

Paleotoca do Município de Cristal, RS

Registro da atividade fossorial de mamíferos gigantes extintos no sul do Brasil

Francisco Sekiguchi Buchmann¹

Renato Pereira Lopes²

Felipe Caron³

¹ Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia, UNESP, Praça Inf. D. Henrique, s/nº, 11330-900, São Vicente, SP. paleonchico@yahoo.com.br

² Instituto de Oceanografia, FURG, Campus Carreiros, Av. Itália, km 08, 96201-900, Rio Grande, RS. paleonto_furg@yahoo.com.br

³ Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, 91509-900, Porto Alegre, RS. caronfelipe@yahoo.com

© Buchmann,F.S.; Lopes,R.P.; Caron,F. 2010. Paleotoca do Município de Cristal, RS - Registro da atividade fossorial de mamíferos gigantes extintos no sul do Brasil. *In*: Winge,M.; Schobbenhaus,C.; Souza,C.R.G.; Fernandes,A.C.S.; Berbert-Born,M.; Sallun filho,W.; Queiroz,E.T.; (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Publicado na Internet em 12/05/2010 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio048/sitio048.pdf> [atualmente <https://sigep.eco.br/sitio048/sitio048.pdf>]

[Ver versão final do **CAPÍTULO IMPRESSO** em: Winge, M. *et al.*(Ed.). 2013. Sítios geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: CPRM, 2013, 332p.; v.3. il. 30cm. ISBN 978-85-7499-198-6]

(A referência bibliográfica de autoria acima é requerida para qualquer uso deste artigo em qualquer mídia, sendo proibido o uso para qualquer finalidade comercial)

Paleotoca do Município de Cristal, RS

Registro da atividade fossorial de mamíferos gigantes extintos no sul do Brasil

SIGEP 048 *

Francisco Sekiguchi Buchmann¹

Renato Pereira Lopes²

Felipe Caron³

RESUMO – Em anos recentes, estruturas na forma de túneis de grandes dimensões, abertas ou preenchidas por sedimentos, têm sido encontradas em diversos locais do Rio Grande do Sul, escavados em substratos constituídos por diferentes tipos de rochas intemperizadas. Quando abertos, os túneis recebem o nome de paleotocas, e quando preenchidos são denominados crotovinas. A primeira dessas estruturas desobstruídas foi encontrada no município de Cristal (RS), escavada em sedimentos terciários. As dimensões da estrutura, as marcas de escavação e marcas de osteodermos presentes ao longo das paredes do túnel sugerem que tenha sido produzido por um xenartro dasipodídeo (tatu-gigante). Tal achado tem inestimável valor paleontológico por possibilitar fazer inferências a respeito do comportamento do organismo que a produziu e fornecer informações mais detalhadas a respeito da paleoecologia e bioestratigrafia.

Palavras-chave: icnofósseis; paleotocas; crotovinas; tatu-gigante; Dasypodidae

Paleoburrow of Cristal county, State of Rio Grande do Sul

Record of fossorial activity of extinct giant mammals in southern Brazil

ABSTRACT – In recent years, large tunnel-like structures, both filled with sediments or open, have been found in several places in the states of Rio Grande do Sul, all dug in different types of weathered rocks. The open tunnels are called paleoburrows, and those that are filled are called crotovinas. The first of these structures found open was identified in Cristal county, State of Rio Grande do Sul, dug in tertiary sediments. The dimensions of the structure, plus digging marks and imprints of osteoderms found along the tunnel walls suggest that a dasypodid xenarthran (giant-armadillo) was responsible for its construction. Such finding have a remarkable palaeontological value because it makes possible to make inferences regarding the behavior of the organism responsible for its digging as well as provide more detailed palaeoecological and biostratigraphical informations.

Key words: ichnofossils; paleoburrows; crotovinas; giant-armadillo; Dasypodidae

* Publicado na Internet em 12/05/2010 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio048/sitio048.pdf>

¹ Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia, UNESP, Praça Inf. D. Henrique, s/nº, 11330-900, São Vicente, SP. paleonchico@yahoo.com.br

² Instituto de Oceanografia, FURG, Campus Carreiros, Av. Itália, km 08, 96201-900, Rio Grande, RS. paleonto_furg@yahoo.com.br

³ Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, 91509-900, Porto Alegre, RS. caronfelipe@yahoo.com

INTRODUÇÃO

As alterações que são produzidas no substrato inconsolidado por organismos durante a realização das suas atividades são denominadas estruturas sedimentares biogênicas. Quando essas estruturas encontram-se preservadas no registro geológico recebem o nome de traços fósseis ou icnofósseis (Bromley, 1990).

Embora a maior parte dos organismos responsáveis pela produção de icnofósseis sejam invertebrados que vivem enterrados ou escavam o sedimento para se alimentar, existem também icnofósseis produzidos por vertebrados que vivem em ambiente terrestre. Representados principalmente por marcas de deslocamento, como rastros e pegadas, tais fósseis são feições relativamente comuns no registro geológico.

No território brasileiro, são registrados icnofósseis produzidos por diversos tipos de vertebrados, em variados paleoambientes, como mesossauros em ambiente marinho da Formação Irati (Sedor & Silva, 2004) e répteis terrestres da Formação Rio do Rasto (Leonardi *et al.*, 2002), ambas do Permiano; lacertóides em ambiente fluviais triássicos da Formação Santa Maria (Silva *et al.*, 2008); tetrápodes do Jurássico em arenitos de origem desértica das formações Guará e Botucatu (Leonardi & Carvalho, 1999; Schultz *et al.*, 2002), dinossauros do Cretáceo em sedimentos fluviais, aluviais, lacustres e costeiros nas bacias da região nordeste (Carvalho, 2004) e um urólito atribuído a dinossauros (Fernandes *et al.*, 2004).

Com relação a mamíferos, os primeiros icnofósseis registrados no Brasil são grandes estruturas mencionadas por Tomazelli *et al.* (1987) e

descritas por Bergqvist & Maciel (1994). Esses autores identificaram estruturas sub-circulares a elípticas medindo entre 74 e 105 cm de diâmetro, como túneis escavados por mamíferos. Como se encontram preenchidos por sedimentos, foram classificados como crotovinas.

