

Coprólitos da Formação Rio do Rasto (Neopermiano da Bacia do Paraná) registrados no estado do Paraná

RAÍSSA CRISTINA OLIVEIRA FONTANELLI¹ & CRISTINA SILVEIRA VEGA¹

¹Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil
raissacfontanelli@gmail.com; cvega@ufpr.br

Resumo

Coprólitos (fezes fossilizadas) são icnofósseis que permitem inferências paleoecológicas únicas sobre as cadeias alimentares do passado. Na Bacia do Paraná, a Formação Rio do Rasto apresenta uma rica fauna representada por fósseis de tetrápodes, peixes, plantas e invertebrados atribuídos ao Neopermiano. Entretanto, os coprólitos encontrados nos afloramentos dessa unidade no estado do Paraná ainda não tinham sido formalmente descritos. Dessa forma, buscou-se descrever a morfologia dos coprólitos e identificar as inclusões, a fim de compreender as cadeias alimentares operantes nos ecossistemas pretéritos da Formação Rio do Rasto. Os 19 coprólitos estudados são oriundos de dois afloramentos da porção superior do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto, localizados nas coordenadas 23°50'S/50°37'O e 23°59'S/51°05'O. As amostras encontram-se tombadas no Laboratório de Paleontologia (LABPALEO) do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná. Os coprólitos foram descritos em relação à morfologia e à natureza das inclusões. Adicionalmente, alguns exemplares foram selecionados para a confecção de lâminas delgadas. Dos 19 coprólitos estudados, 12 apresentaram formas espiraladas, atribuídos como gerados por peixes, e 7 são classificados como indeterminados. Nas lâminas petrográficas observou-se que a matriz dos coprólitos é composta principalmente por apatita amorfa. Em menores quantidades, observou-se carbonato na forma de micrita e porcentagem variável (5-40%) de minerais opacos. Inclusos na matriz ocorrem escamas, tamanho entre 0,5 a 6 mm, e fragmentos de ossos, 0,2 a 5 mm, ambos compostos por apatita. Algumas escamas apresentam a estrutura *peg-and-socket*, associada aos peixes paleonisciformes. Em afloramento, nos mesmos níveis em que são encontrados os coprólitos, ocorrem diversas escamas isoladas desses peixes. Isso reforça a ideia de os Palaeonisciformes serem os produtores dos coprólitos espiralados anfipolares. Ademais, a presença de inclusões de fragmentos de ossos e escamas de peixe também mostram que os produtores apresentavam hábito alimentar carnívoro.

Palavras-chave: Coprólito, Permiano, Bacia do Paraná

Abstract

*Coprolites (fossil feces) are ichnofossils that allow unique paleoecological inferences about past food chains. In Paraná Basin, the Rio do Rasto Formation has a rich fauna mainly represented by fossils of tetrapods, fishes, plants, and invertebrates attributed to the Neopermian age. However, the coprolites founded in the outcrops of the Rio do Rasto Formation at the Paraná region had never been formally described. Thus, we characterized morphologically and identified the inclusions to a better knowledge of the food chains on past ecosystems of the Rio do Rasto Formation. The 19 studied coprolites came from two outcrops of the Morro Pelado Member, the upper portion of Rio do Rasto Formation, located at the coordinates 23°50'S/50°37'W and 23°59'S/51°05'W. The studied samples are deposited at the Laboratório de Paleontologia (LABPALEO) of Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. We described the coprolites based on their morphology and the nature of the inclusions. Additionally, some exemplars were selected to thin sections. From the 19 coprolites described, 12 have spiraled structures, attributed as generated by fishes, and 7 are classified as indeterminates. In thin section, the coprolites matrix is mainly composed of amorph apatite. In minor quantities, we also identified micritic carbonate and variable percentage (5-40%) of opaque minerals. Included on the matrix, there are scales, with sizes between 0.5 mm to 6 mm, and bone fragments, 0.2 mm to 5 mm, both composed of apatite. We observed that some scales have a *peg-and-socket* structure, which is related to paleonisciform fishes. In the outcrops, at the same levels where the coprolites are found, commonly occur isolated scales of these fishes. It reinforces the idea that the Palaeonisciformes were the producers of the anfipolar spiral coprolites. Therefore, the presence of bones and fish scales inclusions also reveals that the producers had a carnivorous habit.*

Keywords: Coprolite, Permian, Paraná Basin

Introdução

Coprólitos constituem fezes fossilizadas cujo estudo é uma ferramenta única para a reconstrução de cadeias tróficas e da paleoecologia (Carvalho 2007). Eles estão relacionados a um grupo de icnofósseis denominados de bromatólitos que representam resíduos fossilizados do trato intestinal de animais (Hunt 1992). Ademais de sua importância paleoecológica, os coprólitos, quando ocorrem em quantidades significativas, apresentam importância bioestratigráfica (Carvalho et al. 2009).

