

Análise preliminar de paleotocas em Porto União-SC e União da Vitória-PR, Brasil

Preliminary analysis of paleoburrows in Porto União-SC and União da Vitória-PR, Brazil

Análisis preliminar de paleotocas en Porto união-SC y União da Vitória-PR, Brasil

Recebido: 07/08/2021 | Revisado: 11/08/2021 | Aceito: 31/08/2021 | Publicado: 03/09/2021

Rafael Ferreira dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9439-3831>
Universidade Estadual do Paraná, Brasil
E-mail: rafa_rafaelferreira@hotmail.com

Henrique José Schipanski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6012-6954>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: henrique.schipanski@gmail.com

Alcemar Rodrigues Martello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3943-2092>
Universidade Estadual do Paraná, Brasil
E-mail: alcemar.martello@unespar.edu.br

Huilquer Francisco Vogel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3993-7824>
Universidade Estadual do Paraná, Brasil
E-mail: huilquer@unespar.edu.br

Resumo

Os registros da megafauna pleistocênica são bem documentados no Brasil. Entre os muitos representantes da megafauna, podem-se destacar os representantes da família Mylodontidae e Megatheriidae (i.e., preguiças gigantes do Quaternário). Evidências sugerem que esses representantes eram animais terrícolas e de certa forma “construíam” cavidades naturais. Essas cavidades são denominadas de paleotocas e, apresentam grande importância paleontológica por conter registros icnofossilíferos (e.g., marcas de garras) que fornecem evidências sobre a biologia dos agentes construtores. Embora se tenha conhecimento dessas estruturas no Rio Grande do Sul e região Sudeste do Brasil, no Paraná e no planalto norte de Santa Catarina, registros dessas estruturas são inexistentes. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi descrever os padrões de túneis e os icnofósseis produzidos por animais escavadores da megafauna em paleotocas ocorrentes nos municípios de União da Vitória e Porto União, região sul do Brasil. Utilizou-se o método “*Snowball sampling*” para encontrar as paleotocas, posteriormente medidas como altura e largura foram obtidas utilizando-se de materiais métricos. Os icnofósseis foram medidos utilizando uma régua comum. Foram encontradas 13 paleotocas livres ou parcialmente obstruídas e seis crotovinas, construídas em arenitos da Formação Botucatu. Nelas foram identificadas quatro diferentes morfologias de túnel e no seu interior foram identificados cinco tipos distintos de icnofósseis. Por conta de suas características similares, algumas marcas foram atribuídas a indivíduos de Mylodontidae.

Palavras-chave: Cavidades; Icnofósseis; Megafauna.

Abstract

Records of the Pleistocene megafauna are well documented in Brazil. Among the many representatives of the megafauna, representatives of the Mylodontidae and Megatheriidae (i.e., giant sloths of the Quaternary) Evidence suggests that these representatives were terrestrial animals and somehow “built” natural cavities. These cavities are called paleoburrows and have great paleontological importance as they contain ichnofossiliferous records (e.g., claw marks) that provide evidence about the biology of the building agents. Although these structures are known in Rio Grande do Sul and Southeastern Brazil, Paraná and the northern plateau of Santa Catarina, records of these structures are non-existent. . In this sense, the objective of this study was to describe the patterns of tunnels and the ichnofossils produced by burrowers animals from megafauna in the municipalities of União da Vitória and Porto União, southern Brazil. The “*Snowball sampling*” method was used to find the paleotocas, later measurements such as height and width were obtained using metric materials. The trace fossils were measured using an ordinary ruler. Thirteen free or partially obstructed paleoburrows and six crotovinas were found, built in sandstones of the Botucatu Formation. Four different tunnel morphologies were identified and inside, five different types of ichnofossils attributed to scratch marks were identified. Due to their similar characteristics, some marks have been attributed to individuals of Mylodontidae.

Keywords: Cavities; Ichnofossils; Megafauna.

Resumen

Los registros de la megafauna del Pleistoceno están bien documentados en Brasil. Entre los muchos representantes de la megafauna, se destacan los representantes de la familia Mylodontidae y Megatheriidae (perezosos gigantes del Cuaternario). La evidencia sugiere que estos representantes eran animales terrestres y de alguna manera “construyeron” cavidades naturales. Estas cavidades se denominan paleotocas y tienen una gran importancia paleontológica, ya que contienen registros icnofosilíferos (marcas de garras) que aportan evidencia sobre la biología de los agentes constructores. Aunque estas estructuras son conocidas en Rio Grande do Sul y Sureste de Brasil, Paraná y la meseta norte de Santa Catarina, los registros de estas estructuras son inexistentes. En este sentido, el objetivo de este estudio fue describir los patrones de túneles e icnofósiles producidos por animales que excavan la megafauna en paleotocas, que ocurren en los municipios de União da Vitória y Porto União, sur de Brasil. Para la localización de las paleotocas se utilizó el método de “Snowball sampling”, posteriormente se obtuvieron medidas como altura y ancho utilizando materiales métricos. Los rastros de fósiles se midieron con una regla ordinaria. Se encontraron 13 paleotocas libres o parcialmente obstruidas y seis crotovinas, construidas en areniscas de la Formación Botucatu. En ellos, se identificaron cuatro morfologías de túneles diferentes y en su interior se identificaron cinco tipos distintos de rastros de fósiles. Debido a sus características similares, se han atribuido algunas marcas a individuos de Mylodontidae.

Palabras clave: Caries; Icnofósiles; Megafauna.

1. Introdução

Os grandes mamíferos oriundos da América do Norte migraram até a América do Sul através de uma conexão (i.e., istmo do Panamá) formada entre o Mioceno Tardio e o Pleistoceno, isso possibilitou um grande intercâmbio biótico americano (GIBA), gerando competição entre as espécies nativas da América do Sul com as exóticas da América do Norte, alterando drasticamente a composição da megafauna Sul Americana (Ghilardi, 2011; O’Dea et al., 2016). No Brasil e outros países da América do Sul, como a Argentina, existem registros desses animais que são encontrados na forma de fósseis e icnofósseis - e.g., ossos, dentes, osteodermos de carapaças (Dantas & Tasso, 2007) e marcas de escavações (Buchmann et al., 2009).