Em 2003, Buchmann e colaboradores identificaram em um afloramento às margens da BR-

116 no município de Cristal (RS), diversas outras crotovinas, similares às descritas por Bergqvist & Maciel (1994). Além das crotovinas, na base do afloramento foi encontrado um túnel de diâmetro similar, porém desobstruído. Por estar aberto, possibilitando acesso ao seu interior, foi classificado como paleotoca (Fig. 1)



Figura 1 - (A) A paleotoca (na porção inferior da foto) e uma crotoquina, expostas no barranco da estrada. **(B)** Aspecto geral do barranco onde as crotovinas e paleotoca (aqui com a entrada obstruída, indicada pela seta) foram encontradas.

Figure 1 - (A) The paleoburrow (in the lower portion of the photo) and a crotoquina, exposed on the bank of the road. **(B)** General view of the bank where the crotovinas and paleoburrow (here with its entrance covered, indicated by the arrow) were found.

Uma vez que são consideradas estruturas de moradia temporária ou permanente, podem ser incluídas na classe etológica *Domichnia* (Seilacher, 1953; Frey, 1975; Bromley, 1990). No registro fóssilífero, estruturas desse tipo também foram atribuídas a arcossauromorfos, terapsídeos e cinodontes permo-triássicos (Groenwald *et al.*, 2001; Smith & Swart, 2002; Damiani *et al.*, 2003; Abdala *et al.*, 2006), dinossauros cretácicos (Varrichio *et al.*, 2007) e mamíferos (Voorhies, 1975; Martin & Bennett, 1977). Por serem evidência de comportamento e potencialmente conterem fósseis preservados em seu interior, são valiosas fontes de dados paleoecológicos e paleobiológicos sobre as espécies que as produziram.



Figura 2 – Localização da paleotoca de Cristal (indicada pelo círculo)

Figure 2 – Location of the paleoburrow of Cristal (indicated by the dot)

As paleotocas e crotovinas na América do Sul foram primeiramente descritas em afloramentos do litoral argentino entre as cidades de Mar del Plata e Miramar (Província de Buenos Aires), em sedimentos arenolamosos de idade Plio-Pleistoceno (Ameghino, 1908; Kraglievich, 1952). Nestes afloramentos, são encontrados icnofósseis com diâmetros entre 0,7 e 1,5 m, inicialmente atribuídos a xenartros dasipodídeos

(Zárate & Fasano, 1989; Quintana, 1992; Zárate *et al.*, 1998; Vizcaíno *et al.*, 2001). Estruturas menores, com cerca de 13 cm de diâmetro, foram associadas à atividade de micromamíferos, como os roedores do gênero *Actenomys* (Rodentia, Octodontidae) e outros animais cavadores extintos de pequeno porte (Genise, 1989). O trabalho de Genise (1989) analisou cerca de 200 crotovinas; o abundante registro de icnofósseis com seus construtores (*Actenomys*) fossilizados no interior das galerias gerou estudos sobre a morfologia funcional e a paleobiologia desses organismos, possibilitando inferir a evolução do modo de vida subterrâneo (Santis & Morcira, 2000; Fernández *et al.*, 2000).

LOCALIZAÇÃO DO SÍTIO

A paleotoca aqui apresentada foi encontrada no município de Cristal, Estado do Rio Grande do Sul, cerca de 150 km de Porto Alegre, situada às margens da rodovia BR-116 (Fig. 1). Durante a escavação da margem da estrada para a construção de um estacionamento, ao lado de um parquinho, foram expostas 6 crotovinas e uma paleotoca situadas nas coordenadas geográficas 30° 59' 39" S – 52° 02' 39" W (Fig. 2).

DESCRIÇÃO DO SÍTIO

Contexto Geológico

A matriz sedimentar em que as estruturas foram escavadas são constituídas por areias grossas em matriz siltico-argilosa maciça, de natureza arcoseana, resultante da alteração de rochas graníticas do Escudo Sul-Rio-grandense e depositada sob a forma de leques aluviais (Tomazelli & Villwock, 2000). Esses depósitos são oriundos de processos de fluxo de grão em encosta ocorridos principalmente durante o Terciário, principalmente entre o Mioceno e Plioceno (Tomazelli & Villwock, 2000).

Características da paleotoca

A paleotoca foi encontrada em um afloramento em um terreno que contém um barranco com cerca de 30 m de largura e 5 m de altura. Acima deste, passa uma estrada onde se encontra outro barranco com mais de 5 m de altura, sendo identificada uma crotovina. Segundo informações dos operários da obra, cerca de 30 m da paleotoca foram destruídos durante a escavação do barranco da estrada (talude).

Quando encontrada a paleotoca apresentava-se com a sua entrada semipreenchida por sedimentos inconsolidados (Fig. 1A) interpretados como de preenchimento parcial, causado principalmente pela erosão pluvial do material oriundo da própria galeria. Após a remoção constatou-se que os primeiros 8 m

do túnel encontravam-se parcialmente alagados (Fig. 3A) e o restante o apresentava-se desobstruído, permitindo acesso até o fim da estrutura (Fig. 3B). O levantamento topográfico revelou um túnel com 37 m de comprimento, pouco sinuoso, com alinhamento norte-sul e apresentando uma ramificação transversal em sua porção média (Fig. 3C). Foram feitas 33 medidas, de metro em metro, que mostraram largura média de 1,46 m e altura média de 0,9 m. A maior e menor largura foram, respectivamente, de 2,13 m e 1,18 m; a máxima e mínima altura foram de 1,13 m e

0,68 m. A seção transversal da paleotoca varia de subcircular a subelíptica (Fig. 3). A diferença altimétrica mostrou um desnível ascendente de 2 m entre a entrada e o final da galeria. As áreas com maior largura e formato arredondado foram atribuídas a câmaras de giro. A ramificação transversal mede 3,5 m de comprimento e apresenta largura média 0,82 m e altura média de 0,78 m, variando entre 0,7 m e 1,15 m de altura. O tamanho do organismo gerador deve ser menor que a largura mínima (1,18 m), e altura mínima (0,68 m) da galeria.