Os coprólitos apresentam diferentes formas e tamanhos a depender do organismo produtor (Fernandes et al. 2007). Na classificação morfológica, um aspecto relevante, segundo Souto (2007), é a análise das extremidades que podem ser isopolares (extremidades iguais) ou anisopolares (extremidades diferentes). E, quando se trata de coprólitos espirais, estes podem ser do tipo heteropolar, no qual há poucas e amplas espiras que se concentram em uma das extremidades, ou do tipo anfipolar, em que as espiras ocorrem ao longo de todo o coprólito (Neumayer 1904).

Uma das características diagnósticas mais marcantes é a presença de inclusões que representam restos de presas não-digeridas (Thulborn 1991). Desta forma, o estudo por meio de seções delgadas pode ajudar a revelar a composição e a natureza das inclusões, como ossos de organismos predados, escamas, cianobactérias, fragmento de plantas e invertebrados (Northwood 2005), e, juntamente, informações petrográficas sobre a composição da matriz e a tafonomia (Dentzien-Dias et al. 2012).

Os icnofósseis estudados são provenientes de afloramentos da porção superior do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto, localizados no norte do estado do Paraná (Figura 1). Eles foram descritos em relação a morfologia, presença de inclusões e feições superficiais. Uma análise complementar foi feita a partir do estudo dos coprólitos em lâmina petrográfica que visou, principalmente, a caracterização das inclusões encontradas.

Contexto geológico

A Formação Rio do Rasto representa a unidade superior do Grupo Passa Dois, este inserido no final da Supersequência Gondwana I que registra a progressiva continentalização da Bacia do Paraná (Milani et al. 1998). A compartimentação estratigráfica da Formação Rio do Rasto é feita no Membro Serrinha, porção inferior, com espessuras variando de 150 a 250 m, e no Membro Morro Pelado, superior, com 250-350 m de espessura (Holz et al. 2010).

O Membro Serrinha é composto por lamitos e arenitos finos, e tem seu ambiente deposicional interpretado como formado por lagos rasos com influências esporádicas de ondas de tempestade e incursões fluviais (Rohn 1994). Segundo Holz et al. (2010), a passagem do membro Serrinha para o Membro Morro Pelado ocorre de forma transicional na porção centro leste da bacia.

O Membro Morro Pelado se distingue da unidade subjacente pelo maior predomínio de corpos areníticos, em que há uma tendência de aumento da granulação em direção ao topo (Holz et al. 2010). O sistema deposicional desta unidade já foi interpretado de modos distintos. Rohn (1994) interpreta o Membro Morro Pelado como tendo sido depositado em um grande sistema lacustre durante a instalação de condições desérticas. Em estudo sobre a sedimentação do Membro Morro Pelado nos estados do Paraná e Santa Catarina, Schemiko et al. (2014) o definem como composto pelo empilhamento de fácies relacionadas a depósitos fluviais distributários, deltaicos e eólicos. Warren (2006), sobre a faixa aflorante na região centro-sul de Santa Catarina, define o Membro Morro Pelado como caracterizado por depósitos tabulares lateralmente contínuos associados a fluxos hiperpicnais de barras de desembocadura deltaicas.

Os fósseis da Formação Rio do Rasto oferecem um importante registro do Neopermiano da Bacia do Paraná (Langer et al. 2008). Esta unidade é composta por uma

