

Salvamento paleontológico, ambiente deposicional e correlação estratigráfica de uma seção da Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná)

Paleontological rescue, depositional environment, and stratigraphic correlation of a section of the Ponta Grossa Formation (Paraná Basin)

Rescate paleontológico, ambiente depositacional y correlación estratigráfica de una sección de la Formación Ponta Grossa (Cuenca del Paraná)

Elvio Pinto Bosetti

<https://orcid.org/0000-0003-1120-4933>

elviobosetti@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Iniwara Kurovski Pereira

<https://orcid.org/0000-0002-8325-2128>

iniwara47@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Lucinei Jose Myszynski Junior

<https://orcid.org/0000-0003-0238-7053>

lucinei.junior@ifpr.edu.br

*Instituto Federal do Paraná,
IFPR, Jaguariaívoa, PR*

Kevin William Richter

<https://orcid.org/0000-0002-2576-4117>

kevinwilliamrichter@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Daniel Sedorko

<https://orcid.org/0000-0002-9324-3460>

sedorko@ufu.br

*Universidade Federal de Uberlândia,
UFU, Monte Carmelo, MG*

Gabrieli Goltz

<https://orcid.org/0000-0002-5664-8872>

gabrieligoltz@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Luana Oliveira

<https://orcid.org/0000-0002-6325-6789>

luanety18@gmail.com

*Universidade Estadual de Ponta Grossa,
UEPG, Ponta Grossa, PR*

Resumo: A área urbana de Ponta Grossa (PR) ocorre sobre um dos mais abundantes campos fossilíferos do país, que registra uma fauna endêmica que ocorreu no Devoniano da Bacia do Paraná. A crescente urbanização da cidade cada vez mais sepulta esses afloramentos, sendo crucial que novas obras tenham acompanhamento de uma equipe especializada para salvaguarda do patrimônio paleontológico. Este é o caso do empreendimento Bosque Mistral, que expôs muitas camadas da Formação Ponta Grossa, ricas em fósseis e icnofósseis. Este estudo reporta as principais ocorrências fossilíferas da seção, correlaciona a seção com sítios clássicos na literatura e interpreta os principais ambientes deposicionais e ciclos estratigráficos com uma análise integrada entre sedimentologia e icnologia. A distribuição icnológica também evidencia o padrão retrogradacional, e, particularmente, a ocorrência de icnofábricas dominadas por *Zoophycos* no topo da seção é assinatura de ciclos de alta frequência associada ao padrão transgressivo. A biodiversidade varia de acordo com a litologia, nas camadas arenosas e siltosas ocorrem organismos diferentes das camadas argilosas. Nas primeiras a fauna epibionte (trilobitas e braquiópodes principalmente) é predominante enquanto nas camadas argilosas o predomínio é da fauna endobionte e semi-endobionte (moluscos bivalves e braquiópodes infaunais). Ou seja, a distribuição dos táxons pelas camadas não se dá de maneira randômica.

Palavras chaves: Devoniano, Domínio Malvinocáfrico, Icnofácies *Cruziana*, *Zoophycos*, Geoconservação.

Abstract: The urban area of Ponta Grossa (PR) occurs on one of the most abundant fossiliferous fields in the country, which records an endemic fauna that occurred in the Devonian of the Paraná Basin. The growing urbanization of the city increasingly buries these outcrops, and new works must be accompanied by a specialized team to safeguard the paleontological heritage. This is the case of the Bosque Mistral project, which exposed many layers of the Ponta Grossa Formation, rich in fossils and trace fossils. This study reports the main fossiliferous occurrences in the section, correlates the section with classical outcrops from the literature, and interprets the main depositional environments as well stratigraphic cycles using an integrated analysis of sedimentology and ichnology. The ichnological distribution also evidences the retrogradational pattern, and, particularly, the occurrence of ichnofabrics dominated by *Zoophycos* at the top of the section is a signature of high-frequency cycles associated with the transgressive systems tract. Macrofossil biodiversity varies according to the facies, in the sandy and silty layers different organisms from the muddy layers occur. In the former, the epibiont fauna (mainly trilobites and brachiopods) is predominant while in the muddy layers the predominance is the endobiont and semi-endobiont fauna (bivalve mollusks and infaunal brachiopods). In other words, the distribution of taxa across the layers is not random.