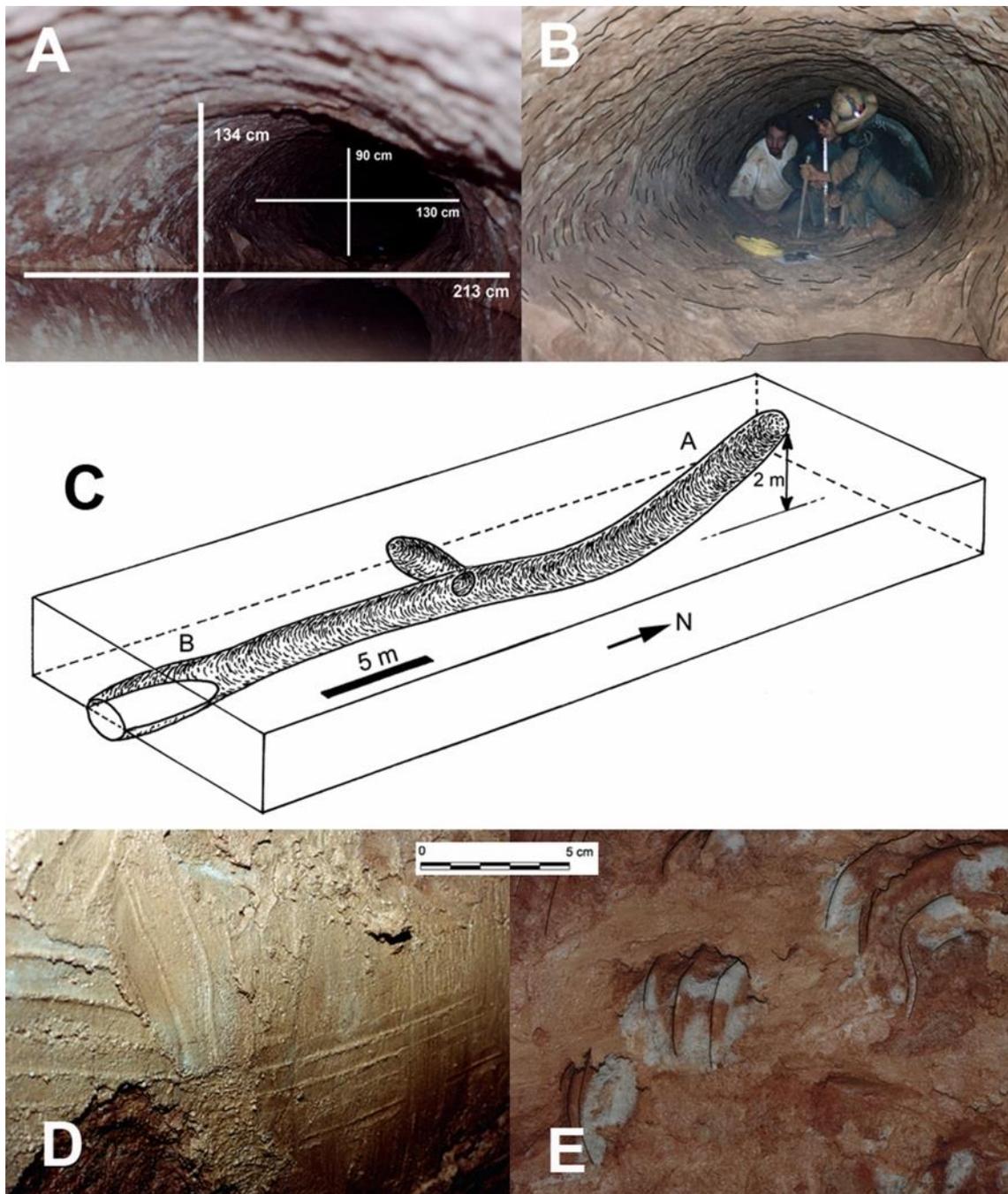


Figura 3 - Representação gráfica da paleotoca. **A** - Entrada semi-inundada. **B** - Interior da estrutura. **C** - Morfologia geral da paleotoca. **D** - Marcas do Tipo I. **E** - Marcas do Tipo II.

Figure 3 - Graphic representation of the paleoburrow. **A** - the entrance, half-flooded. **B** - View of the interior of the structure. **C** - General morphology of the paleoburrow. **D** - Type I imprints. **E** - Type II imprints.

A natureza siltico-argilosa da matriz sedimentar da paleotoca permitiu que fossem impressas ao longo das paredes internas diversas marcas paralelas atribuídas ao organismo que as construiu. A partir da entrada e principalmente na porção final da galeria, foram identificadas marcas que apresentavam um melhor potencial de preservação. Então se propôs a classificação em dois tipos de marcas: Tipo I (cristas paralelas longas e estreitas) e Tipo II (sulcos curtos profundos). As marca Tipo I são múltiplas (até 10 marcas paralelas), medem entre 10 a 14 mm de largura divididas por cristas de 2 a 3 mm de altura destacando-se da parede (Fig 3D). As marcas Tipo II ocorrem em grupos de 3 ou 4 e têm cerca de 30 a 40 mm de largura e 12 mm de profundidade (Fig. 3E).

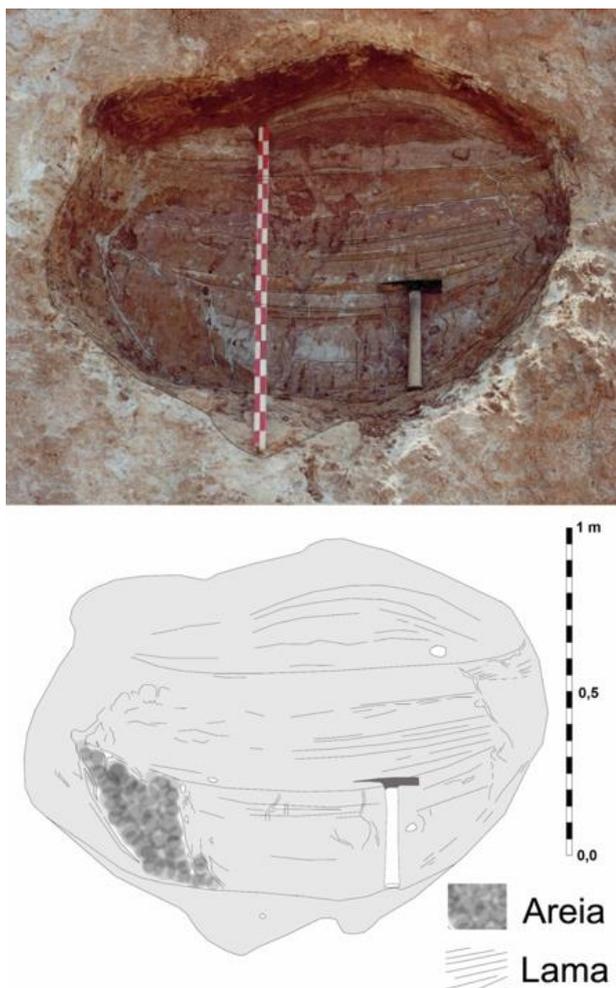


Figura 4 - Uma das crotovinas de Cristal, mostrando preenchimento por camadas distintas de areia e lama. Escalas = 1 m.