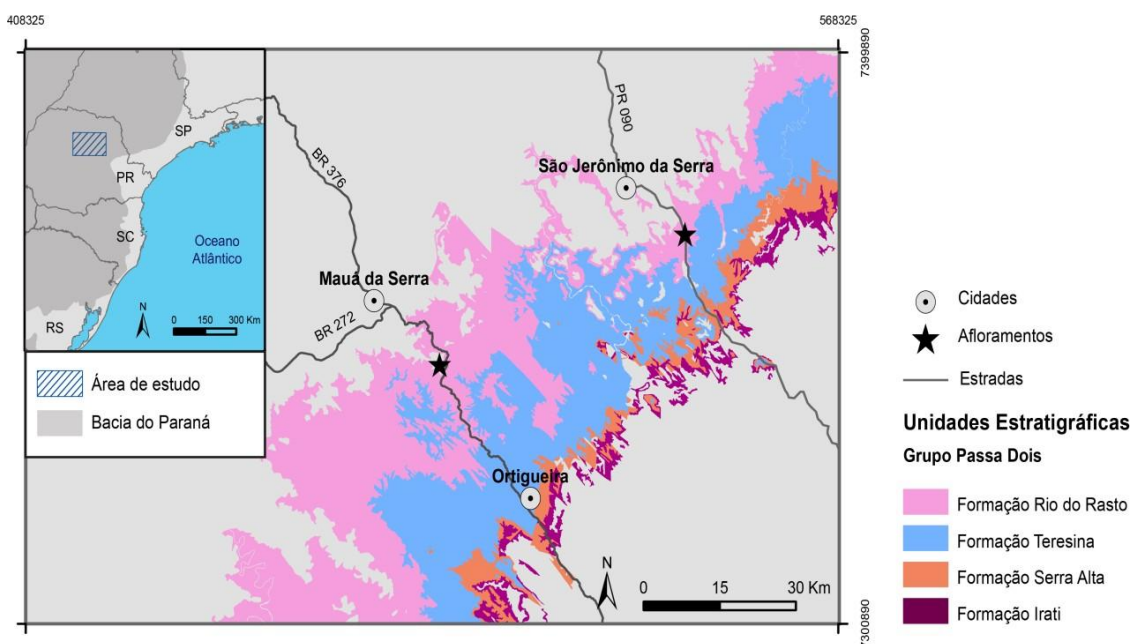


Figura 1 – Mapa com a localização dos afloramentos de procedência dos fósseis estudados.

rica fauna de vertebrados como tetrápodes, peixes dipnoicos, actinoptérgios e elasmobrânquios (Barberena et al. 1985; Richter e Langer 1998; Cisneros et al. 2005; Pauliv et al. 2014), além de fósseis de plantas, invertebrados e icnofósseis (Rohn 1988; Rohn e Rösler 1990, 2000; Dentzien-Dias et al. 2012; Francischini et al. 2018).

Materiais e métodos

Os materiais estudados encontram-se tombados na Coleção de Paleontologia de Vertebrados do Laboratório de Paleontologia (LABPALEO) da Universidade Federal do Paraná. Nesse estudo foram descritos os coprólitos identificados pelos códigos UFPR 0250 PV, UFPR 0256 PV, UFPR 0265 PV, UFPR 0266 PV, UFPR 0286 PV – UFPR 0289 PV, UFPR 0291 PV – UFPR 0296 PV, UFPR 0303 PV, UFPR 0304 PV, UFPR 0306 PV, UFPR 0318 PV e UFPR 0326 PV, que totalizaram 19 exemplares de coprólitos estudados.

A classificação morfológica dos coprólitos foi realizada com base nas propostas de Dentzien-Dias et al. (2012) e Hunt et al. (2012). Para a análise das inclusões e da matriz que constitui os coprólitos, foram confeccionadas sete lâminas petrográficas a partir dos exemplares identificados pelos códigos UFPR 0286 PV, UFPR 0287 PV, UFPR 0289 PV, UFPR 0290 PV, UFPR 0291 PV, UFPR 0295 PV e UFPR 0296 PV.

Resultados e discussões

De acordo com a classificação morfológica e com relação a extremidades, observou-se que cinco coprólitos podem ser classificados como isopolares, sete como anisopolares e sete como indeterminado. A classificação com relação às formas espiraladas obteve como resultado nove coprólitos classificados como heteropolares, três como anfipolares e sete como indeterminados (Figura 2). Dentre os coprólitos heteropolares, destaca-se também a

