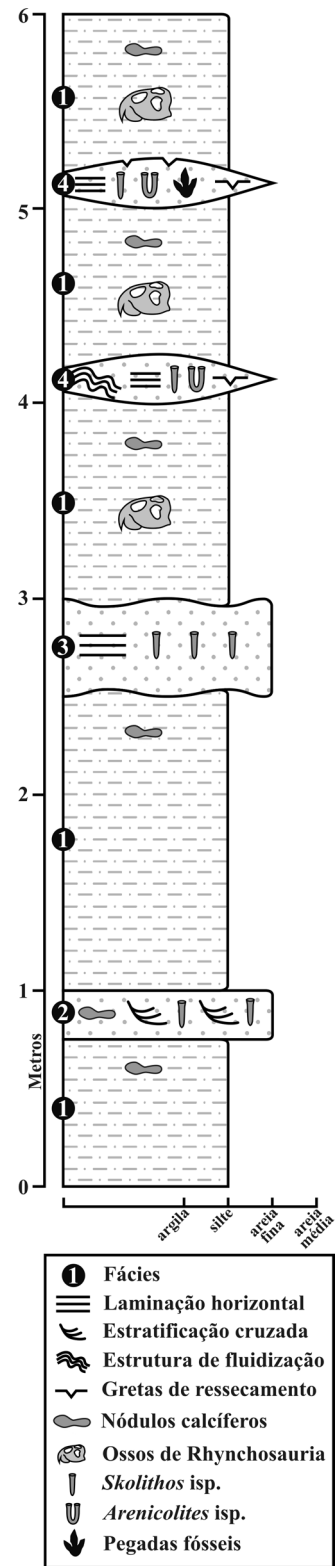


Figura 2. Seção detalhada do afloramento Predebon, Triássico Superior, Carniano, Formação Santa Maria, Bacia do Paraná (modificado de Silva *et al.*, 2007c) / detailed section of Predebon outcrop, Upper Triassic, Carnian, Paraná Basin (modified from Silva *et al.*, 2007c).

cipais, enquanto as pequenas lentes de arenito são interpretadas como depósitos de crevasse (*e.g.* Fonseca

e Scherer, 1998; Schultz *et al.*, 2000). Níveis contendo paleosolos também podem ocorrer.

## Icnologia

### Pegadas de Dinossauros indet.

**Material.** Amostras MCN-PIC.022 (figura 3.1) e MCN-PIC.023 (figura 3.2), provenientes das camadas de arenitos lenticulares, afloramento Predebon.

**Descrição.** Pegadas isoladas preservadas como epirrelevo côncavo em amostras de arenito finamente laminadas, em superfícies com gretas de ressecamento. As camadas mais superficiais encontram-se rompidas enquanto as mais profundas estão deformadas. Não é possível reconhecer se foram produzidas por um autopódio direito ou esquerdo; a margem posterior das pegadas é angulosa. Não ocorrem almofadas falangeais ou plantares. A pegada MCN-PIC.022 é tridáctila e digitigrada com garras e hypexes agudos e apresenta-se parcialmente coberta pelo mesmo tipo de rocha (arenito fino) em sua porção central, a qual não foi retirada durante a preparação a fim de se preservar essa informação. O dígito central apresenta uma constrição em sua porção proximal. O comprimento da pegada, medido ao longo do eixo do dígito central, é de 8,5 cm. Os dígitos direito e central são levemente curvados para o lado direito e apresentam um ângulo de divergência de 57°. O ângulo entre os dígitos central e esquerdo corresponde a 32°. O ângulo de divergência total corresponde a 89°. A porção distal dos dígitos é mais profundamente impressa que o restante das pegadas. A pegada MCN-PIC.023 apresenta dois dígitos preservados e encontra-se quebrada, faltando sua porção direita. Os dígitos apresentam garras e hypexes agudos. O dígito esquerdo apresenta uma pequena constrição em sua porção proximal.