Figure 4 - One of the crotovinas in Cristal (RS), exhibiting distinct sand and mud layers. Scale bars = 1 m.

Além da paleotoca, no mesmo afloramento foram encontradas mais 6 crotovinas. Distinguem-se da matriz circundante pela diferença na textura, coloração e principalmente a estratificação dos depósitos que as preenche. Das 6 crotovinas encontradas, destacou-se uma, que se apresenta bem

preservada pelo baixo grau de erosão e intemperismo, possibilitando uma análise detalhada do preenchimento (Fig. 4). Nestes depósitos foram observadas características de estratificação, com alternância de camadas milimétricas a decimétricas de lama e areia, com colorações que variavam do bege-claro a marrom-avermelhado. Também foram observados em corte, preenchimentos verticais de areia sobre as camadas lamosas. Estas estruturas sugerem um ressecamento pela exposição aérea destas camadas e formação de gretas (*mud cracks*) que, posteriormente, em outro evento de sedimentação foram preenchidas por material arenoso.

A ausência de restos fósseis no interior das galerias impede a precisa identificação do vertebrado responsável por sua escavação. A fim de tentar estabelecer a identificação do organismo construtor da paleotoca, compararam-se as marcas ao longo das paredes internas com os dados disponíveis na literatura.

As marcas do Tipo I, cristas múltiplas e paralelas, foram interpretadas como impressões da carapaça de um dasipodídeo (tatu-gigante) durante a locomoção no interior da paleotoca. As marcas do Tipo I tem largura de 1 cm, dimensões equivalentes aos osteodermos das cintas móveis na porção intermediária da carapaça de um *Propraopus* (Paula Couto, 1980a,b, 1982; Pitana & Ribeiro, 2007; Ríncón *et al.* 2008) e bastante diferentes da descrição de osteodermos de *Pampatherium* e *Holmesina*, ambos com 3 cm de largura (Edmond, 1985a,b; Scillato-Yané *et al.*, 2005; Chávez-Aponte *et al.*, 2008; Ríncón *et al.*, 2008). Os gliptodontes também foram descartados, pois têm osteodermos com 5 cm de largura (Paula Couto, 1973; Hill, 2006; Ríncón *et al.*, 2008). As marcas de carapaça (marca Tipo I), além de descartar as preguiças-gigantes, sugerem que o escavador das galerias era um cingulado. A comparação com a literatura permite sugerir que um organismo fossorial semelhante a *Propraopus* (Fig. 5) ou *Eutatus* foi responsável pelas marcas, excluindo *Pampatherium* e *Holmesina*.

Os sulcos curtos e profundos (Tipo II) foram interpretados como marcas de garras, resultantes do processo de escavação da paleotoca. As garras dianteiras (4 dedos) e traseiras (5 dedos) produziram marcas de larguras e profundidades diferentes em função das diferenças de densidade, compactação e do teor de umidade da rocha alterada. Não se descarta a possibilidade de que marcas diferentes possam ter sido feitas por diferentes organismos, que teriam reocupado sucessivamente a estrutura após a morte ou abandono do construtor original.

A primeira descrição do interior de uma paleotoca foi feita na Argentina por Quintana (1992), que sugeriu que a escavação de paleotocas poderia ser atribuída a mamíferos cingulados da Família Dasypodidae. Zárate *et al.* (1998) interpretaram as paleotocas como escavações feitas por dasipodídeos

de grande tamanho, como *Pampatherium* sp. e/ou *Holmesina* sp. (Pampatheriinae), e *Eutatus* sp. e/ou *Propraopus* sp. (Dasypodinae). Saffer *et al.* (2003) registraram fósseis de preguiça-gigante (*Scelidotherium* sp.) no interior de uma paleotoca, cuja presença foi atribuída a uma fase de reocupação da mesma, após o abandono pelo construtor original. Recentemente, Soibelzon *et al.* (2009) identificaram uma paleotoca contendo restos de uma fêmea de ursídeo *Arctotherium angustidens* e seus dois filhotes, indicando ser uma moradia pelo menos temporária. Estudos biomecânicos de Bargo *et al.* (2000) e Vizcaíno *et al.* (2001), baseados no índice de fossoriabilidade, sugerem que os Mylodontidae do Lujanense da Argentina (*Scelidotherium*, *Glossotherium* e *Lestodon*) teriam hábitos cavadores e seriam capazes de escavar galerias. Abrantes *et al.* (2003) discorda, sugerindo que apenas *Megalocnus* (Megalonychidae) teria hábito fossorial, sendo o único Phyllophaga (preguiça-gigante) apto para atuar como cavador de tocas.

Quintana (1992) descreveu em Mar del Plata (Argentina), duas galerias interconectadas por um pequeno túnel, uma com 23 m e outra com 3 m (esta parcialmente bloqueada). Assim como na paleotoca de Cristal, pode-se supor que esta é uma estrutura parcial, que possivelmente atingia extensões maiores durante o período de ocupação pelo organismo construtor. A

paleotoca de Cristal é formada por uma longa galeria, que originalmente teria aproximadamente 70 m de comprimento, visto que 30 m foram destruídos pela escavação do talude da estrada. Galerias com tamanhas dimensões exigiriam um grande investimento de esforço e tempo, portanto, seriam ocupações relativamente permanentes. Partindo-se do pressuposto que tanto a paleotoca de Cristal quanto a descrita por Quintana (1992) na Argentina são fragmentos da galeria, podemos supor que a galeria principal e suas ramificações podem ter atingido várias dezenas, talvez centenas de metros, durante a ocupação pelo organismo gerador. Na paleotoca de Cristal, a galeria principal apresentou largura máxima de 2,13 m, largura média de 1,46 m e altura média de 0,90 m, enquanto Quintana (1992) registra na paleotoca largura máxima de 1,30 m, largura média de 0,90 m e altura média de 0,70 m. Estas dimensões se aproximam das dimensões da pequena ramificação da paleotoca de Cristal, com largura máxima de 1,15 m, largura média 0,82 m e altura média 0,78 m. Estas dimensões sugerem que o organismo fossorial descrito por Quintana (1992) pode ser menor do que o organismo da paleotoca de Cristal; que duas espécies distintas podem ter escavado essas estruturas; ou que representem diferenças entre juvenil e adulto.