No que tange ao Brasil, os registros da megafauna pleistocênica são bem documentados. Autores como Bergqvist & Almeida (2004) ao apresentarem o perfil paleontológico da mastofauna brasileira em nível de família, forneceram uma extensa bibliografia de pesquisas realizadas no país e seus registros. Eles descrevem aproximadamente 50 famílias de mamíferos pleistocênicos, a maioria dos achados se concentrou Minas Gerais, estado mais diversificado em relação a mamíferos fósseis (40 famílias). Já na região sul, o Rio Grande do Sul é o maior detentor de famílias fósseis (~20 famílias), inclusive, com registro de Gomphotheriidae (proboscídeos oriundos da América do Norte), enquanto o estado do Paraná foi o segundo mais representativo, com registros de Megatheriidae e Mylodontidae - essas também achadas no Rio Grande do Sul (Bergqvist & Almeida, 2004).

Evidências sugerem que Mylodontidae, Megatheriidae, Glyptodontidae eram animais escavadores de tocas, cavidades que atualmente são descritas como paleotocas, ou seja: cavidades naturais que serviam como abrigo temporário ou permanente para vertebrados já extintos (Buchmann et al., 2016; Frank et al., 2011a; Frank et al., 2011b; Frank et al., 2012; Frank et al., 2013; Frank et al., 2015). Estas cavidades foram construídas para servir como habitação, refúgio ou local de estivação, inclusive para abrigo e proteção contra a variação térmica (Frank et al., 2011b; Vizcaíno et al., 2001). Paleotocas são encontradas em sua grande maioria no Sul e Sudeste do Brasil e em outros países da América do Sul, como exemplo Argentina (Frank et al., 2011b). As paleotocas, em geral, são encontradas em áreas íngremes, porém com relevo pouco acentuado, geralmente escavadas em terrenos sedimentares (Buchmann et al., 2009).

Muitas destas cavidades paleotocas apresentam grande importância paleontológica, contendo fósseis, como exemplo, *Scelidion copei*, representante da família Mylodontidae (Sedor et al., 2004) e *Glyptodon claviger*, representante da família Glyptodontidae (Dantas, 2009). Embora os fósseis dentro dessas cavidades sejam raros, no interior das paleotocas são encontrados registros icnofosilíferos (marcas de garras ou de carapaças) que fornecem evidências sobre a biologia da fauna construtora (Hasiotis et al., 2004).

Neste contexto, os municípios de Porto União, no estado de Santa Catarina e União da Vitória, no Paraná, são conhecidos por apresentarem inúmeras grutas (Figura 1). De acordo com o conhecimento local, os túneis foram construídos por indígenas pré-colombianos (Ludka et al., 2012). Posteriormente, teriam servido como abrigo e ponto estratégico durante a Guerra do Contestado que ocorreu entre 1912 – 1916 (De Angelo, 2019). Recentemente, foi sugerido que estas grutas apresentam características de paleotocas (Vogel et al., 2015).

Assim, estruturas anteriormente descritas como antrópicas, podem ser na verdade tocas construídas por animais da megafauna. Portanto, o objetivo deste estudo foi descrever os padrões de túneis e icnofósseis de morfoespécies escavadoras de paleotocas ocorrentes nos municípios de União da Vitória e Porto União, Região Sul do Brasil.

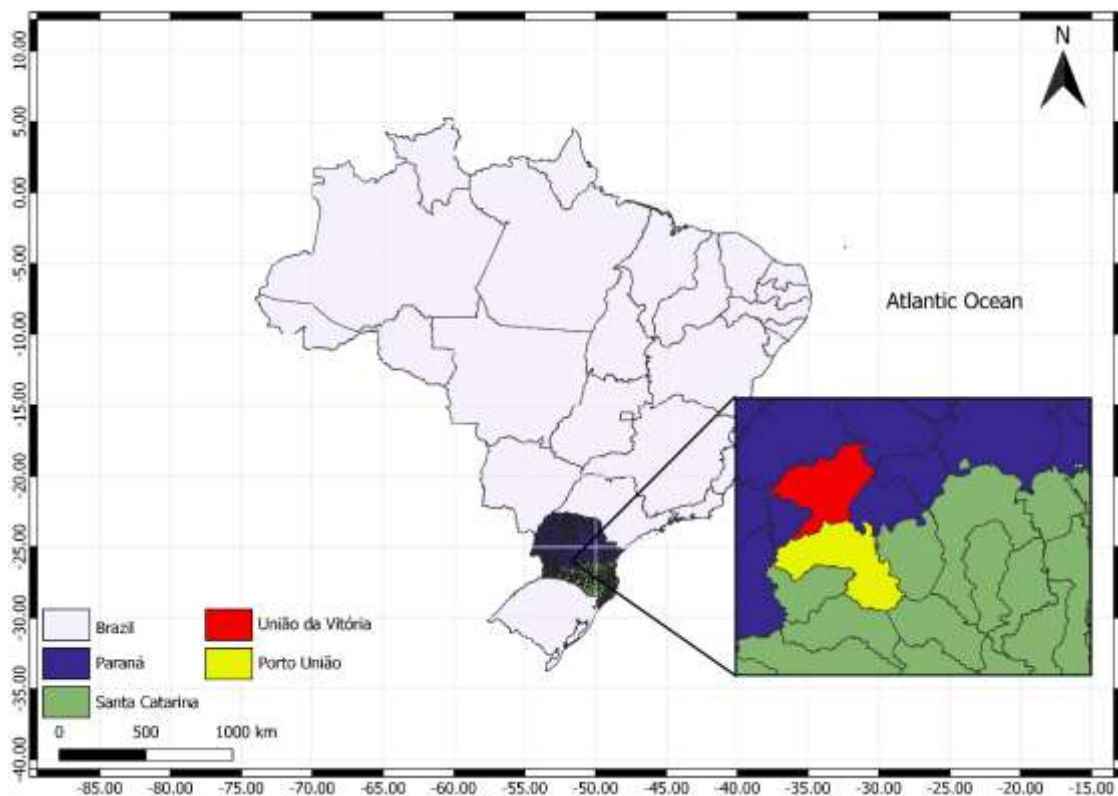
2. Metodologia

A metodologia aplicada seguiu um desenho experimental, sendo os dados de natureza quantitativa, conforme descrito por Pereira *et al.* (2018).