Keywords: Devonian, Malvinokaffric Realm, *Cruziana* ichnofacies, *Zoophycos*, Geoconservation.

Resumen: El área urbana de Ponta Grossa (PR) se encuentra en uno de los campos fosilíferos más abundantes del país, que registra una fauna endémica que se presentó en el Devónico de la Cuenca del Paraná. La creciente urbanización de la ciudad entierra cada vez más estos afloramientos, y es fundamental que las nuevas obras vayan acompañadas de un equipo especializado para salvaguardar el patrimonio paleontológico. Este es el caso del proyecto Bosque Mistral, que expuso muchas capas de la Formación Ponta Grossa, ricas en fósiles y rastros de fósiles. Este estudio reporta las principales ocurrencias fosilíferas de la sección, correlaciona la sección con sitios clásicos en la literatura e interpreta los principales ambientes depositacionales y ciclos estratigráficos con un análisis integrado entre sedimentología e icnología. La distribución icnológica también evidencia el patrón retrogradacional y, particularmente,

la ocurrencia de icnofactorías dominadas por *Zoophycos* en la parte superior de la sección es una firma de ciclos de alta frecuencia asociados con el patrón transgresor. La biodiversidad varía según la litología, en los estratos arenosos y limosos se dan diferentes organismos de los estratos arcillosos. En el primero predomina la fauna de epibiontes (principalmente trilobites y braquiópodos) mientras que en los estratos arcillosos predomina la fauna de endobiontes y semiendobiontes (moluscos bivalvos y braquiópodos infaunales). En otras palabras, la distribución de taxones en las capas no es aleatoria.

Palabras clave: Devónico, Dominio Malvinocáfrica, Ichnofacies *Cruziana*, *Zoophycos*, Geoconservación.

INTRODUÇÃO

A crescente urbanização da sede do município de Ponta Grossa (PR) não raramente expõe à superfície rochas sedimentares fossilíferas do período Devoniano. Essa problemática foi pioneiramente abordada por Scheibel (1996) que buscou analisar a ação antrópica sobre os afloramentos presentes no sítio urbano de Ponta Grossa e, desde então, tem-se observado a deterioração de vários sítios, seja por ações do intemperismo ou pelo desenvolvimento e crescimento da cidade.