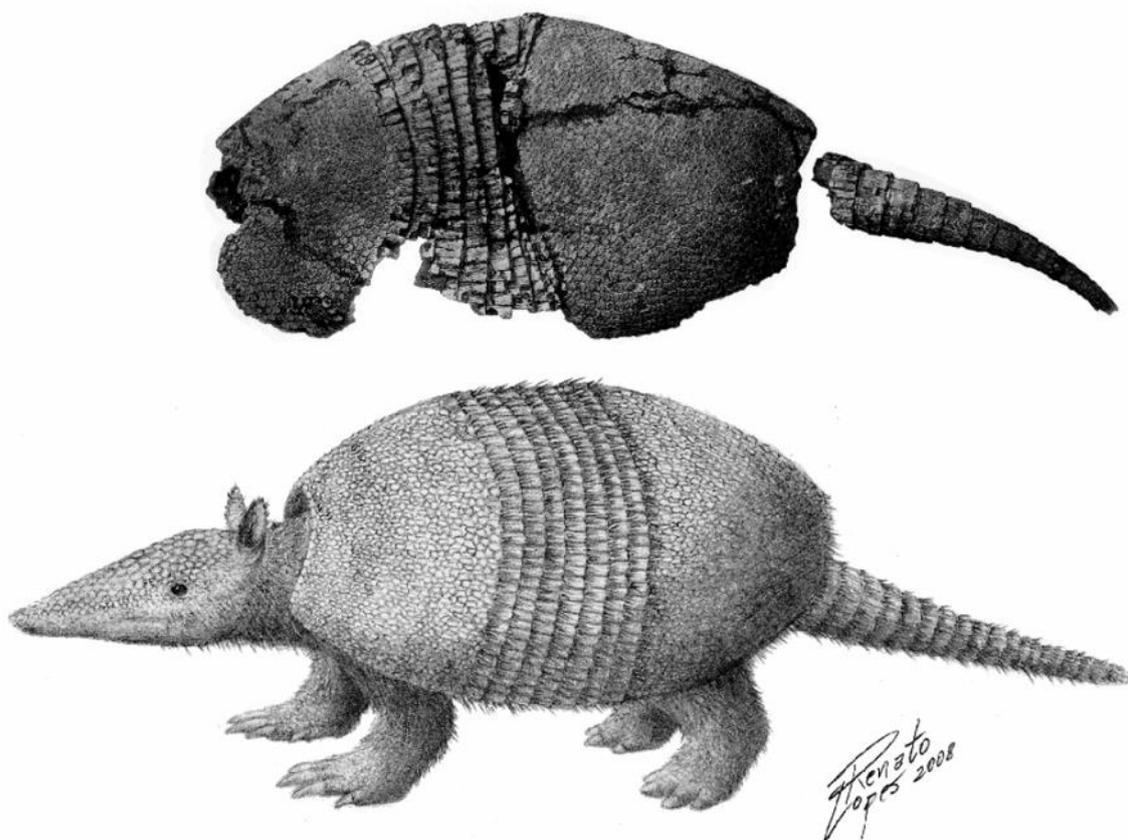


Figura 5 - No alto: parte da carapaça de *Propraopus*, exposta no Museo de La Plata (Argentina); embaixo: reconstrução do organismo.

Figure 5 - On top: partial carapace of *Propraopus*, exposed at the Museo de La Plata (Argentina); bottom: reconstruction of the organism.

No Rio Grande do Sul ocorrem duas paleotocas desobstruídas e vinte e quatro crotovinas (fig. 6). Nos municípios de Cambará do Sul ocorre uma pequena paleotoca com 6 m de comprimento. Em São José dos Ausentes e Gramado, as crotovinas ocorrem em rochas basálticas alteradas da Formação Serra Geral, cuja origem é relacionada ao vulcanismo resultante do processo de separação entre América do Sul e África no Cretáceo (Erlank *et al.*, 1984; Bellieni *et al.*, 1984; Roisenberg & Viero, 2000). No município de São Lourenço do Sul foi encontrada uma crotovina em rocha granítica neoproterozóica alterada associada, segundo Frago-César *et al.* (1986), ao Escudo Sul-Rio-grandense.

Além de Cristal, nos municípios de Encruzilhada do Sul e Chuvisca as crotovinas foram encontradas em arcósios associados ao Sistema de Leques Aluviais, depósitos sedimentares oriundos de processos de fluxo de grão em encosta ocorridos principalmente durante o Terciário, de acordo com Tomazelli & Villwock (2000).

	Município	Coordenadas
6 crotovinas	São José dos Ausentes (RS)	28° 38' 38" S 49° 56' 24" W
2 crotovinas	Cambará do Sul (RS)	28° 49' 20" S 50° 03' 44" W
1 paleotoca		29° 09' 23" S 50° 02' 53" W
3 crotovinas	Gramado (RS)	29° 21' 53" S 50° 52' 00" W
1 crotovina	Encruzilhada do Sul (RS)	30° 54' 10" S 52° 36' 40" W
1 crotovina	Chuvisca (RS)	30° 43' 45" S 52° 00' 20" W
2 crotovinas	Viamão (RS)	30° 06' 39" S 50° 56' 22" W
3 crotovinas	São Lourenço do Sul (RS)	31° 23' 23" S 52° 09' 05" W
6 crotovinas, 1 paleotoca	Cristal (RS)	30° 59' 39" S 52° 02' 39" W

Figura 6 - Tabela da localização de icnofósseis similares aos de Cristal.

Figure 6 - Table of the location of ichnofossils similar to those found in Cristal.

SINOPSE SOBRE A ORIGEM, EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E IMPORTÂNCIA DO SÍTIO

As paleotocas são estruturas na forma de túneis, que podem atingir dezenas de metros, dependendo do grau de preservação. As dimensões e contexto geométrico da estrutura bem como as marcas impressas pelas garras e osteodermos (carapaça) ao longo das paredes do túnel, sugerem que tenha sido

escavado por um xenartro dasipodídeo, ou seja, um tatu-gigante.

No caso da paleotoca de Cristal e crotovinas associadas foram encontradas em locais de terreno inclinado e com fonte de água próxima. Arteaga *et al.* (2008) sugerem que a topografia é o principal fator a escolha dos tatus para cavar suas tocas; não escolhendo aleatoriamente, mas selecionando áreas inclinadas e próximas a cursos d'água (Carter & Encarnação, 1983; Zimmermann, 1990; González *et al.*, 2001).

O registro da paleotoca de Cristal, a primeira dessas estruturas encontrada no Brasil, tem extrema importância por serem evidências icnológicas de grandes mamíferos cenozóicos, ocorrências relativamente raras em comparação com outros organismos (Martin & Bennett, 1977). Além de fornecerem informações a respeito dos hábitos de vida dos organismos que a escavaram, são importantes por potencialmente conterem fósseis em seu interior.