2.1 Área de estudo

As cidades vizinhas de Porto União-SC e União da Vitória-PR (Gêmeas do Iguazu), estão situadas na Região do Médio Iguazu (Figura 1). As mesmas também estão localizadas em uma transição geológica da Bacia do Paraná (transição entre o segundo e o terceiro Planalto Paranaense). Tal transição é marcada pela deposição de sedimentos areno-argilosos da formação Rio do Rasto (Spoladore, 2005; Fortes *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2014), e desta forma é um ótimo modelo para estudos de natureza icnológica (e.g., descrição de paleocavidades).

Figura 1. Localização das cidades de Porto União-SC e União da Vitória-PR.



Fonte: Autores.

2.1.1 Contexto geológico

A Bacia do Paraná compreende o segundo e terceiro planalto paranaense, localizando-se em uma região tectonicamente estável, que evoluiu sobre a plataforma Sul-Americana no início do Devoniano a 400 milhões de anos, terminando no Cretáceo (Milani *et al.*, 2007). Sua constituição basicamente se resume a rochas ígneas e sedimentares, como por exemplo a formação Botucatu (Milani *et al.*, 2007).

A Formação Botucatu é essencialmente um grande acumulado de rochas sedimentares, mais especificamente arenitos de natureza eólica (Almeida, 1954). Estes foram depositados no interior da Bacia do Paraná (Bacia intracratônica). A extensão do paleodeserto de Botucatu o torna um dos maiores da história da Terra, com extensão estimada em 1,3 milhões de km² (Almeida, 1954), se estendendo de Goiás até o Rio Grande do Sul (Almeida, 1954), com equivalentes laterais no Uruguai (Formação Tacuarembó; Perea *et al.*, 2009); Paraguai (Formação Misiones, Leonardi, 1992) e Argentina (Sanford & Lange, 1960). A idade dos arenitos de Botucatu são motivo de grande debate (Almeida, 1954; Scherer, 2000; Scherer, 2002), com datações que vão desde o Triássico Superior (Almeida, 1954) até o Cretáceo Inferior (Scherer, 2000; Scherer, 2002). Essa incerteza se deve à falta de registros fósseis (Porchetti *et al.*, 2018). O registro fóssil exclusivo, embora abundante, da Formação Botucatu consiste em icnofósseis de tetrápodes e invertebrados, sendo este último menos frequente (Porchetti *et al.*, 2018).

2.2 Descrição das cavidades naturais

Como não se tinha um conhecimento prévio sobre a localidade das paleotocas (exceto a Gruta do Monge), foi utilizado o método “*Snowball sampling*” (Goodman, 1961). Este é um método de amostragem não probabilístico onde um indivíduo denominado como “i” deve indicar outros indivíduos próximos a ele que são denominados como “k-indivíduos”. Cada um destes “i” indica “k”, onde “i” seriam os indivíduos do primeiro estágio e “k-indivíduos” pertencem a estágios subsequentes (Goodman, 1961). Para essa metodologia ser utilizada de forma mais eficiente, foram feitas adaptações, onde indivíduos “i” foram aleatoriamente selecionados para indicar a localização ou indicar terceiros “k” que poderiam efetivar a localização das paleotocas. Isso apenas não só garantiu a identificação de potenciais novas paleotocas, como também a afirmação de diferentes indivíduos (i.e., “i” seria o indivíduo que conhecia ou tinha ouvido falar da paleotoca e “k” o dono que confirmava a presença da estrutura). Após a localização das cavidades e obtenção de autorização para acesso aos locais, a aquisição de dados pertinente à morfologia de cada túnel e às informações de registros icnofossilíferos foram realizadas de acordo com formulário previamente designado. O nome de cada cavidade foi atribuído à localidade ou nome/sobrenome do proprietário do terreno e sua numeração foi dada através da ordem de visita. Foram obtidas coordenadas geográficas e altitude do local, além da descrição do material de formação por meio de inspeção *in situ* e por meio de literatura já existente (Milani *et al.*, 2007). Dentro das cavidades, a presença ou ausência de cúpulas, marcas e câmaras de giro foram registradas por meio de observação direta (Quadro 1).

Quadro 1. Informações (nome, altitude, comprimento, altura, largura, tipo e arranjo) das 19 cavidades estudadas.

Toca	Nome	Altitude (m)	Comprimento (m)	Altura (m)	Largura (m)	Tipo	Arranjo
1	Gruta do Monge	765	35,16	1,85	2,34	Paleotoca	Bifurcada
2	Gruta do Monge (2)	765	47,33	2,11	2,47	Paleotoca	Bifurcada
3	Toca dos Kavales	867	47,88	1,65	1,00	Paleotoca	Linear
4	Toca Caixa d' água	832	34,05	1,27	1,18	Paleotoca	Linear
5	Toca dos Valperes	811	> 50	1,71	1,44	Paleotoca	Galeria
6	Crotovina Caixa d' água	832	***	1,11	0,67	Crotovina	***
7	Toca dos Trilhos	791	6,43	1,09	1,51	Paleotoca	Linear
8	Toca dos Trilhos (2)	788	9,53	0,93	1,41	Paleotoca	Linear
9	Toca do Legru	799	27,28	1,60	2,53	Paleotoca	Galeria
10	Gruta do São Pedro do Timbó	769	19,79	1,96	0,89	Paleotoca	Linear
11	Gruta do São Pedro do Timbó (2)	769	14,95	3,80	1,56	Paleotoca	Bifurcada
12	Gruta do São Pedro do Timbó (3)	769	13,21	1,17	0,94	Paleotoca	Linear
13	Toca dos Giacomini	804	> 25	0,61	1,30	Paleotoca	Linear
14	Toca do Pintado	903	12,72	0,84	0,94	Paleotoca	Linear
15	Crotovina Ouro Verde	774	***	1,26	1,30	Crotovina	***
16	Crotovina Ouro Verde (2)	774	***	1,52	2,08	Crotovina	***
17	Crotovina Ouro Verde (3)	774	***	2,60	2,63	Crotovina	***
18	Crotovina Ouro Verde (4)	774	***	0,95	1,05	Crotovina	***
19	Crotovina Ouro Verde (5)	774	***	1,51	2,29	Crotovina	***

Fonte: Autores.