**Discussão.** A princípio, estas pegadas poderiam ser confundidas com impressões de estruturas inorgânicas tais como nódulos calcíferos, abundantes no afloramento. Porém, apresentam ruptura das camadas mais superficiais, enquanto as mais profundas estão deformadas pelo peso do animal produtor, indicando que foram produzidas por carga com o sedimento ainda plástico (ver Allen, 1989). Além disso, a pegada MCN-PIC.022 encontra-se parcialmente coberta por camadas sedimentares do mesmo tipo de rocha, mostrando que não há associação com nódulos calcíferos. A preservação das pegadas MCN-PIC.022 e MCN-PIC.023 não é detalhada o suficiente para uma identificação correta, por isso preferiu-se a denominação informal de pegadas dinossauróides. O animal produtor seria possivelmente tridáctilo, com garras e

bípede. Segundo Thulborn (1989), a altura da cintura pélvica (h) pode ser estimada de acordo com o grupo taxonômico e faixa de tamanho da pegada. Nesse caso, h corresponderia a 4,6 vezes o comprimento da pegada para pequenos dinossauros bípedes (com pegadas de comprimento inferior a 25 cm), o que resulta em uma altura da cintura pélvica de cerca de 40 cm para a pegada MCN-PIC.022.

### Icnogênero *Grallator* Hitchcock, 1858 *Grallator?* isp.

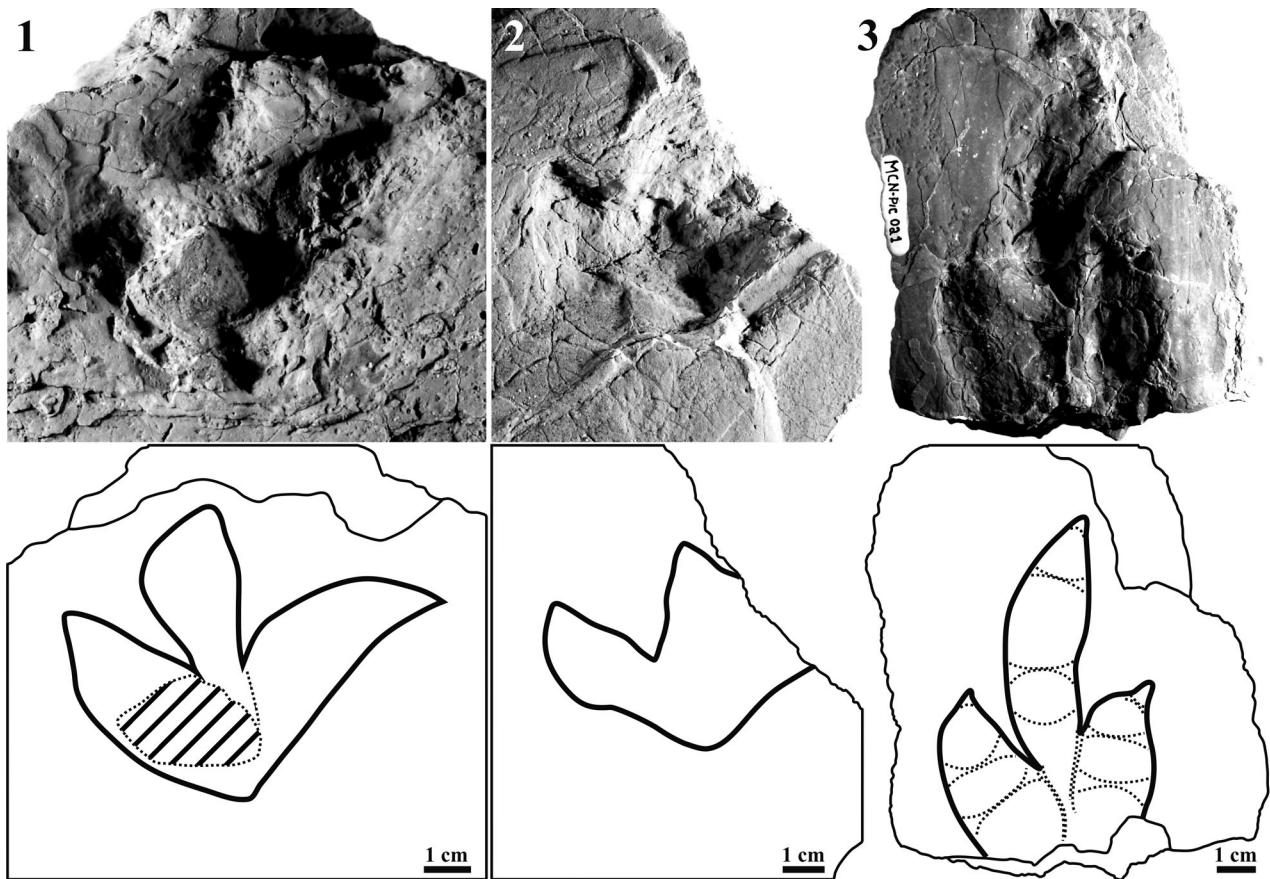
**Material.** Amostra MCN-PIC.021 (figura 3.3), pegada em epirrelevo côncavo, proveniente das camadas de arenitos lenticulares, afloramento Predebon.