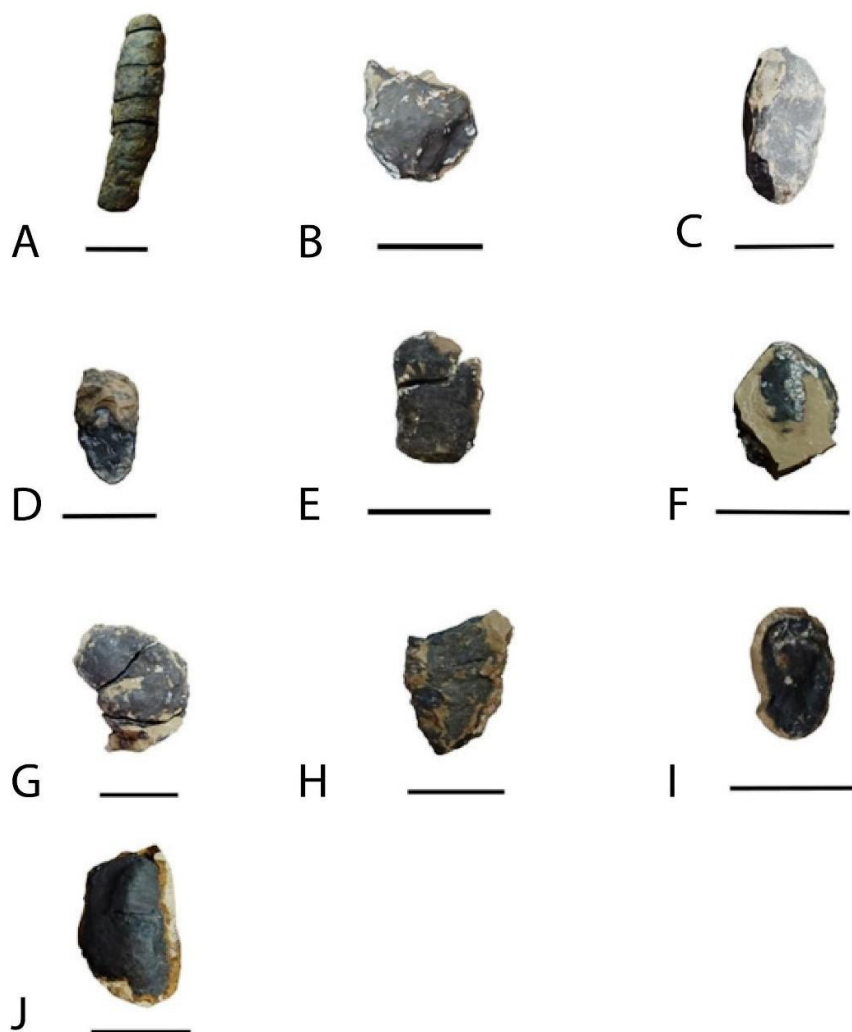


Figura 2 – Foto dos principais coprólitos estudados, procedentes da Formação Rio do Rasto, estado do Paraná. **A** – Coprólito isopolar e anfipolar, UFPR 0286 PV. **B** – Coprólito anisopolar e heteropolar, UFPR 0287 PV. **C** – Coprólito isopolar e heteropolar, UFPR 0288 PV. **D** – Coprólito de morfotipo indeterminado, UFPR 0289 PV. **E** – Coprólito isopolar e anfipolar, UFPR 0291 PV. **F** – Coprólito anisopolar e heteropolar, UFPR 0292 PV. **G** – Coprólito anisopolar e heteropolar UFPR 0293 PV. **H** – Coprólito de morfotipo indeterminado, UFPR 0294 PV. **I** – Coprólito anisopolar e heteropolar, UFPR 0295 PV. **J** – Coprólito de morfotipo indeterminado, UFPR 0296 PV. Escalas: 2 cm.

identificação de seis coprólitos com a morfologia do tipo Nó identificada por Dentzien-Dias et al. (2012) para a Formação Rio do Rasto aflorante no Rio Grande do Sul.

A maior parte dos coprólitos estudados, doze exemplares, foram definidos como coprólitos espiralados. Os coprólitos espiralados são atribuídos a peixes com válvula espiral (Hunt 1992; Sumner 1994). Isso se deve a evidências que sugerem que a maioria, se não todos, os grupos primitivos de peixes apresentavam alguma forma de intestino valvular capaz de produzir fezes espiraladas, enquanto que há muito pouca evidência que suporte a existência de válvula intestinal espiral em outros grupos de vertebrados além de peixes (Sumner 1994). De acordo com Johnson (1934) *apud* Northwood (2005) os peixes paleoniscídeos provavelmente apresentavam válvula espiral simples e produziam fezes anfipolares.