As crotovinas são caracterizadas por paleotocas preenchidas por sedimentos, encontrando-se parcialmente ou totalmente obstruídas após a morte ou abandono da galeria pelo organismo construtor. O preenchimento interno é constituído por depósitos que indicam o material fonte e os processos de transporte no interior da galeria. Segundo Frank *et al.* (2008a,b), o preenchimento maciço (sedimento de mesma textura e coloração) sugere que a obstrução da paleotoca foi resultado eventos episódicos e relativamente rápidos. Já em crotovinas com sedimento estratificado (diferenças na coloração e granulometria), sugere a obstrução gradual da estrutura em resposta a episódios de sedimentação condicionados pelo fluxo hídrico e clima ao longo do tempo.

As idades das escavações que resultaram na paleotoca de Cristal e crotovinas associadas é incerta. Sua presença em sedimentos terciários reforça a tese de que foram produzidas por mamíferos. A idade mínima para sua construção pode ser estimada em torno de 400 mil anos, com base em uma crotovina encontrada no município de Viamão (RS) que foi escavada em depósitos eólicos pleistocênicos associados ao Sistema Laguna-Barreira I (Tomazelli & Villwock, 2000).

MEDIDAS DE PROTEÇÃO

O afloramento onde a paleotoca e as crotovinas se encontram estão à margem da rodovia BR-116, portanto de fácil acesso. Devido ao fato de se encontrarem fora de áreas de preservação, e terem sido apenas recentemente identificadas e interpretadas como icnofósseis, não existem ainda quaisquer medidas visando sua proteção. Atualmente é difícil diferenciar as crotovinas do restante do afloramento devido à exposição ao intemperismo sobre as mesmas.

A entrada da paleotoca foi obstruída com sedimento para impedir o acesso de animais e pessoas ao seu interior. Como as paleotocas e as crotovinas encontram-se em local que a curto prazo de tempo não será ocupado por construções e fica ao lado de um paradoro, seria conveniente construir estruturas que as protegesse e permitisse sua visualização além de preparar um painel explicativo, criando assim um atrativo adicional às pessoas que utilizam o paradoro durante viagens.

Com relação às crotovinas e paleotocas em geral, recomenda-se que:

1. identificação das paleotocas que se encontram nas proximidades de rodovias e estradas pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – DNER ou outro órgão público seja estadual, ou municipal;
2. antes de se iniciarem obras com intuito de construir novas rodovias e/ou estradas deve haver vistoria de

um paleontólogo juntamente com o DNER, afim de quando encontradas, se tomarem medidas que protejam estas estruturas.

3. o acesso de pessoas, animais ou quais quiser equipamento (maquina fotográfica, filmadora, amostradores) ao interior das paleotocas deve ser evitado afim da preservação da estrutura; a não ser acompanhados por pesquisadores que estão empenhados em estudar o icnofóssil.

4. os pesquisadores que estiverem estudando as paleotocas devem divulgar e informar à população local sobre a importância destes registros no intuito de valorar e preservar estas estruturas.

5. divulgação através da mídia (Radio, TV, Internet) voltada para o público leigo, informando sobre a importância de se conhecer e preservar essas estruturas, já que as possíveis novas ocorrências, sejam comunicadas às autoridades competentes e a paleontólogos.

REFERÊNCIAS

- Abdala, F.; Cisneros, J.C.; Smith, R.M.H. 2006. Faunal aggregation in the Early Triassic Karoo Basin: Earliest evidence of shelter-sharing behavior among tetrapods? *Palaíos*, **21**(5):507-512.
- Abrantes, E.A.L.; Avilla, L.S.; Abranches, C.T.S. 2003. Revisão dos hábitos fossoriais em preguiças (Phyllophaga, Xenarthra, Mammalia) do Pleistoceno superior – Holoceno inferior. *In: Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 18, Brasília, *Livro de Resumos*, p. 1-2.
- Ameghino, F. 1908. Las formaciones sedimentarias de la región litoral de Mar del Plata y Chapadmalal. *Museo de Historia Natural de Buenos Aires*, **7**(3):343-428.
- Arteaga, M.C.; Venticinque, E.M. 2008. Influence of topography on the location and density of armadillo burrows (Dasypodidae: Xenarthra) in the central Amazon, Brazil. *Mammalian Biology*, **73**:262-266.
- Bargo, S.M.; Vizcaíno, S.F.; Archuby, F.M.; Blanco, R.E. 2000. Limb bone proportions, strength and digging in some Lujanian (Late Pleistocene-Early Holocene) mylodontid ground sloths (Mammalia, Xenarthra). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **20**(3):601-610.
- Belliemi, G.; Comim-Chiaromonti, P.; Marques, L.S.; Melfi, A.J.; Nardy, A.J.R.; Papatrechas, C.; Piccirillo, E.M.; Roisenberg, A.; Stolfi, D. 1984. High and low TiO₂ flood basalts from the Paraná plateau (Brazil): Petrology and geochemical aspects bearing on their mantle origin. *Neus Jahrbuch Mineralogie Abb.*, **150**:273-306.
- Bergqvist, L.P.; Maciel, L. 1994. Icnofósseis de mamíferos (crotovinas) na planície costeira do Rio Grande do Sul. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **66**(2):189-197.
- Bromley, R.G. 1990. *Trace fossils: Biology and taphonomy*. Unwin Hyman Ltd, London, 280 p.
- Buchmann, F.S.C.; Caron, F.; Lopes, R.P.; Tomazelli, L.J. 2003. Traços fósseis (paleotocas e crotovinas) da megafauna extinta no Rio Grande do Sul, Brasil. *In: Congresso da ABEQUA*, 9, Recife, PE, *Anais ...*, ABEQUA, cd-rom.
- Carter, T.S.; Encarnação, C. 1983. Characteristics and use of burrows by four species of armadillos in Brazil. *Journal of Mammalogy*, **64**:337-358.
- Carvalho, I.S. 2004. Dinosaur footprints from northeastern Brazil: Taphonomy and environmental setting. *Ichnos*, **11**(3-4):311-321.
- Chávez-Aponte, E.O.; Alfonzo-Hernández, I.; Finol, H.J.; Barrios, C.E.; Boada-Sucre, A.; Carrilo-Briceño, J.D. 2008. Histología y ultraestructura de los osteodermos fósiles de *Glyptodon clavipes* y *Holmesina* sp. (XENARTHRA: CINGULATA). *Interciencia*, **33**(8):616-619.
- Damiani, R.; Modesto, S.; Yates, A.; Neveling, J. 2003. Earliest evidence of cynodont burrowing. *Proceedings of the Royal Society of London, B*, **270**:1747-1751.
- Edmond, G. 1985a. The fossil giant armadillos of North America (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). *In: G.G. Montgomery* (ed.) *The evolution and ecology of armadillos, sloths, and vermilinguas*. Smithsonian Institution Press, p. 83-93.
- Edmond, G. 1985b. The armor of fossil giant armadillos (Pampatheriinae, Xenarthra = Edentata). Texas Memorial Museum, University of Texas, 40 p. (Pearce-Sellards Series, nº 40)
- Erlank, A.J.; Marsh, J.S.; Duncan, A.R.; Miller, R.Mc G.; Hawkesworth, C.J.; Betton, P.J.; Rex, D.C. 1984. Geochemistry and petrogenesis of the Etendeka volcanic rocks from SWA/Namibia. *Special Publication of Geological Society of South Africa*, **13**:195-245.
- Fernandes, M.A.; Fernandes, L.B.R.; Souto, P.R.F. 2004. Occurrence of urolites related to dinosaurs in the Lower Cretaceous of the Botucatu Formation, Paraná Basin, São Paulo State, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**(2):263-268.
- Fernandez, M.E.; Vassalo, A.I.; Zárate, M. 2000. Functional morphology and palaeobiology of the pliocene rodent *Actenomys* (Caviomorpha: Octodontidae): The evolution to a subterranean mode of life. *Biological Journal of the Linnean Society*, **71**(1):71-90.
- Fragoso César, A.R.S.F.; Figueiredo, M.C.H.; Soliani Jr, E.; Faccini, U.F. 1986. O Batólito de Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul: *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 34, Goiânia, *Anais... SBG*, **3**:1322-1343.
- Frank, H.T.; Buchmann, F.S.C.; Ribeiro, A.M.; Lopes, R.P.; Caron, F.; Lima, L.G. 2008a. New palaeoburrows (icnofossils) in the state of Rio Grande do Sul, Brazil (Southeastern edge of the Paraná Basin, South America). *In: Reunião Regional de Paleontologia - PALEO 2008*, Porto Alegre, *Resumos*, p. 27.
- Frank, H.T.; Buchmann, F.S.C.; Ribeiro, A.M.; Lopes, R.P.; Caron, F.; Lima, L.G. 2008b. Crotovine (filled palaeoburrows) patterns on the southeast limit of the Paraná basin (Rio Grande do Sul, Brazil). *In: Reunião Regional de Paleontologia - PALEO 2008*, Porto Alegre, *Resumos*, p. 26.
- Frey, R. 1975. *The study of traces fossil*. Springer-Verlag, Berlim, 562 p.