**Descrição.** Pegada isolada preservada como epirrelevo côncavo, associada a gretas de ressecamento. As camadas mais superficiais encontram-se rompidas enquanto as mais profundas estão deformadas. É tridáctila, mesaxônica, digitigrada, com garras e hypexes agudos. Sua porção posterior encontra-se quebrada e ausente. Os dígitos são levemente curvados para o lado direito. O dígito central é mais longo que os demais e apresenta três almofadas falangeais preservadas. Os dígitos laterais apresentam duas almofadas falangeais preservadas. O dígito do lado direito é levemente mais curto, podendo corresponder ao dígito II. Nesse caso, a pegada corresponderia à impressão de um pé esquerdo; o ângulo de divergência entre os dígitos II e III seria de 21° e entre os dígitos III e IV seria de 22°. O ângulo de divergência total corresponde a 43°. A pegada é mais profunda na porção média do dígito central.

**Discussão.** Apesar de estar incompleta, esta pegada apresenta características que permitem atribuí-la, ainda que com certo grau de incerteza, ao icnogênero *Grallator*, tais como a presença de três dígitos separados por baixos ângulos interdigitais, dígito III bastante longo em relação aos outros e dígitos II e IV de comprimento semelhante. As pegadas diferem do icnogênero *Anchisauripus* Lull 1904 pelo tamanho menor, já que outras características distintivas, tais como o traço do dígito IV, não foram preservadas. O icnogênero *Grallator*, apesar de ser mais comum no Jurássico Inferior (Haubold, 1986), é também encontrado em rochas do Triássico Superior (a partir do Carniano) da África do Sul (Olsen e Galton, 1984; Raath *et al.*, 1990), Europa e América no Norte (*e.g.* Haubold, 1986), sendo tradicionalmente atribuído a pequenos dinossauros terópodes (Olsen e Galton, 1984).

## Discussão

Os registros de pegadas de dinossauros em ro-



**Figura 3.** Pegadas de dinossauros / dinosaur footprints. 1, Amostra MCN.PIC.022 / sample MCN.PIC.022. 2, Amostra MCN.PIC.023 / sample MCN.PIC.023. 3, Amostra MCN.PIC.021 / sample MCN.PIC.021.

chas triássicas são relativamente comuns, mas questões relativas à identificação do animal produtor e à idade dos icnitos mais antigos continuam sendo motivos de controvérsias. Frequentemente, pegadas tridáctilas são atribuídas a dinossauros. Na Europa, são encontradas em rochas com idade a partir do Triássico Inferior (e.g. Demathieu, 1989; Avanzini, 2002), mas geralmente consistem em ocorrências incertas, com problemas de datação, com interpretações discutíveis ou ainda tratam-se de pegadas produzidas por outros Archosauromorpha (Thulborn, 1990; King e Benton, 1996). Na América do Sul também há ocorrências similares. Marsicano *et al.* (2004) descreveram pegadas tridáctilas atribuídas a Dinosauria ou Dinosauriformes em rochas do Triássico Médio argentino, em que a preservação é pobre e apenas uma das pegadas é claramente preservada, o que torna difícil uma interpretação mais consistente. Entretanto, novos espécimes desta idade registrados por Marsicano *et al.* (2007) mostram uma icnofauna dinossauriana mais diversa do que se supunha inicialmente, embora seja impossível discernir entre terópodes, saurísquios basais e ornitísquios basais. Além destas ocorrências, pegadas atribuídas a

dinossauros terópodes e sauropodomorfos foram registradas em rochas de idade carniana na Formação Portezuelo, Argentina (Marsicano e Barredo, 2004)

As ocorrências de pegadas mais antigas atribuíveis indubitavelmente a Dinosauria procedem de rochas do Carniano, tornando-se comuns a partir no Noriano (e.g. Lockley e Meyer, 2000). Como a porção superior da Formação Santa Maria foi depositada durante o Carniano (e.g. Lucas, 1998, 2001; Scherer *et al.*, 2000; Lucas e Heckert, 2002; Rubert e Schultz, 2004; Langer, 2005), as pegadas MCN-PIC.021, MCN-PIC.022 e MCN-PIC.023 são temporalmente compatíveis com outras ocorrências de pegadas de dinossauros basais e não há evidências de que se tratem de variações preservacionais de pegadas de outros grupos arcossaurianos triássicos. Aspectos morfológicos tais como a presença de dígito III mais longo que os demais, característica bastante evidente na pegada MCN-PIC.021, além de tridactilia e digitigradia, parecem suportar esta possibilidade (Thulborn, 1990). Carrano e Wilson (2001) sugeriram que pegadas de Theropoda poderiam ser distintas de Ornithopoda pelo arranjo assimétrico dos dígitos e diferentes ângulos de divergência do dígito III em relação ao II e