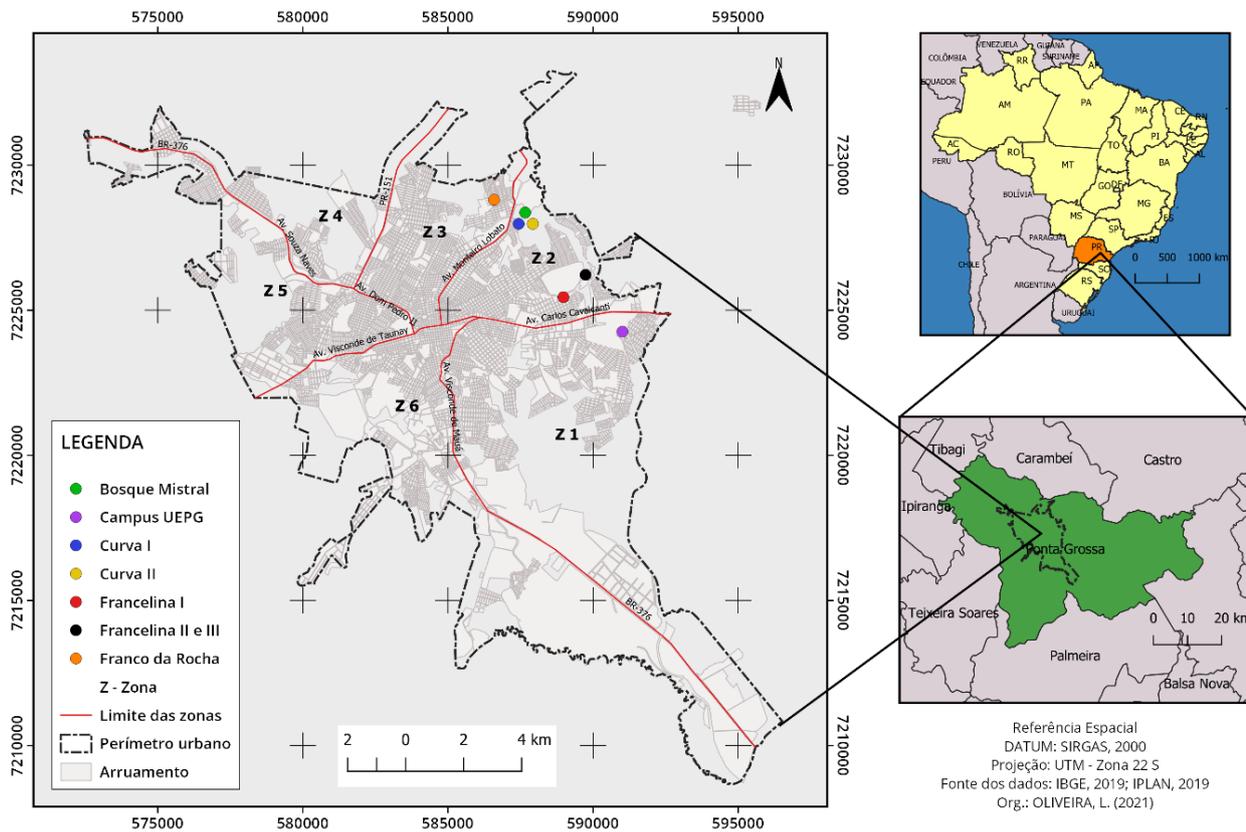
Por solicitação da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa (PMPG), quando da avaliação do projeto de Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) submetido ao Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Ponta Grossa (IPLAN), uma vistoria ao interior do empreendimento Bosque Mistral foi realizada pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde foram registrados pontos de exposição de rocha com conteúdo fóssil correspondente aos depósitos da Formação Ponta Grossa. Dessa forma foi elaborado e desenvolvido o *Projeto Técnico de Salvamento Paleontológico* devidamente registrado na Agência Nacional de Mineração (ANM) – Processo: 48051.000800/2109-70.

O Bosque Mistral é um novo empreendimento imobiliário localizado na Vila Baraúna, próximo ao cruzamento com a Avenida Monteiro Lobato, saída para Castro-PR, na área urbana do município de Ponta Grossa. Nas adjacências há dois importantes sítios paleontológicos já bastante conhecidos, os afloramentos 'Curva 1' (25°03'55,88''S; 50°08'00,06''W) e 'Curva 2' (25°03'58,97''S; 50°07'39''W) que são expostos ao logo da Ferrovia Central do Paraná e continuam preservados (Fig.1).

O projeto previu o acompanhamento dos trabalhos de remoção de blocos rochosos, correto acondicionamento deste material no local da obra e posterior retirada do conteúdo fossilífero para encaminhamento ao Laboratório de Estratigrafia e Paleontologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde análises mais pormenorizadas estão sendo realizadas. Pretendendo também compreender a origem dos depósitos sedimentares buscando a correlação estratigráfica destes afloramentos com as áreas adjacentes já conhecidas, este estudo apresenta uma correlação estratigráfica com a seção local, bem como uma análise paleoambiental embasada no conteúdo icnológico representado na seção.

Figura 1: Localização da área de estudo.

Afloramentos da Seção Nordeste de Ponta Grossa



Fonte: Oliveira, Bosetti & Myszynski (2021).

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os trabalhos de campo foram realizados durante cinco meses entre julho a novembro de 2019, com a utilização de maquinário pesado para a retirada de grandes blocos de rochas, os quais foram organizados em montículos de acordo com os níveis estratigráficos. Posteriormente foi efetivada a coleta manual intensiva de fósseis nestes grandes blocos (Fig. 2). Foram utilizadas também ferramentas de uso braçal como martelos estratigráficos, talhadeiras, picaretas e martelões rompedores.