2.3 Descrição dos icnofósseis

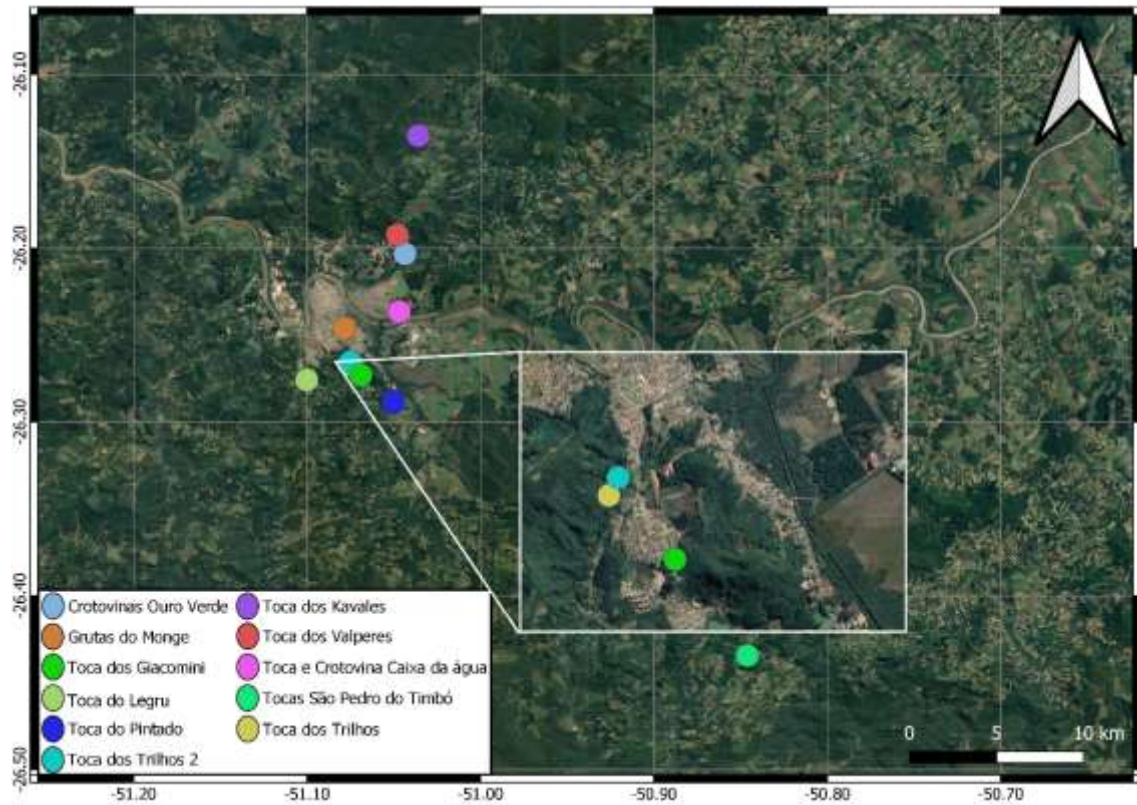
A coleta de dados dos registros de icnofósseis foi obtida por imagens fotográficas com escala, utilizando uma régua metálica com 30cm, marcada a cada 5cm. A medida de profundidade das marcas encontradas nas paredes das cavidades foi obtida utilizando-se de paquímetro e/ou régua, enquanto a largura e comprimento foram obtidos por meio do processamento digital das imagens (fotos com escala) realizado no software “ImageJ” (Abramoff *et al.*, 2004; Schneider *et al.*, 2012), devido a dificuldades de campo na inferência de tais medidas. Para a identificação a posteriori das marcas, elas foram fotografadas contendo marcações individuais proporcionadas por alfinetes numerados de 1 a 10 em cada foto. Médias de comprimento, largura e profundidade dos icnofósseis foram obtidas por meio de estatística univariada utilizando o software “PAST: Paleontological Statistics” (Hammer *et al.*, 2001).

3. Resultados

3.1 Paleotocas

Foram encontrados 19 túneis caracterizados como paleotocas e crotovinas (Figura 2). Dez delas foram encontradas na cidade de Porto União – SC e nove na cidade de União da Vitória – PR, ocorrendo em altitude de 765 a 903 m. Todas essas paleotocas foram construídas em arenito da Formação Botucatu e estão localizadas em formações geológicas do tipo incelbergs (morros testemunhos), na divisa entre o segundo e terceiro Planalto Paranaense, limitado pela Serra da Esperança (Escarpa Mesozoica). As paleotocas foram registradas em uma faixa estratigráfica composta por arenitos. Acima desta faixa são encontradas rochas ígneas (basalto), proveniente do derrame de lava na Bacia do Paraná, no Período Cretáceo (Reis *et al.*, 2014).

Figura 2. Localização das 19 paleotocas nas cidades de Porto União-SC e União da Vitória-PR, região sul do Brasil.



Fonte: Autores

Das 19 paleotocas (Figura 3), 13 foram encontradas livres ou parcialmente obstruídas. Destas 13, quatro não apresentaram marcas, mas apresentaram as características estruturais que constituem uma paleotoca, como ter sua forma circular ou elíptica e apresentar câmaras de giro (Quadro 1). Seis paleotocas foram descritas como crotovinas, ou seja, totalmente preenchidas, podendo ser observado somente os seus contornos em taludes e afloramentos.

Figura 3. Registro fotográfico das 19 paleotocas estudadas (ordem de imagens correspondente ao Quadro 1).



Fonte: Autores.

O comprimento das paleotocas variou de 6,43 a >50m. A altura dos túneis apresenta uma variação de 0,61 a 3,8m, com média de 1,55m e a largura variou de 0,67 a 2,63m, com média de 1,55m. Foram identificadas quatro diferentes morfologias das paleotocas, sendo: circular, semicircular, elíptica vertical e elíptica horizontal, e quanto ao seu arranjo, apresentaram-se de modo linear (1 túnel), bifurcado (até 2 túneis) e galeria (3 ou mais túneis) (Buchmann *et al.*, 2009).

3.2 Registros icnofossilíferos

Foram identificados cinco tipos distintos de icnofósseis, numerados de I a V (Tabela 1; Figura 4). As marcas do tipo I (Figura 4 - I) podem conter ranhuras simples – ou seja, únicas - ou paralelas, em forma “V” ou “Y”. Foram encontradas nas paleotocas 1-3, 5, 9, 10, 12 e 14. Marcas do tipo II (Figura 4 - II) podem ser únicas, ou paralelas, também em “V” ou “Y”. Diferenciam-se das do Tipo I por apresentarem maior comprimento e largura. Tais marcas foram encontradas nas paleotocas 3 e 9. As marcas do tipo III (Figura 4 - III) apresentaram uma característica marcante, a largura da marca supera as demais dos outros tipos, dispostas paralelamente e em forma de “V”. Foram encontradas somente na paleotoca 9.