IV, características encontradas nas pegadas MCN-PIC.021 e MCN-PIC.022. Outros critérios que permitem a diferenciação entre esses dois grupos foram listados por Thulborn (1990). No entanto, estes critérios não são confiáveis na diferenciação entre Theropoda e Ornithopoda basais visto que não há características observáveis em pegadas que possam discriminar esses dois grupos (e.g. Olsen *et al.*, 1998). Assim, as pegadas dinossauróides estudadas podem ser simplesmente atribuídas a dinossauros basais, correspondendo às mais antigas do Brasil.

Em relação à preservação das pegadas, Silva *et al.* (2007c, 2008) estudaram as ocorrências da Formação Santa Maria (afloramento Predebon) com base em estruturas indicativas da presença de água, tais como pegadas de seminatação de pequenos tetrápodes, e na presença de gretas de ressecamento. Estes autores classificaram as pegadas em cinco categorias de acordo com a presença de lâmina d'água durante a sua produção e exposição subaérea posterior: pegadas subaquáticas, pegadas semi-aquáticas, pegadas semi-terrestres, pegadas em substrato encharcado e pegadas em substrato úmido. De acordo com a classificação destes autores, as amostras MCN-PIC.021, MCN-PIC.022 e MCN-PIC.023 corresponderiam a pegadas produzidas em substrato úmido e pouco plástico, com exposição subaérea prolongada, visto que apresentam estruturas de deformação características de sedimento lamoso e plástico e gretas indicando o ressecamento posterior do substrato. Com a diminuição do nível d'água, a superfície secou de forma diferencial, ficando levemente endurecida, possibilitando o soterramento das pegadas por uma fina camada de areia por um fluxo d'água com baixa energia (Silva *et al.*, 2007c, 2008; Tucker e Burchette, 1977). A presença de argila misturada à areia aumenta a coesão do sedimento, tornando sua superfície mais resistente quando ressecada (Tucker e Burchette, 1977).

Muitas características superficiais, tais como impressões bem definidas de garras e almofadas falangeais, estão ausentes, o que poderia indicar que os icnitos estudados correspondem a subpegadas (undertracks). No caso da pegada da amostra MCN-PIC.022, a altura da cintura pélvica (h) poderia ser maior, visto que, em sedimentos finos, o comprimento da pegada pode apresentar uma redução proporcional à profundidade da subpegada em relação à superfície original (Milàn e Bromley, 2006). Ainda assim, as pegadas apresentam tanto as camadas deformadas, mais profundas, quanto as camadas mais superficiais, rompidas pelo afundamento do autopódio do animal produtor. Isto constitui uma evidência de que as pegadas preservadas estariam próximas da superfície original na qual foram produzidas, não havendo portanto grandes alte-

rações morfológicas como ocorreriam em subpegadas mais profundas (Allen, 1989). As gretas de ressecamento que ocorrem associadas aos espécimes são de pequeno porte, o que torna difícil interpretar se foram geradas antes ou depois da produção das pegadas. No entanto, algumas gretas de maior porte encontradas na amostra MCN-PIC.023 partem de porções angulares da pegada, indicando que o ressecamento ocorreu depois da sua produção. Segundo Silva *et al.* (2007c, 2008), o mesmo teria ocorrido com pegadas de pequeno porte encontradas no mesmo afloramento. As camadas lenticulares de arenito da porção superior do Membro Alemoa, tais como aquelas de onde procedem as pegadas, são interpretadas por Fonseca e Scherer (1998) e Schultz *et al.* (2000) como depósitos de crevasse em um ambiente de planície de inundação cortada por canais sinuosos a estáveis.