Figura 2: Blocos de rochas organizados em montículos para a coleta manual.



Quando da exposição de paredões devido à abertura do terreno, ou ainda, camadas pouco espessas expostas à superfície, a coleta de material foi feita diretamente no afloramento, procedimento que facilitou o controle estratigráfico e o posicionamento das icnofábricas e demais estruturas sedimentares do novo sítio.

A metodologia utilizada, com acompanhamento diário *in loco* das obras propiciou o acesso à rocha não intemperizada, o que possibilitou a coleta de material em excelente estado de preservação. A coleta de material envolveu cuidadoso acondicionamento do mesmo, no qual precauções foram tomadas durante a embalagem das amostras a serem enviadas ao laboratório (Fig. 3).

Figura 3: Embalagem das amostras em campo.



Os trabalhos laboratoriais envolveram a curadoria do material coletado em campo, garantindo sua integridade, documentação, proteção e conservação. O processamento do material fóssil seguiu as seguintes etapas:

- I. **Limpeza:** Primeiramente, retirou-se a poeira e sedimentos impregnados na amostra com o auxílio de pincéis e lupas.
- II. **Preparação:** A preparação do exemplar para estudo depende do estado em que o fóssil chega ao laboratório. Fósseis preservados através do processo sedimentar clástico, são preparados mecanicamente com a retirada de grãos.
- III. **Identificação:** Esse procedimento pode envolver duas etapas: inicialmente, envolve uma etapa de identificação provisória e preliminar do grupo taxonômico ao qual o fóssil aparentemente pertence. Posteriormente, realiza-se a identificação acurada do material.
- IV. **Numeração e Tombamento:** Cada amostra recebeu (processo em andamento) um número tombo na coleção paleontológica. Esse número é marcado de modo a permanecer indefinidamente sendo seu número definido sob o acrônimo MPI. Após esse processo as informações obtidas no trabalho de campo e laboratorial são processadas e registradas nos livros tombo físico e digital. As informações são padronizadas e incluem: (a) Número da amostra ou espécime na coleção, (b) Táxon, (c) Bacia Sedimentar, (d) Unidade Litoestratigráfica, (e) Afloramento, (f) Localidade, (g) Idade e um campo para observações.
- V. **Acondicionamento:** As amostras ou espécimes, após o tombamento, são guardadas lado a lado em prateleiras e, por vezes, são acondicionadas em caixas de madeira sempre acompanhadas de etiquetas para o acesso exclusivo de pesquisadores.

A descrição faciológica considerou a textura, estruturas sedimentares, geometria das camadas e conteúdo icnológico. Os icnofósseis foram descritos de acordo com as icnotaxobases propostas por Bromley (1996) e quantificados seguindo o grau de bioturbação como proposto por Reineck (1963). Como a exposição bidimensional foi favorecida em alguns intervalos escavados, principalmente no topo da seção, adotou-se em alguns intervalos a descrição de icnofábricas.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Paraná configura uma ampla região sedimentar de aproximadamente de 1.600.000 km² no continente sul-americano, abrangendo porções do território brasileiro, paraguaio, argentino e uruguaio. Por sua especificidade em relação aos aspectos de posicionamento geotectônico e características tectono-sedimentares, é caracterizada como uma bacia *retro-foreland* para sinéclise pericratônica (Henrique-Pinto et al., 2021). Seu preenchimento sedimentar compreende seis supersequências (Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru), essas supersequências foram geradas em resposta

aos ciclos tectônico-eustáticos associados à evolução do Gondwana Ocidental, depositados do Ordoviciano Superior ao Cretáceo Superior (Milani et al., 2007).