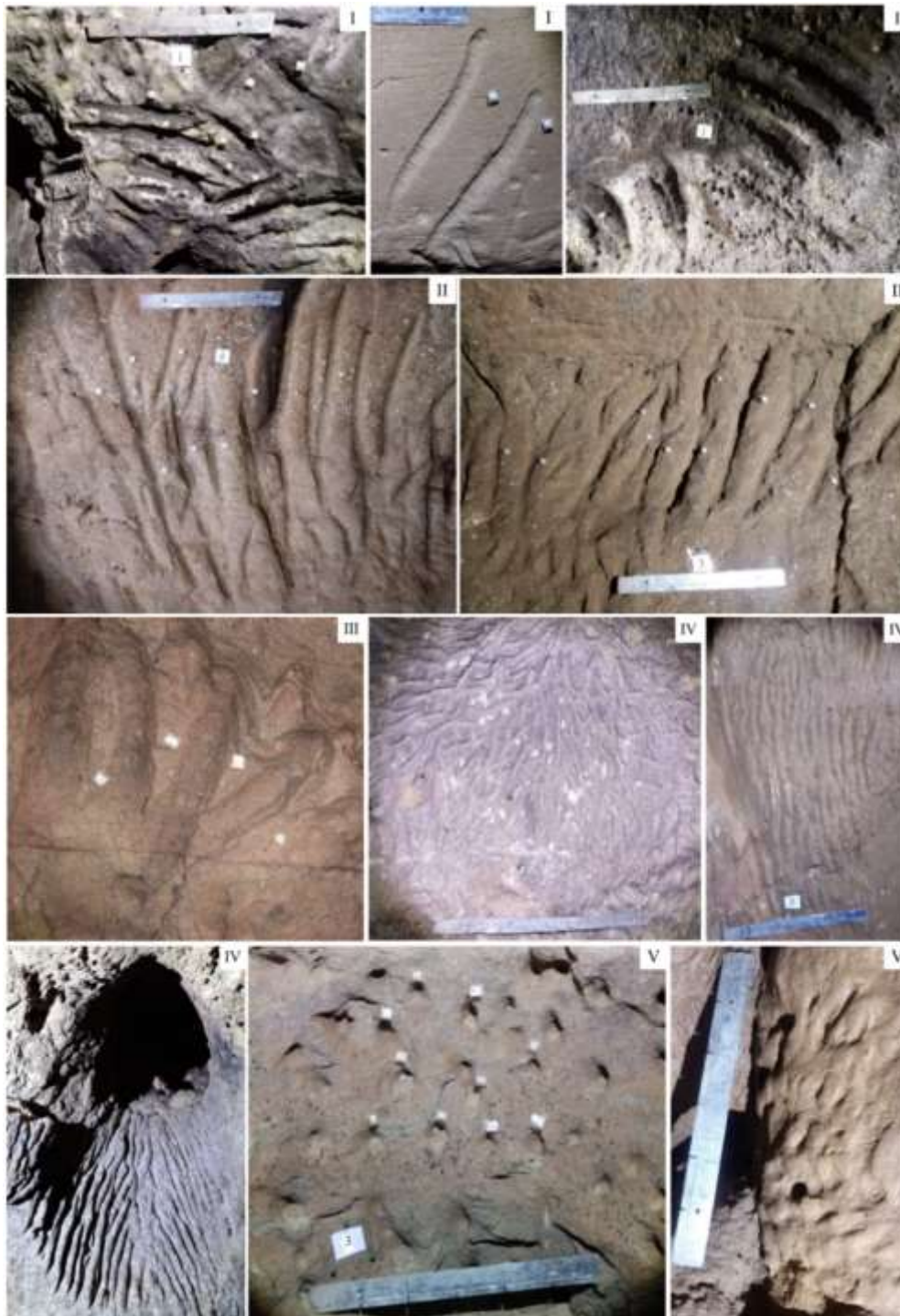
Marcas do tipo IV (Figura 4 - IV) são relativamente estreitas em relação às demais já descritas, dificilmente chegam a 10mm de largura ou de profundidade, apresentam grande agrupamento, sendo difícil identificar começo e fim, pois, na maioria das vezes se cruzam ou se sobrepõem. Estas marcas foram encontradas nas paleotocas 2-4, 9, 10 e 14 e estão presentes nas cúpulas no interior das tocas, mas em algumas ocasiões também presentes nas paredes e teto. Em relação às marcas do tipo V (Figura 4 - V), apresentaram formato arredondado e seu conjunto se assemelha a pontilhados, sendo esta característica peculiar em relação às demais. Foram encontradas nas paleotocas 1 e 5, presentes em túneis secundários de formato circular, menores do que os túneis primários.

Tabela 1. Comprimento, largura e profundidade dos tipos de marcas icnofossilíferas encontradas nas 19 paleotocas.

Tipo de marca	Comprimento (mm)		Largura (mm)		Profundidade (mm)	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Tipo I	205,59	83,44	19,90	8,69	19,45	10,23
Tipo II	401,35	83,56	32,05	20,10	23,9	9,34
Tipo III	164,75	24,93	33,5	4,35	12,5	5,19
Tipo IV	-	-	-	-	-	-
Tipo V	17,7	2,16	16,3	3,23	22,3	5,71

Fonte: Autores.

Figura 4. Cinco tipos de padrões de marcas icnofossilíferas identificadas nas paleotocas estudadas.



Fonte: Autores.

4. Discussão

4.1 Paleotocas

A morfologia dessas cavidades se encaixa em um formato elipsoide/circular tipicamente descritas como paleotocas (Azevedo & Cope, 2012; Buchmann, 2012; Dentzien-Dias *et al.*, 2012; Frank *et al.*, 2012; Buchmann *et al.*, 2016). Considerando os dados de ocorrência nas regiões sudeste e sul do Brasil, as 19 paleotocas estudadas representam uma pequena parcela do potencial regional. O Banco de Dados do Projeto Paleotocas, montado por um grupo de pesquisadores brasileiros, já

compõe aproximadamente 500 túneis abertos ou preenchidos, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais (Frank *et al.*, 2011a). No entanto, considerando a região norte de Santa Catarina e o estado do Paraná, este trabalho apresenta dados importantes, uma vez que os dados para esta região eram inexistentes até o presente momento.