A seqüência composta pelas formações Santa Maria e Caturrita apresenta fósseis de alguns dos dinossauros mais antigos do mundo, como o Theropoda *Staurikosaurus pricei* Colbert 1970, proveniente de rochas da Formação Santa Maria, e outros dinossauros encontrados nos últimos anos, tais como os Saurischia *Saturnalia tupiniquim* Langer, Abdala, Richter e Benton 1999 e *Guaibasaurus candelariensis* Bonaparte, Ferigolo e Ribeiro 1999, o Sauropodomorpha *Unaysaurus tolentinoi* Leal, Azevedo, Kellner e Da Rosa 2004 e o Dinosauriformes *Sacisaurus agudoensis* Ferigolo e Langer 2006. Embora uma associação direta de pegadas fósseis com táxons conhecidos através de esqueletos não seja viável, uma breve comparação com alguns dos dinossauros triássicos brasileiros pode trazer informações sobre o animal produtor das pegadas. Os dinossauros *Staurikosaurus*, *Saturnalia* e *Sacisaurus* apresentam dimensões compatíveis com as pegadas encontradas, mas *Guaibasaurus* e *Unaysaurus* apresentam porte grande demais para serem os produtores (Bonaparte *et al.*, 1999; Leal *et al.*, 2004), a menos que se tratassem de formas jovens, o que não pode ser verificado. A anatomia dos pés de *Staurikosaurus* não é conhecida, visto que os autopódios não foram preservados nos fósseis conhecidos, mas como trata-se de um terópode semelhante ao *Herrerasaurus* Reig 1963, este é sempre reconstituído com pés funcionalmente tridáctilos, com o dígito III mais longo que os demais (e.g. Novas, 1994; Kellner, 2000). Segundo Langer (2003), *Saturnalia* apresentava pés funcionalmente tridáctilos, com os três metatarsais centrais formando uma unidade mais delgada que nos demais prossaurópodes e em *Herrerasaurus*, sendo o metatarsal III mais longo que os demais, o que o torna morfológicamente compatível com as pegadas estudadas. No caso de *Sacisaurus*, apenas as falanges

ungueais são conhecidas e pouca informação pode ser obtida sobre a anatomia dos pés além do fato de apresentarem garras pontiagudas (Ferigolo e Langer, 2006), característica encontrada também nas pegadas estudadas. Dessa forma, *Staurikosaurus*, *Saturnalia* e *Sacisaurus* poderiam produzir pegadas similares ao material estudado, embora não seja possível definir qual deles seria o mais próximo morfologicamente do animal produtor. As ocorrências de pegadas de dinossauros do afloramento Predebon constituem as únicas seguramente identificadas do Triássico do Rio Grande do Sul, sendo compatíveis com a paleofauna conhecida para a seqüência Alemoa-Caturrita.

## Conclusões

As pegadas tridáctilas do afloramento Predebon (Formação Santa Maria) foram identificadas como pegadas de dinossauros indet. e *Grallator?* isp., sendo atribuídas a dinossauros basais. Os gêneros *Staurikosaurus*, *Saturnalia* e *Sacisaurus*, conhecidos em rochas da seqüência Alemoa-Caturrita, seriam próximos morfologicamente do animal produtor das pegadas. As ocorrências de pegadas de dinossauros da Formação Santa Maria constituem às únicas seguramente identificadas para o Triássico do Rio Grande do Sul e correspondem às mais antigas do Brasil.

## Agradecimentos

À A.M. Ribeiro e J. Ferigolo (Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul) pelo auxílio curatorial com o material; ao H. Zerfass e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) pelas críticas, elaboração da seção estratigráfica do afloramento Predebon e apoio nos trabalhos de campo concomitantes com o mapeamento geológico da área realizado pela instituição mencionada; ao A.J. Predebon, proprietário da área onde se situa o afloramento. O apoio financeiro ao desenvolvimento deste estudo foi realizado através do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, bolsa no E-26/152.541/2006), FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa no Estado do Rio de Janeiro) e CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