Os depósitos marinhos a marinho raso formados no intervalo Siluro-Devoniano enquadram o Grupo Campos Gerais e abrangem três unidades litoestratigráficas as formações Furnas, Ponta Grossa e São Domingos (sensu: Grahn, Mendlowicz Mauller, Bergamaschi & Bosetti, 2013). Este estudo analisa exclusivamente a sucessão devoniana dos depósitos da Formação Ponta Grossa, caracterizada como predominantemente pelítica, cujo paleoambiente marinho plataformar é atestado por sua paleofauna, incluída no contexto endêmico do Domínio Malvinocáfrico (Richter, 1941). A macrofauna fóssil nesta sucessão é composta por invertebrados marinhos representados principalmente por anelídeos, bivalves, braquiópodes, calyptoptomatídeos, cnidários, equinodermas, gastrópodes, tentaculídeos e trilobitas, além de microfósseis, fragmentos vegetais e icnofósseis (Sedorko et al., 2021).

Foram reconhecidas 4 sequências deposicionais para a Supersequência Paraná: Lower Silurian; Siluro-Devonian, Devonian I e Devonian II (Sedorko, Netto & Savrda, 2018a). A seção Bosque Mistral representa o contexto transgressivo da sequência Siluro-Devonian, composta por arenitos médio a grossos da Formação Furnas, com icnofósseis representando expressões proximais da icnofácies *Cruziana* (Sedorko et al., 2017), sobrepostos por siltitos e argilitos a folhelhos da Formação Ponta Grossa, com expressões arquetípicas a distais da icnofácies *Cruziana* (Sedorko, Bosetti & Netto 2018b, Sedorko et al., 2019).