- Genise, J.F. 1989. Las cuevas con *Actenomys* (Rodentia, Octodontidae) de la Formación Chapadmalal (Plioceno superior) de Mar del Plata y Miramar (provincia de Buenos Aires). *Ameghiniana*, **26**(1-2):33-42.
- González, E.M.; Soutullo, A.; Altuna, C.A. 2001. The burrow of *Dasypris hybridus* (Cingulata: Dasypodidae). *Acta Theriologica*, **46**(1):53-59.
- Groenwald, G.H.; Welam, J.; Maceachern, J.A. 2001. Vertebrate Burrow Complexes from the Early Triassic *Cynognathus* Zone (Drickoppen Formation, Beaufort Group) of the Karoo Basin, South Africa. *Palaeos*, **16**(2):148-160.
- Hill, R. V. 2006. Comparative anatomy and histology of Xenarthran osteoderms. *Journal of Morphology*, **267**:1441-1460.
- Kraglievich, J. 1952. El perfil geológico de Chapadmalal y Miramar, Prov. de Buenos Aires. *Revista del Museo de Ciencias Naturales y Tradicionales*, Mar del Plata, **1**(1):8-37.
- Leonardi, G.; Carvalho, I.S. 1999. Jazigo icnofossilífero do Ouro - Araraquara (SP). In: M. Winge; C. Schobbenhaus; M. Berbert-Born; E.T. Queiroz; D.A. Campos; C.R.G. Souza; A.C.S. Fernandes (eds.) Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. Disponível em <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio079/sitio079.htm>; acessado em 07/11/1999.
- Leonardi, G.; Sedor, F.A.; Costa, R. 2002. Pegadas de répteis terrestres na Formação Rio do Rasto (Permiano Superior da Bacia do Paraná), Estado do Paraná, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, **60**(3):213-216.
- Martin, L.D.; Bennett, D.K. 1977. The burrows of the Miocene beaver *Palaeocastor*, Western Nebraska, USA. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **22**: 173-193.
- Paula-Couto, C. 1973. Edentados fósseis de São Paulo. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **45**(2):261-275.
- Paula-Couto, C. 1980a. *Propraopus punctatus* (Lund, 1840) no Pleistoceno de Cerca Grande, Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **52**(2):323-325.
- Paula-Couto, C. 1980b. Um tatu gigante do Pleistoceno de Santa Catarina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **52**(3):527-531.
- Paula-Couto, C. 1982. Pleistocene armadillo from Cantagalo, State Rio de Janeiro. *Iheringia*, **7**:65-68. (Série Geológica)
- Pitana, V.R.; Ribeiro, A.M. 2007. Novos materiais de *Propraopus* Ameghino, 1881 (Mammalia, Xenarthra, Cingulata) do Pleistoceno final, Rio Grande do Sul, Brasil. *Gaea*, **3**(2):60-67.
- Quintana, C.A. 1992. Estructura interna de una paleocueva, posiblemente de un Dasypodidae (Mammalia, Edentata) del Pleistoceno de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Ameghiniana*, **29**(1):87-91.
- Rincon, A.D.; White, R.S.; McDonald, H.G. 2008. Late Pleistocene cingulates (Mammalia: Xenarthra) from Mene de Inciarte Tar Pits, Sierra de Perijá, western Venezuela. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **28**(1):197-207.
- Roisenberg, A.; Viero, A.P. 2000. O vulcanismo mesozóico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul, 355-375. In: M. Holz & L.F. De Ros (eds.). *Geologia do Rio Grande do Sul*. CIGO/UFRGS Porto Alegre, CIGO/UFRGS, 355-374.
- Santis, L.J.M.; Morcira, G.J. 2000. El aparato masticador del género extinto *Actenomys* Burmeister, 1888 (Rodentia, Ctenomyidae): Inferencias sobre su modo de vida. *Estudios Geológicos*, **56**:63-72.
- Saffer, M.M.; Dondas, A.; Scaglia, O. 2003. Hallazgo de paleocuevas con estructura interna realizadas por mamíferos gigantes extintos del Pleistoceno bonaerense. *Miramar Prehistorica*, Disponível em www.miramar.prehistorica.org.net.ar; acessado em 23/05/2007.
- Schultz, C.L.; Scherer, C.M.S.; Lavina, E.L.C. 2002. Dinosaur's footprints from Guará Formation (Upper Jurassic), Paraná Basin, Southern Brazil. In: Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, 8, *Livro de Resumos*, p. 8.
- Scillato-Yané, G.J.; Carlini, A.A.; Tonni, E.P.; Noriega, J.I. 2005. Paleobiogeography of the late Pleistocene pampatheres of South America. *Journal of South American Earth Sciences*, **20**:131-138.
- Sedor, F.A.; Silva, R.C. 2004. Primeiro registro de pegadas de Mesosauridae (Amniota, Sauropsida) na Formação Irati (Permiano Superior da Bacia do Paraná) no Estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **7**(2):269-274.
- Seilacher, A. 1953. Studien zur paläontologie: 1. Über die methoden der palichnologie. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* **96**:421-452.
- Silva, R.C.; Ferigolo, J.; Carvalho, I.S.; Fernandes, A.C.S. 2008. Lacertoid footprints from the Upper Triassic (Santa Maria Formation) of Southern Brazil. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **262**(3-4):140-156.
- Smith, R.M.H.; Swart, R. 2002. Changing fluvial environments and vertebrate taphonomy in response to climatic drying in a Mid-Triassic rift valley fill: The Omingonde Formation (Karoo Supergroup) of central Namibia. *Palaeos*, **17**:249-267.
- Soibelzon, L.H.; Pomi, L.M.; Tonni, E.P.; Rodriguez, S.; Dondas, A. 2009. First Report of a Short-Faced Bears' den (*Arctotherium angustidens*). Palaeobiological and Palaeoecological implications. *Alcheringa* **33**:211-222
- Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A. 2000. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: geologia da Planície Costeira. In: M. Holz & L.F. DeRos (eds.) *Geologia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CIGO/UFRGS, p. 375-406.
- Tomazelli, L.J.; Villwock, J.A.; Loss, E.L. 1987. Roteiro geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. In: Congresso Da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1, Porto Alegre. *Publicação Especial* no. 2, p. 1-26.
- Varricchio, D.J.; Martín A.J.; Katsura, Y. 2007. First trace and body fossil evidence of a burrowing, denning dinosaur. *Proceedings of the Royal Society of London*, **B**, **274**:1361-1368.
- Vizcaíno, S.F.; Zárate, M.A.; Bargo, M.S.; Dondas, A. 2001. Pleistocene burrows in the Mar del Plata area (Argentina) and their probable builders. *Acta Paleontologica Polonica*, **46**:157-169.
- Voorhies, M.R. 1975. A new genus and species of fossil kangaroo rat and its burrow. *Journal of Mammalogy*, **56**(1): 160-176.
- Zárate, M.A.; Bargo, M.S.; Vizcaíno, S.F.; Dondas, A.; Scaglia, O. 1998. Estructuras biogénicas en el Cenozoico tardío de Mar del Plata (Argentina) atribuíbles a grandes mamíferos. *Revista AAS - Associação Argentina de Sedimentologia*, **5**(2):95-103.
- Zárate, M. A.; Fasano, J. L. 1989. The Plio-Pleistocene record of the central eastern Pampas, Buenos Aires province, Argentina: The Chapadmalal case study. *Palaogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **72**:27-52.
- Zimmermann, J.W. 1990. Burrow characteristics of the nine-banded armadillo *Dasypris novemcinctus*. *The Southwestern Naturalist*, **35**(2):226-227.