## Bibliografia

- Abramoff, M.D., Magelhaes, P.J. e Ram, S.J. 2004. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International* 11: 36-42.
- Allen, J.R.L. 1989. Fossil vertebrate tracks and indenter mechanics. *Journal of the Geological Society* 146: 600-602.
- Andreis, R.R., Bossi, G.E. e Montardo, D.K. 1980. O Grupo Rosário do Sul (Triássico) no Rio Grande do Sul - Brasil. *31º Congresso Brasileiro de Geologia* (Camboriú), *Anais* 2: 659-673.
- Avanzini, M. 2002. Dinosauriform tracks from the Middle Triassic (Anisian) of the Southern Alps (Valle di Non - Italy). *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 41: 37-40.
- Bonaparte, J.F., Ferigolo, J. e Ribeiro, A.M. 1999. A New Early Late Triassic Saurischian Dinosaur from Rio Grande do Sul State, Brazil. *Proceedings of the Second Gondwanan Dinosaur Symposium*, vol. 15, Tokyo, National Science Museum Monographs 15: 89-109.
- Carrano, M.T. e Wilson, J.A. 2001. Taxon distributions and the tetrapod track record. *Paleobiology* 27: 564-582.
- Carvalho, I.S. 1995. As pistas de dinossauros da Ponta da Guia (Bacia de São Luís, Cretáceo Superior - Maranhão, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 67: 413-431.
- Carvalho, I.S. 2000. Huellas de saurópodos de la Formación Antenor Navarro (Cretácico Temprano de la cuenca de Sousa), Serrote do Letreiro, Paraíba, Brasil. *Ameghiniana* 37: 353-362.
- Carvalho, I.S. e Kattah, S.S. 1998. As pegadas fósseis do Paleodeserto da Bacia Sanfranciscana (Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, Minas Gerais). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70: 53-67.
- Carvalho, I.S., Viana, M.S.S. e Filho, M.F. 1995a. Bacia de Cedro: a Icnofauna Cretácea de Vertebrados. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 67: 25-31.
- Carvalho, I.S., Viana, M.S.S. e Filho, M.F. 1995b. Os icnofósseis de dinossauros da Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior, Ceará-Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 67: 433-442.
- Colbert, E.H. 1970. A saurischian dinosaur from the Triassic of Brazil. *American Museum Novitates* 2405: 1-39.
- Da-Rosa, A.A.S. 2005. [Paleoalterações em depósitos sedimentares de planícies aluviais do Triássico Médio a Superior do sul do Brasil: caracterização, análise estratigráfica e preservação fóssilífera. Tese de Doutorado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Brasil, 211 pp.].
- Demathieu, G. 1989. Appearance of the first dinosaur tracks in the french Middle Triassic and their probable significance. Em: D.D. Gillette e M.G. Lockley (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 201-207.
- Dentzien-Dias, P.C. e Bertoni-Machado, C. 2005. New discovers of dinosaurs footprints from Late Jurassic(?) Guará Formation, Southern Brazil. *21º Jornadas Argentinas de Paleontologia de Vertebrados* (Plaza Huincul), *Resúmenes* 1: 15.
- Dentzien-Dias, P.C., Schultz, C.L.S., Scherer C.M.S. e Lavina, E.L.C. 2005. The fossil record from Guará formation (Upper Jurassic), Southern Brazil. *2º Congresso Latino-Americano de Paleontologia de Vertebrados* (Rio de Janeiro), *Anais* 1: 93.
- Dias, P.C.D. e Schultz, C.L.S. 2005. Estimated speeds of dinosaur trackways from Guará formation, Rio Grande do Sul, Brazil. *Paleontologia em Destaque* 20: 38-39.
- Faccini, U.F. 1989. [O Permo-Triássico do Rio Grande do Sul. Uma análise sob o ponto de vista das seqüências deposicionais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, Brasil, 121 p.].
- Ferigolo, J. e Langer, M.C. 2006. A Late Triassic dinosauriform from south Brazil and the origin of the ornithischian predatory bone. *Historical Biology* 19: 1-11.
- Fonseca, M.M. e Scherer, C.M.S. 1998. The Meso and Late Triassic of SouthBrazilian Gondwanaland: a process-oriented analysis and the fluvial deposits. *Hallesches Jahrbuchfur Geowissenschaften* B 5: 51-52.
- Haubold, H. 1986. Archosaur footprints at the terrestrial Triassic-Jurassic transition. Em: K. Padian (ed.), *The Beginning of the Age of Dinosaurs*. Cambridge University Press. Cambridge, pp. 189-201.
- Hitchcock, E. 1858. *Ichnology of New England: a report on the Sandstone of the Connecticut Valley and its Fossil Footmarks*. W.White. Boston, 220 pp.
- Kellner, A.W.A., 2000. Brief review of dinosaur studies and perspectives in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 72: 509-538.
- King, M.J. e Benton, M.J. 1996. Dinosaurs in the Early and Mid Triassic?-The footprint evidence from Britain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 122: 213-225.
- Langer, M.C. 2003. The pelvic and hind limb anatomy of the stem-sauropodomorph *Saturnalia tupiniquim* (Late Triassic, Brazil). *PaleoBios* 23: 1-30.