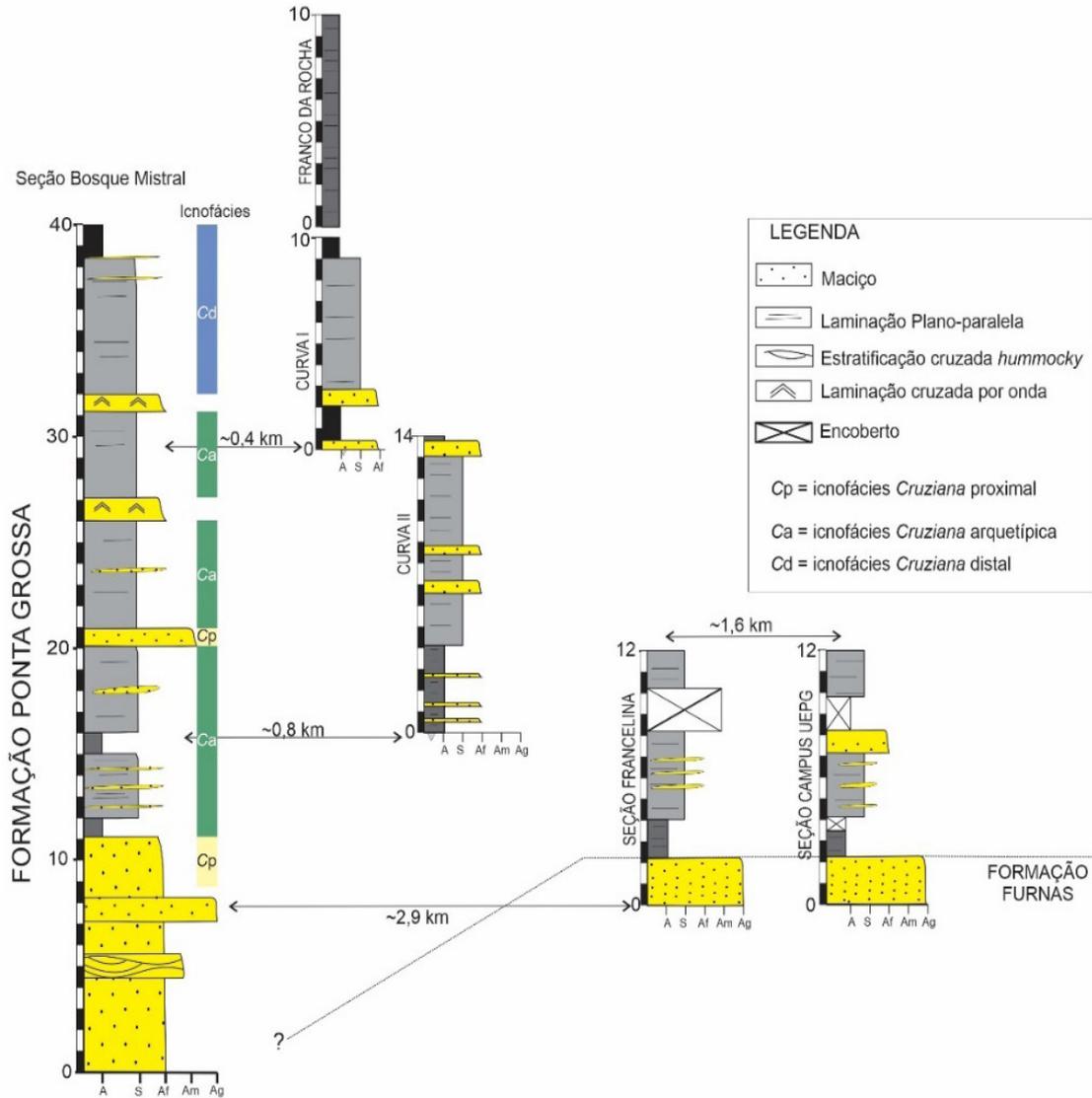
SEÇÃO BOSQUE MISTRAL

A seção inicia com uma camada de 12 metros de espessura de arenitos finos a médios, predominantemente maciços, onde no topo foi registrada escassa ocorrência de fósseis, principalmente braquiópodes (*Australospirifer* e *Derbyina*). Acima deste intervalo ocorrem 28 metros de siltitos com laminação plano paralela, intercalados na porção mediana da seção, por folhelhos pretos e laminados e em direção ao topo, por arenitos finos a médios. Secundariamente ocorrem lentes de areia fina a grossa, com espessura submétrica, demarcando ciclos retrogradacionais para o topo.

As rochas sedimentares ocorrentes são atribuídas, na base, à Formação Furnas, e no topo da sucessão à Formação Ponta Grossa (Praguiano/Emsiano inicial, sensu: Grahn et al., 2013), podendo ser correlacionadas com seções já descritas em áreas próximas, como Curva 1, Curva 2, Campus UEPG, Seção Francelina (Bosetti, 1989, 2004; Myszyński Jr, 2012; Bosetti et al., 2013) e Franco da Rocha (Grahn et al., 2013) (Fig. 4).

A seção Bosque Mistral apresenta 40 m de espessura com predomínio de expressões arquetípicas a distais da icnofácies *Cruziana*, onde ocorrem *Asterosoma*, *Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Rhizocorallium*, *Phycosiphon*, *Chondrites*, *Zoophycos*, *Planolites* e *Schaubcylindrihnus* em GB 3-5. Localmente, ocorrem *Rosselia*, *Palaeophycus*, *Skolithos* e *Arenicolites* em GB 2-3, representando expressões proximais da icnofácies *Cruziana* (Fig. 4).

Figura 4: Correlação da seção Bosque Mistral com outras seções clássicas do sítio urbano de Ponta Grossa.



O salvamento resultou ainda em 5.840 amostras, cada uma contendo um ou mais fósseis e estima-se que foram coletados mais de vinte mil espécimes de invertebrados marinhos. Os grupos taxonômicos até então identificados são: Bachiopoda, Echinodermata, Mollusca, Trilobitomorpha, Polichaeta (Quadro 1). O material apresenta, em sua maioria, excelente estado de preservação (Figs. 5 e 6). Os fósseis são abundantes em todos os intervalos da seção, ainda que a distribuição tafonômica não seja homogênea. Desde o arenito basal (~5 m da seção) ocorre predomínio de braquiópodes, com ocorrências subordinadas de moluscos, equinodermas e trilobitas. O Quadro 1 sintetiza os táxons resgatados na seção.