Os coprólitos heteropolares apresentam como produtores tubarões, pois estudos observacionais e experimentais têm revelado que peixes atuais com válvulas espirais relativamente simples (e.g. peixes dipnoicos) produzem fezes com estruturas anfipolares, enquanto que tubarões com válvulas mais complexas produzem fezes com estru-

turas heteropolares (Williams 1972; Jain 1983; McAllister 1995 *apud* Northwood 2005).

A análise de coprólitos em seção delgada busca compreender e identificar a natureza das inclusões encontradas nos coprólitos e sua composição mineralógica. A matriz dos coprólitos é composta principalmente por apatita amorfa e incipientemente, carbonato na forma de micrita. Também ocorre porcentagem variável (5-40%) de minerais opacos nas lâminas de coprólitos estudadas. Inclusos na matriz ocorrem escamas e fragmentos de ossos, ambos compostos por apatita.

Os fragmentos de ossos têm tamanho variando de 0,2 a 5 mm (Figura 3A). As escamas variam de 0,5 a 6 mm de comprimento (Figura 3B) e ocorrem isoladas ou como aglomerados (Figura 3C e D). Algumas escamas apresentam morfologia da estrutura *peg-and-socket*, associada a escamas de peixes paleonisciformes (Carroll 1988). As escamas encontradas inclusas apresentam apenas a porção composta pela série de camadas de esmalte denominada de ganoína preservada. Em uma das lâminas, foi possível reconhecer uma mandíbula na qual é possível identificar os dentes (Figura 3E).