- Langer, M.C. 2005. Studies on continental Late Triassic tetrapod biochronology. I. The type locality of *Saturnalia tupiniquim* and the faunal succession in south Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 19: 205-218.
- Langer, M.C., Abdala, F., Richter, M. e Benton, M. 1999. A sauropodomorph dinosaur from the Upper Triassic (Carnian) of southern Brazil. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences* 329: 511-517.
- Leal, L.A., Azevedo, S.A., Kellner, A.W.A. e Da-Rosa, A.A.S., 2004. A new early dinosaur (Sauropodomorpha) from the Caturrita Formation (Late Triassic), Paraná Basin, Brazil. *Zootaxa* 690: 1-24.
- Leonardi, G. (ed.). 1987. Glossary and manual of Tetrapod footprint Palaeoichnology. DNP. *Brasília*, 117 pp.
- Leonardi, G. 1994. Annotated Atlas of South America Tetrapods Footprints (devonian to Holocene) with an appendix on Mexico and Central America. CPRM. *Brasília*, 248 pp.
- Lockley, M.G. e Meyer, C. 2000. *Dinosaurs Tracks and other fossil footprints of Europe*. Columbia University Press. New York, 323 pp.
- Lucas, S.G. 1998. Global Triassic tetrapod biostratigraphy and biochronology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 143: 347-384.
- Lucas, S.G. 2001. Age and correlation of Triassic tetrapod assemblages from Brazil. *Albertiana* 26: 13-20.
- Lucas, S.G. e Heckert, A.B. 2002. The *Hyperodapedon* Biochron, Late Triassic of Pangea. *Albertiana* 27: 30-38.
- Lull, R.S. 1904. Fossil footprints of the Jura-Trias of North America. *Memoirs of the Boston Museum of Natural History* 5: 461-557.
- Marsicano, C.A. e Barredo, S.P. 2004. A Triassic tetrapod footprint assemblage from southern South America: palaeobiogeographical and evolutionary implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203: 313-335.
- Marsicano, C.A., Domnanovich, N.S. e Mancuso, A.C. 2007. Dinosaur origins: evidence from the footprint record. *Historical Biology* 19: 83-91.
- Marsicano, C.A., Arcucci, A.B., Mancuso, A.C. e Caselli, A.T. 2004. Middle Triassic tetrapod footprints of southern South America. *Ameghiniana* 41: 171-184.
- Milàn, J. e Bromley, R.G. 2006. True tracks, undertracks and eroded tracks, experimental work with tetrapod tracks in laboratory and field. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 231: 253-264.
- Milani, E.J. 2000. Geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental e a evolução geológica da Bacia do Paraná. Em: M. Holz e L.F. De Ros (eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO/UFRGS. Porto Alegre, pp. 275-302.
- Milani, E.J., França, A.B. e Schneider, R.L. 1994. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS* 8: 69-82.
- Novas, F.E. 1994. New information on the systematics and postcranial skeleton of *Herrerasaurus ischigualastensis* (Theropoda: Herrerasauridae) from the Ischigualasto Formation (Upper Triassic) of Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 13: 400-423.
- Olsen, P.E. e Galton, P.M. 1984. A review of the Reptile and Amphibian Assemblages from the Stormberg of Southern Africa, with special emphasis on the footprints and age of the Stormberg. *Palaeontologia Africana* 25: 87-110.
- Olsen, P.E., Smith, J.B. e McDonald, N.G. 1998. Type material of the type species of the classic theropod footprint genera *Eubrontes*, *Anchisauripus*, and *Gallator* (Early Jurassic, Hartford and Deerfield Basins, Connecticut and Massachusetts, USA). *Journal of Vertebrate Paleontology* 18: 586-601.
- Raath, M.A., Kitching, J.W., Shone, R.W. e Rossouw, G.J. 1990. Dinosaur tracks in Triassic Molteno sediments: the earliest evidence of dinosaurs in South Africa. *Palaeontologia africana* 27: 89-95.