Como citado anteriormente nos resultados, as paleotocas foram registradas em uma faixa estratigráfica composta por arenitos. Acima desta faixa são encontradas rochas ígneas (Reis *et al.*, 2014). Os terrenos basálticos jovens impossibilitaram a escavação por serem rígidos (Reis *et al.*, 2014). A preferência de construção no arenito pode ser associada à viabilidade de escavação na rocha formadora (Frank *et al.*, 2012). Embora se tenha conhecimento que pode haver erosão hídrica em arenitos (Wray, 2009), a hipótese de que esses túneis tenham sido formados por erosão hídrica é pouco provável por uma série de motivos; (i) os conduítes formados por erosão hídrica levam milhões de anos para se formar em pequenas (i.e., < 5cm) proporções (Sponholz, 2003), nesse sentido túneis com grande calibre e complexidade como os descritos no presente trabalho terem sido construídos por este tipo de evento parece pouco provável; (ii) somente milhares de conduítes seriam capazes de gerar túneis com esta complexidade (Wray, 2009) e poucos foram os conduítes observados nas diferentes tocas; (iii) além disso a dissolução do arenito está diretamente correlacionada com o fator tempo (Wray & Sauro, 2017), logo, seriam necessários não somente milhões de anos, mas sim bilhões para que este processo fosse concluído. Nesse sentido, no presente caso, acredita-se que a erosão hídrica pode ter servido como um propulsor para que mamíferos extintos da megafauna ampliassem um pequeno conduíte já formado (Sponholz, 2003; Buchmann, 2012), talvez em busca por água, uma vez que o Plio-Pleistoceno foi marcada por mudanças climáticas substanciais em todo o globo (Gavin *et al.*, 2014).

No interior das cavidades, durante as expedições não foram identificadas variações de temperatura abruptas nas terminações nervosas dos pesquisadores (consenso entre os mesmos). Há muito, se sabe que cavidades naturais como as cavernas apresentam temperatura maior em relação ao ambiente externo mesmo durante períodos mais frios (Gamble *et al.*, 2000). Nesse sentido, em estações com grande discrepância microclimática, essas paleocavidades podem ter sido utilizadas como abrigo pelos organismos escavadores durante períodos de frio ou calor intenso (Gamble *et al.*, 2000; Frank *et al.*, 2013; Gavin *et al.*, 2014).

As crotovinas aqui descritas, estão incompletas devido a cortes de terreno por ação de obras de estradas e vias férreas. Segundo Buchmann *et al.* (2003), elas “(...) podem ser identificadas a partir de sua coloração e textura, que se destaca da rocha circundante”, uma vez que crotovinas são paleotocas integralmente preenchidas (Buchmann, 2012). Assim, crotovinas geralmente estão ocultas, e/ou por falta de conhecimento do terreno, são cortadas durante obras, de modo que seu potencial científico geralmente é perdido pela destruição de material para estudos futuros.

4.2 Possíveis Construtores

Houve uma discrepância no tamanho (i.e., em termos de altura e largura) das paleotocas. Assim, é possível afirmar que houve variação na morfologia dos organismos construtores das cavidades, pois, paleotocas com maior diâmetro foram necessariamente construídas por organismos de maior massa, enquanto aquelas paleotocas de menor diâmetro foram construídas por animais de menor massa (Dondas *et al.*, 2009). Pelas medidas de tamanho descritas acima, acredita-se que a escavação foi realizada por *Glossotherium* sp ou *Scelidothorium* sp que possuíam requisitos básicos como supinação e pronação (Bargo *et al.*, 2000; Vizcaino *et al.*, 2001) e não *Eremotherium* sp. (Mendes *et al.*, 2020).

As marcas do tipo “I”, anteriormente descritas, são semelhantes àquelas anteriormente registradas por Buchmann (2012). As marcas foram atribuídas a mamíferos extintos, sugerindo Mylodontidae como animal cavador (preguiça-gigante de dois dedos). As marcas dos tipos “II” e “III” apresentam morfologia semelhante à marca do tipo “I”, porém, com variação de tamanho, o que pode representar que “(...) espécies distintas podem ter escavado essas estruturas”. Outra opção de interpretação é a de que ocorra diferença entre escavadores, por exemplo, juvenis e adultos (Buchmann *et al.*, 2009). Esses

tipos de marcas também podem ser atribuídas a preguiças terrícolas (i.e., *Scelidotherium* sp., *Myodon* sp., *Glossotherium* sp. ou eventualmente *Lestodonsp*). Pelo fato de não existir evidências orgânicas ou fossilíferas ósseas nas paleotocas aqui descritas, é limitada a identificação direta do organismo construtor.

Observando a disposição das marcas do tipo “IV” sobre a rocha, é possível afirmar que sua gênese ocorreu há menos tempo, pois apresentam desgaste mais recente no sedimento. Ao contrário das três primeiras marcas, ela não apresenta cristalização de minerais provenientes da percolação. Frank *et al.* (2012) descreve esse tipo de marca como “um padrão geométrico de sulcos definido” e atribui o nome “buracos grandes”, que apresentam “forma cônica ou irregular, com várias faces retas”, ocorrendo “de forma esparsa, dispersos aleatoriamente, com uma densidade inferior a 1/m²”. Contudo, o autor não oferece o possível organismo construtor. Em relação à marca do tipo “V”, não foram encontrados registros em literatura, impossibilitando uma comparação e identificação do possível organismo construtor. Apresentam também desgaste mais recente no sedimento, semelhante às marcas do tipo “IV”. Acredita-se que por estar presente em cavidades menores em relação às cavidades principais, o organismo apresentava um tamanho menor e as marcas podem ter sido feitas por osteodermos da pele ou por espinhos, carapaça ou cauda do animal, no momento de mudança de direção dentro do túnel (Frank *et al.*, 2015).

5. Considerações Finais

Um total de 19 paleotocas com variadas formas (Quadro 1), foram registradas no presente trabalho (13 paleotocas e 6 crotovinas) e assim preenchem uma importante lacuna na distribuição dessas cavidades. Além da grande contribuição científica, esses achados podem servir para estimular o ensino e extensão regional e municipal (União da Vitória – PR e Porto União – SC). Além disso, diferentes morfoespécies (baseando-se em icnofósseis) foram hipotetizadas como potenciais construtoras dessas paleocavidades. Todavia, há escassez de informações na literatura que somada à falta de evidências orgânicas, torna a identificação limitada. Nesse sentido mais estudos envolvendo morfologia de túneis, icnofósseis e morfologia corporal devem ser efetuados para uma melhor compreensão sobre os possíveis construtores.