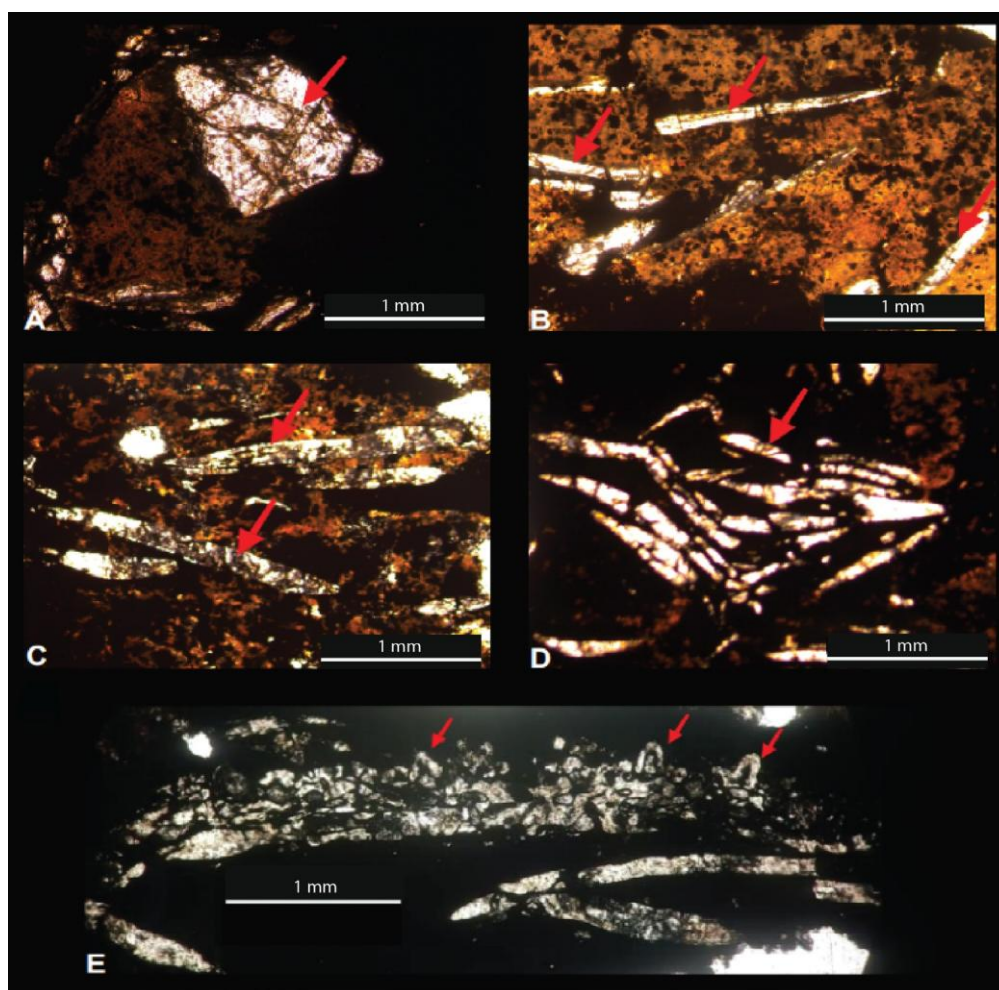


Figura 3 – Fotografias das lâminas petrográficas feitas a partir dos coprólitos. **A** – Inclusão de fragmento de osso, UFPR 0295 PV. **B** – Escamas em corte longitudinal, UFPR 0295 PV. **C** – Escamas com morfologia de estrutura *peg-and-socket*, UFPR 0295 PV. **D** – Aglomerado de escamas em corte transversal, UFPR 0291 PV. **E** – Mandíbula encontrada no UFPR 0287 PV, as flechas indicam os dentes. As estruturas estão indicadas por flechas vermelhas. Escalas: 1 mm.

Conclusões

Na literatura, os coprólitos espiralados são atribuídos como tendo sido produzidos por peixes. Dos dezenove coprólitos estudados, doze apresentaram formas espiraladas, podendo então serem atribuídos a peixes como organismos geradores. São encontrados, nos afloramentos estudados, diversas escamas isoladas de peixes Palaeonisciformes, além das escamas encontradas inclusas na matriz dos coprólitos. Deste modo, os Palaeonisciformes podem ser os produtores de tais coprólitos.

Em lâminas petrográficas, foi possível observar inclusões de escamas e fragmentos de ossos. A presença de inclusões de fragmentos de ossos e escamas de peixe indica que o provável produtor do coprólito era carnívoro. Futuramente, um estudo paleohistológico dos fragmentos de ossos e das escamas poderia ser realizado de modo a obter mais informações dos restos de organismos fossilizados inclusos nos coprólitos.

Ademais, em campo, observou-se que coprólitos ocorrem com certa abundância no afloramento de São

Jerônimo da Serra. Os coprólitos são encontrados em diferentes níveis estratigráficos nas camadas de rochas pelíticas e nos quais ocorrem também escamas isoladas, fragmentos de ossos, bivalves e conchostráceos. O modo de ocorrência dos coprólitos pode estar diretamente relacionada ao contexto deposicional fluvial da Formação Rio do Rasto (Schemiko et al. 2014) pois, segundo Edwards e Yatkola (1974), os ambientes com maiores chances de preservação de coprólitos estão relacionados a ambientes fluviais de baixa energia, com deposição de sedimentos finos.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais aos colegas do LABPALEO pelos apontamentos, críticas e conselhos que ajudaram no aprimoramento do estudo. Também aos laboratórios LABPALEO, LAMIR, LAPEM e Oficina de Laminação, vinculados ao Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, pela disponibilização da estrutura necessária para a realização do estudo.