- Reig, O.A. 1963. La presencia de dinosaurios saurisquios en los "Estratos de Ischigualasto" (Mesotriásico Superior) de las provincias de San Juan y La Rioja (República Argentina). *Ameghiniana* 3: 3-20.
- Rubert, R.R. e Schultz, C.L. 2004. Um novo horizonte de correlação para o Triássico Superior do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências* 31: 71-88.
- Scheffler, S.M. e Silva, R.C. 2007. Pegadas Fósseis do Município de Nioaque, Estado do Mato Grosso do Sul. *Paleontologia em Destaque* 22: 31.
- Scherer, C.M.S., Faccini, U.F. e Lavina, E.L. 2000. Arcabouço estratigráfico do Mesozóico da Bacia do Paraná. Em: M. Holz e L.F. De Ros (eds.), *Geologia do Rio Grande do Sul*, CIGO/UFRGS. Porto Alegre, pp. 335-354.
- Scherer, C.M.S., Schultz, C.L., Holz, N. e Kischlat, E.E. 2001. Pegadas de paleotetrápodes em seções verticais: o exemplo da Formação Guará, Jurássico Superior, Rio Grande do Sul. Em: *17º Congresso Brasileiro de Paleontologia* (Rio Branco), *Anais* 1: 21.
- Schultz, C.L., Scherer, C.M.S. e Barberena, M.C. 2000. Biostratigraphy of Southern Brazilian Middle-Upper Triassic. *Revista Brasileira de Geociências* 30: 495-498.
- Schultz, C.L., Dias, P.C.D., Scherer, C.M.S. e LAVINA, E.L.C. 2003. Icnofósseis da Formação Guará (Jurássico Superior?), Bacia do Paraná, RS. *18º Congresso Brasileiro de Paleontologia* (Brasília), *Anais* 1: 256-257.
- Silva, R.C., Ferigolo, J., Carvalho, I.S. e Fernandes, A.C.S. 2005a. A new vertebrate ichnocoenosis from the Triassic of Brazil. *Gondwana* 12 (Mendoza), *Abstracts* 1: 115.
- Silva, R.C., Ferigolo, J., Ribeiro, A.M., Carvalho, I.S. e Fernandes, A.C.S. 2005b. Ocorrência de pegadas fósseis no Grupo Rosário do Sul, Triássico do Estado do Rio Grande do Sul. *Paleontologia em Destaque* 20: 38.
- Silva, R.C., Ferigolo, J., Carvalho, I.S. e Fernandes, A.C.S. 2006. Pegadas fósseis de Cynodontia (Therapsida) e Theropoda (Dinosauria) do Triássico da Bacia do Paraná. *Revista Ciência e Natura volume especial*, agosto, p. 38.
- Silva, R.C., Carvalho, I.S. e Schwanke, C. 2007a. Vertebrate dinosaurian from the Caturrita Formation (Late Triassic, Paraná Basin), Rio Grande do Sul State, Brazil. *Gondwana Research* 11: 303-310.
- Silva, R.C., Ferigolo, J., Carvalho, I.S. e Fernandes, A.C.S. 2007b. Morfologia funcional das pegadas de esfenodontídeos do Triássico Superior (Formação Santa Maria) do Sul do Brasil. *Paleontologia em Destaque* 22: 33.
- Silva, R.C., Carvalho, I.S., Fernandes, A.C.S. e Ferigolo, J. 2007c. Preservação e contexto paleoambiental das pegadas de tetrápodes da Formação Santa Maria (Triássico Superior) do Sul do Brasil. Em: I.S. Carvalho, R.C.T. Cassab, C. Schwanke, M.A. Carvalho, A.C.S. Fernandes, M.A.C. Rodrigues, M.S.S. Carvalho, M. Arai e M.E.Q. Oliveira (eds.), *Paleontologia: Cenários da Vida*. Editora Interciência, Rio de Janeiro 1: 525-532.
- Silva, R.C., Ferigolo, F., Carvalho, I.S. e Fernandes, A.C.S. 2008. Lacertoid footprints from the Upper Triassic (Santa Maria Formation) of Southern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 262: 140-156.
- Souto, P.R.F. 2001. Tetrapods Coprolites from the Middle Triassic of Southern Brazil. *Gaia* 16: 51-57.
- Thulborn, T. 1989. The gaits of Dinosaurs. Em: D.D. Gillette e M.G. Lockley (eds.), *Dinosaur Tracks and Traces*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 39-50.
- Thulborn, T. 1990. *Dinosaur Tracks*. Chapman & Hall. Londres, 410 pp.
- Zerfass, H., Lavina, E.L., Schultz, C.L., Garcia, A.G.V., Faccini, U.F. e Chemale Jr., F. 2003. Sequence stratigraphy of continental Triassic strata of southernmost Brazil: a contribution to Southwestern Gondwana palaeogeography and palaeoclimatic. *Sedimentary Geology* 161: 85-105.

**Recibido:** 23 de noviembre de 2007.

**Aceptado:** 18 de agosto de 2008.