Agradecimentos

A Universidade Estadual do Paraná *campus* de União da Vitória pelo espaço concedido à pesquisa; a Fundação Araucária pelo apoio financeiro na obtenção dos materiais de pesquisa (Edital 04/2015); Ao Sr. Vilmar Jacó Rosalino, pela disposição, tempo gasto e entusiasmo como guia de campo, onde, por diversas vezes, foi o responsável pela condução até os locais de coleta de dados, sendo de extrema importância e tendo grande parcela no desenvolvimento desta pesquisa e Carlos Daniel Rivadeneira Montenegro pela correção da versão em espanhol do resumo.

Referências

- Abramoff, M. D., Magalhães, P. J., & Ram, S. J. (2004). Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International*, 11(7), 36-42.
- Almeida, F. (1954). Botucatu, um deserto triássico da América do Sul. DNPM Divisão Geologia Mineralogia, *Notas Preliminares Estudos*, (86), 1-21.
- Azevedo, L. W., & Cope, S. M. (2012) A gênese das galerias sub-terrâneas do planalto Sul Brasileiro. *Revista de Arqueologia*, 25, 144-157.
- Bargo, S. M.; Vizcaino, S. F.; Archubucy, F. M.; & Blanco, E. (2000) Limb bone proportions, strenght, and digging in some Lujanian (Late Pleistocene-Early Holocene) mylodontid grounds sloths (Mammalia, Xenarthra). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20 (3), 601-610.
- Bergqvist, L. P., & Almeida, E. B. (2004). Biodiversidade de mamíferos fósseis brasileiros. *Geociências*, 9(6), 54-68.
- 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: IX Congresso da ABEQUA – Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. *Anais...*
- Buchmann, F. S. C., Lopes, R. P., & Caron, F. (2009). Icnofósseis (paleotocas e crotovinas) atribuídos a mamíferos extintos no Sudeste e Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 12 (3), 247-256.

- Buchmann, F. S. C. "Estudo Paleontológico Complementar com foco na ocorrência de Paleotocas na área de estudo do Projeto Vale do Rio Pardo". 2012,30f. Relatório Final. Projeto 1VNNS004 da Sul Americana Metais (SAM),2012.
- Buchmann, F. S. C., Frank, H. T., Ferreira, V. M. S., & Cruz, E. A. (2016). Evidência de vida gregária em paleotocas atribuídas a Mylodontidae (Preguiças-gigantes). *Revista Brasileira de Paleontologia*, 19 (2), 259-270.
- Dantas, M. A. T. & Tasso, M. A. de L. (2007). Megafauna do Pleistoceno final de Vitória da Conquista, Bahia: taxonomia e aspectos tafonômicos. *Scientia Plena*, 3 (3), 30-36.
- Dantas, M. A. T. (2009). Primeiro Registro de Fósseis de Mamíferos Pleistocênicos em Caverna de Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*,12 (2),161-164.
- De Angelo, V. A. (2019). Guerra do Contestado - Conflito alcançou enormes proporções. Educação UOL, 2019. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/historia-brasil/guerra-do-contestado-conflito-alcançou-enormes-proporcoes.htm>> Acesso em 21 de jul. 2021.
- Dentzien-Dias, P. C., Figueiredo, A. E. Q., & Schultz, C. L. (2012). Sobre a gênese das tocas de tetrápodes do paleozoico e mesozoico. *Pesquisa em Geociências*, 39 (2), 99-107.
- Dondas, A., Isla, F. I., & Carvallido, J. L. (2009). Paleocaves exhumed from the Miramar Formation (Ensenadan Stage-age Pleistocene), Mar del Plata, Argentina. *Journal Quaternary International*, 209, 44-50.
- Frank, H. T., Buchmann, F. S. C., Lima, L. G., Lopes, R. P., Fornari, M., & Caron, F. (2011a). Interdisciplinaridade aplicada a paleotocas. In: 31º Congresso Brasileiro de Espeleologia. *Anais...*
- Frank, H. T., Buchmann, F. S. C., Lima, L.G., Caron, F., Lopes, R. P., & Fornari, M. (2011b). Karstic features generated from large palaeovertebrates tunnels in southern Brazil. *Espeleo-Tema*, 22 (1), 139-153.
- Frank, H. T., Oliveira, L. D., Vicoski, F. N., Breier, R., Pasqualon, N. G., Araújo, T., & Caron, F. (2012). The complex history of a sandstone-hosted cave in the state of Santa Catarina, Brazil. *Espeleo-Tema*, 23 (2), 87-101.
- Frank, H. T., Lima, L. G., Gerhard, N. P., Caron, F., Buchmann, F. S. C., Fornari, M., & Lopes, R. P. (2013). Description and Interpretation of Cenozoic Vertebrate Icnofossils in Rio Grande do Sul State, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16 (1), 83-96.
- Frank, H. T., Althaus, C. E., Dario, E. M., Tramontina, F. B., Marquês, R. A., & Almeida, L. M. (2015) Underground chambers systems excavated by Cenozoic ground sloths in the state of Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 18 (2), 273-284.
- Fortes, E., Dal Santo, T., & Volkmer, S. (2014). Aplicação de perfis de varredura na análise geomorfológica do relevo de borda planáltica e mapeamento de superfícies estruturais. *Revista GEONORTE*, 10 (6), 41-47.
- Gamble, D. W., Dogwiler, J. T., & Mylroie, J. (2000). Field assessment of the microclimatology of tropical flank margin caves. *Climate Research*, 16, 37-50.
- Gavin, D. G., Fitzpatrick, M. C., Guggen, P. F., Heath, K. D., Rodríguez-Sánchez, F., Dobrowski, S. Z., Hampe, A., Hu, F. S., Ashcroft, M. B., Bartlein, P. J., Blois, J. L., Carstens, B. C., Davis, E. B., Lafontaine, G. de., Edwards, M. E., Fernandez, M., Henne, P. D., Herring, E. M., Holden, Z. A., Kong, W., Liu, J., Magri, D., Matzke, N. J., McGlone, M. S., Saltré, F., Stigall, A. L., Tsai, Y. -H. E., & Williams, J. W., (2014). Climate refugia: joint inference from fossil records, species distribution models and phylogeography. *New Phytologist*, 204, 37-54.
- Ghilardi, A. M. *Megafauna do Quaternário Tardio dos depósitos cársticos do Alto Vale do Ribeira, Sudeste do Estado de São Paulo, Brasil*. 2011,122f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), 2011.
- Goodman, L. A. (1961). Snowball Sampling. *Annals of Mathematical Statistics*, 21 (1), 148-170.
- Hasiotis, S. T., Wellner, R. W., Martin, A. J., & Denko, T. J. (2004). Vertebrate Burrows from Triassic and Jurassic Continental Deposits of North América and Antarctica: Their Paleoenvironmental and Paleocological Significance. *Ichnos*, 11 (2), 103-124.
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.
- Leonardi, G. (1992). Sulle prime piste fossiliditetrápodidel Paraguay. *Paleocronache*, 1,66-67.
- Ludka, V. M., Feitosa, J. R.T., & Fraga, N. C. (2012). Espaços Sagrados Ligados a Guerra do Contestado no Território do Planalto Norte Catarinense: Turismo Religioso nas Fontes, Cruzeiros e Capelas Dedicadas ao Monge João Maria de Jesus. *Caderno de Estudos e Pesquisas do Turismo*, 1 (1), 23-143.
- Mendes, M. S., Zanesco, T., Melki, L. B., Rangel, C. C., Ferreira, B. M., Lima, C. V., Oliveira, M. A., & Candeiro, C. R. dos A. (2020) Eremotherium (Xenarthra, Mammalia) materials from the collections of Laboratório de Paleontologia e Evolução and Laboratório de Geologia of Universidade Federal de Goiás. *Research, Society and Development*, 9 (7), 1-13.
- Milani, E. J., Melo, J. H. G., Souza, P. A., Fernandes, L. A., & França, A. B. (2007). Bacia do Paraná. *Revista de Geociências (Petrobrás)*, 15 (2), 265-287.
- O'Dea, A., Lessios, H. A., Coates, A. G., Eytan, R. I., Restrepo-Moreno, S. A., Cione, A.L., Collins, L.S., de Queiroz, A., Farris, D. W., Norris, R. D., Stallard, R. F., Woodburne, M. O., Aguilera, O., Aubry, M.,P., Berggren, W. A., Budd, A. F., Cozzuol, M. A., Coppard, S. E., Duque-Caro, H., Finnegan, S., Gasparini, G. M., Grossman, E. L., Johnson, K. G., Keigwin, L.D., Knowlton, N., Leigh, E. G., Leonard-Pingel, J. S., Marko, P. B., Pyenson, N. D., Rachello-Dolmen, P. G., Soibelzon, E., Soibelzon, L., Todd, J. A., Vermeij, G. J., & Jackson, J. B. C. (2016). Formation of the Isthmus of Panama. *Science Advances*, 2, (1600883), 1-11.
- Perea, D., Soto, M., Veroslavsky, G., Martínez, S., & Ubilla, M. (2009). A Late Jurassic fossil assemblage in Gondwana. Biostratigraphy and correlations of the Tacuarembó Formation, Parana Basin, Uruguay. *Journal of South American Earth Sciences*, 28, 168-179.