Referências

- Barberena MC; Araújo DC & Lavina EL 1985. Late Permian and Triassic tetrapods of Southern Brazil. *National Geographic Research*, 1(1): 5-20.
- Carroll RL 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. New York, W.H. Freeman and Company, 698 p.
- Carvalho IS 2007. Icnofósseis de vertebrados. In: Carvalho IS & Fernandes ACS (Eds). *Icnologia*. São Paulo, SBG, Série Textos nº 3, p. 58-73.
- Carvalho IS; Souto PRF & Silva RC 2009. Icnofósseis de Vertebrados. In: Atila ASR (Ed). *Vertebrados fósseis de Santa Maria e região*. Santa Maria, Pallotti, v 1, p. 253-277.
- Cisneros JC; Abdala F & Malabarba MC 2005. Pareiasaurids from the Rio do Rasto Formation, Southern Brazil: biostratigraphic implications for Permian faunas of the Paraná Basin. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 8(1): 13-24.
- Dentzien-Dias PC; Figueiredo AEQ; Horn B; Cisneros JC & Schultz CL 2012. Paleobiology of a unique vertebrate coprolites concentration from Rio do Rasto formation (Middle/Upper Permian), Paraná Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 40: 53-62.
- Edwards PD & Yatkola D 1974. Coprolites of White Howe River (Oligocene) carnivorous mammals: origin and paleo-ecologic and sedimentologic significance. *Contributions to Geology*, 13:67-73.
- Fernandes ACS; Carvalho IS & Agostinho S 2007. Icnofósseis: conceitos gerais. In: Carvalho IS & Fernandes ACS (Eds). *Icnologia*. São Paulo, SBG, Série Textos nº 3, p. 8-23.
- Francischini H; Dentzien-Dias P; Guerra-Sommer M; Menegat R; Santos JOS; Manfroi J & Schultz CL 2018. A middle Permian (Roadian) lungfish aestivation burrow from the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin, Brazil) and associated U-Pb dating. *Palaios*, 33(2): 69-84.
- Holz M; França AB; Souza PA; Iannuzzi R & Rohn R 2010. A stratigraphic chart of the LateCarboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, 29: 381-399.
- Hunt AP 1992. Late Pennsylvanian coprolites from the Kinney Brick Quarry, central New Mexico, with notes on the classification and utility of coprolites. *New Mexico Bureau of Mines and Mineral Resources Bulletin*, 138: 221-229.
- Hunt AP; Lucas SG; Milàn J & Spielmann JA 2012. Descriptive terminology of coprolites and recent feces. *Vertebrate Coprolites*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 57: 153-160.
- Jain SL 1983. Spirally coiled 'coprolites' from the Upper Triassic Maleri Formation, India. *Palaeontology*, 26: 813-829.
- Langer MC; Eltink E; Bittencour JS & Rohn R 2008. Serra do Cadeado, PR – Uma janela paleobiológica para o Permiano continental Sul-americano. In: Winge M; Schobbenhaus C; Souza CRG; Fernandes ACS; Berrbert-Born M & Queiroz ET (Eds) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos – SIGEP007, p. 3-20. Disponível em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio007/sitio007.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- Milani EJ; Faccini UF; Scherer CMS; Araújo LM & Cupertino JA 1998. Sequences and stratigraphic hierarchy of the Paraná Basin (Ordovician to Cretaceous), Southern Brazil. *Boletim IG-USP, Série Científica*, 29: 125-173.

- Neumayer L 1904. Die Koprolithen des Perm von Texas. *Palaeontographica*, 51: 121-128.
- Northwood C 2005. Early Triassic coprolites from Australia and their palaeobiological significance. *Palaeontology*, 48(1): 49-68.
- Pauliv VE; Dias EV; Sedor FA & Ribeiro AM 2014. A new Xenacanthiformes (Chondrichthyes, Elasmobranchii) from the Late Paleozoic Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 86: 135-145.
- Rohn R 1988. *Bioestratigrafia e paleoambientes da Formação Rio do Rasto na borda leste da Bacia do Paraná (Permiano Superior, Estado do Paraná)*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 331p.
- Rohn R 1994. *Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, 251p.
- Rohn R & Rösler O 1990. Conchostráceos da Formação Rio do Rasto (Bacia do Paraná, Permiano Superior): bioestratigrafia e implicações paleoambientais. *Revista Brasileira de Geociências*, 9: 486-493.
- Rohn R & Rösler O 2000. Middle to Upper Permian phytostratigraphy of the Eastern Paraná Basin. *Revista Universidade de Guarulhos, Geociências*, 5(número especial): 69-73.
- Richter M & Langer MC 1998. Fish remains from the Upper Permian Rio do Rasto Formation (Paraná Basin) of southern Brazil. *Journal of African Earth Science*, 27: 158-159.
- Schemiko DCB; Vesely FF; Fernandes LA & Soweck GA 2014. Distinção dos elementos deposicionais fluviais, eólicos e lacustres do Membro Morro Pelado, Permiano Superior da Bacia do Paraná. *Geologia USP. Série Científica*, 14(3): 29-46.
- Souto PRF 2007. Coprólitos. In: Carvalho IS & Fernandes ACS (Eds). *Iconologia*. São Paulo, SBG, Série Textos n° 3, p. 84-87.
- Sumner D 1994. Coprolites from the Viséan of East Kirkton, West Lothian, Scotland. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh Earth Sciences*, 84: 413-416.
- Thulborn RA 1991. Morphology, preservation and palaeobiological significance of dinosaur coprolites. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 83: 341-366.
- Warren LV 2006. *Evolução sedimentar da Formação Rio do Rasto na região centro-sul do Estado de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, 174 p.
- Williams ME 1972. The origin of 'spiral coprolites. *Palaeontological Contributions*, 59: 1-19.