CURRICULUM VITAE SINÓPTICO DOS AUTORES



Francisco Sekiguchi de Carvalho Buchmann - Graduado em Oceanologia (1994) pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Fez Mestrado (1997) e Doutorado (2002) em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), área de concentração em Geologia Marinha vinculadas ao projeto “Paleontologia do Quaternário Costeiro”. Foi professor das disciplinas de Introdução à Estratigrafia e Paleontologia, Paleontologia Geral e Geologia do Quaternário na FURG. Atualmente é professor de Geologia, Paleontologia, Geomorfologia Costeira e Paleoceanografia na Universidade Estadual de São Paulo (UNESP). Na área continental estuda paleotocas de mamíferos gigantes extintos.



Renato Pereira Lopes - Graduado em Geografia (2006) pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), onde desenvolveu atividades de ensino em Paleontologia e Geologia e pesquisas em Paleontologia e Estratigrafia vinculadas ao projeto “Paleontologia do Quaternário Costeiro”, enfocando os depósitos fossilíferos situados na porção da costa gaúcha ao sul da Lagoa dos Patos. Fez mestrado (2008) em Geociências, com ênfase em Paleontologia de Vertebrados, é doutorando em Geociências, com ênfase em Geologia Marinha, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e atualmente é professor de paleontologia na FURG.



Felipe Caron - Graduado em Oceanologia (2004) pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG), mestrado (2007) em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), área de concentração em Geologia Marinha. Tem experiência na área de Oceanografia Geológica, atuando principalmente nos seguintes temas: oceanografia, estratigrafia, paleogeografia e dinâmica costeira. Atualmente é doutorando em Geociências, com ênfase em Geologia Marinha, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

SIGEP 048 – Paleotoca do Município de Cristal, RS PROPOSTA DA ÁREA DE PROTEÇÃO



O polígono indica a área de proteção proposta, localizada no município de Cristal (Estado do Rio Grande do Sul), próximo à rodovia BR-116 e onde se tem registro da atividade fossorial de mamíferos gigantes extintos no sul do Brasil.

Vértices	Latitude	Longitude
1	30°59' 39.43\"S	52° 02' 44.90\"O
2	30°59' 37.79\"S	52° 02' 42.16\"O
3	30°59' 40.93\"S	52° 02' 43.16\"O
4	30°59' 39.10\"S	52° 02' 40.37\"O

Área de proteção proposta por Francisco Sekiguchi de Carvalho Buchmann.

Data da proposta: 23/01/2013.