- Pereira, D. C., Oliveira, R., Carneiro, M. M., Lima, D., & Cassol Pinto, M. L. (2014). Lineamentos estruturais da borda oriental da Bacia Sedimentar do Paraná: um estudo entre Carambé e Ponta grossa, nos campos gerais do Paraná. *Revista GEONORTE*, 10 (6), 167-172.
- Porchetti, S. D., Bertini, R.J., & Langer, M. C. (2018). Proposal for Ichnotaxonomic Allocation of Therapsid Footprints from the Botucatu Formation (Brazil). *Ichnos*, 25 (2), 192–207.
- Reis, G. S., Mizusaki, A. M., Roisenberg, A., & Rubert, R. R. (2014). Formação Serra Geral (Cretáceo da Bacia do Paraná): um análogo para os reservatórios ígneo-básicos da margem continental brasileira. *Pesquisa em Geociências*, 41 (2), 155-168.
- Sanford, R. M. & Lange, F. W. (1960). Basin study approach for oil evaluation of Paraná Miogeosyncline of South Brazil. *Bulletin American Association of Petroleum Geologists*, 44, 1316–1370.
- Scherer, C. M. S. (2000). Eolian dunes of the Botucatu Formation (Cretaceous) in Southernmost Brazil: morphology and origin. *Sedimentary Geology*, 137, 63–64.
- Scherer, C. M. S. (2002). Preservation of aeolian genetic units by lava flows in the Lower Cretaceous of the Paraná Basin, Southern Brazil. *Sedimentology*, 49, 97–116.
- Schneider, C. A., Rasband, W. S., & Eliceiri, K. W. (2012) "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". *Nature Methods*, 9, 671-675.
- Sedor, F. A., Born, P. A., & Santos, F. M. S. (2004). Fósseis Pleistocênicos de Scelidodon (Mylodontidae) e Tapirus (Tapiridae) em Cavernas Paranaenses (PR, sul do Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 33 (4), 121-128.
- Spoladore, A. (2005). Províncias e distritos espeleológicos areníticos no estado do Paraná. XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ESPELEOLOGIA. *Anais...*
- Sponholz B. (2003) Sandstone karst and palaeo-sandstone weathering; its palaeoenvironmental implication and Holocene impact on groundwater flow. In: Congress of the International Union for Quaternary Research, Wuerzburg. *Anais...*
- Vizcaino, S. F., Zarate, M., Bargo, S., & Dondas, A. (2001). Pleistocene burrows in the Mar del Plata área (Argentina) and their probable builders. *Acta Paleontológica Polonica*, 46 (2), 289-301
- Vogel, H. F., Schipanski, H. J., Geller, I. V., Fecht, A. C., & Martello, A. R. (2015). Primeiro registro de uma paleocavidade para o município de União da Vitória, Paraná, sul do Brasil. In: Ciclo De Eventos Da Semana Do Biólogo. *Anais...*
- Wray, R. A. L. (2009). Phreatic drainage conduits within quartz sandstone: Evidence from the Jurassic Precipice Sandstone, Carnarvon Range, Queensland, Australia. *Geomorphology*, 110, 203–211.
- Wray, R. A. L. & Sauro, F. (2017). An updated global review of solutional weathering processes and forms in quartz sandstones and quartzites. *Earth-Science Reviews*, 171, 520–557.