Quadro 1: Grupos taxonômicos registrados

Filo	Classe	Ordem	Família	Gênero
Brachiopoda	Rhynchonellata	Rhynchonellida	Leptocoellidae	<i>Australocoelia</i>
		Terebratulida	Meganterididae	<i>Derbyna</i>
			Cryptonellidae	<i>Cryptonella</i>
		Spiriferida	Delthyrididae	<i>Australospirifer</i>
	Athyridia	Anoplotheceidae	<i>Coelospira</i>	
	Lingulata	Lingulida	Discinidae	<i>Orbiculoidea</i>
			Lingulidea	—
	Strophomenata	Productida	Chonetidae	<i>Pleurochonetes</i>
			Strophochonetidea	<i>Kentronetes</i>
		Orthotetida	Schuchertellidae	<i>Schuchertella</i>
Mollusca	Tentaculitoidea	Tentaculitida	Tentaculidae	<i>Tentaculites</i>
	Bivalvia	Pholadomyida	Edmoldiidae	<i>Edmondia</i>
		Protobranchia	Melletiidae	<i>Nuculites</i>
	Gastropoda	Bellerophonitida	Plectonotidae	<i>Plectonotus</i>
<i>Ptomatis</i>				
Echinodermata Sub Filo Crinozoa	Crinoidea	—	—	—
	Ophiuroidea	—	—	—
Artropoda Sub Filo Trilobitomorpha	Trilobita	Phacopida	Calmoniidae	<i>Calmonia</i>
			Homalonotidae	<i>Homalonotus</i>

Figura 5: Espécimes fossilizados representantes do filo Brachiopoda, mais abundante na seção em estudo.

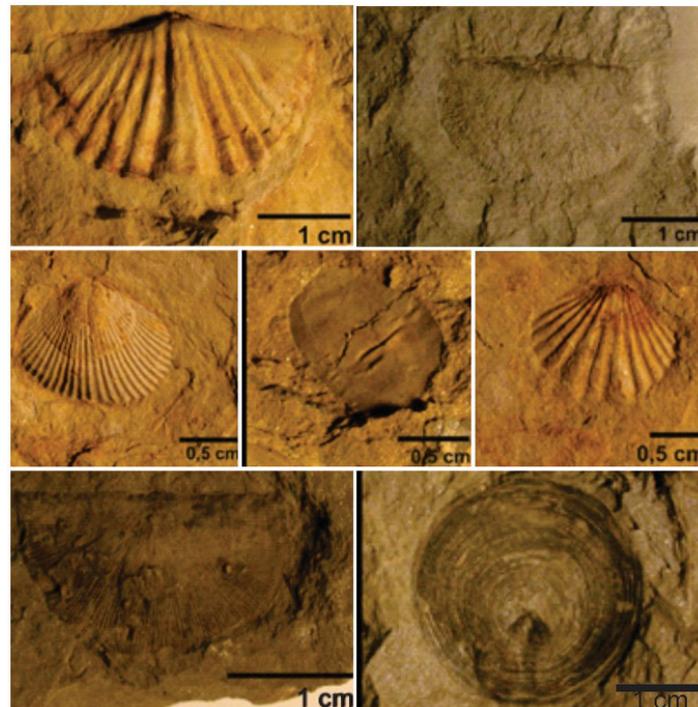


Figura 6: Arthropoda, Bivalvia, Crinoidea e icnofósseis presentes nas camadas do Bosque Mistral.



No topo da seção estudada, *Zoophycos* predomina nas icnofábricas, mas apresentando diferentes assinaturas em ciclos de alta frequência. Na fácies mais argilosa da base dos ciclos, *Zoophycos* ocorre associado a *Palaeophycus*, *Schaubcylindrichnus* e *Asterosoma*, com grau de bioturbação entre 3 e 4 (icnofábrica 1; Fig. 7A), expressando icnofácies Cruziana arquetípica. Para a fácies com maior conteúdo arenoso, as densidades de *Zoophycos* aumentam (GB 5-6) e ocorrem associadas a *Asterosoma*, *Skolithos* e *Schaubcylindrichnus* geralmente truncados por *Zoophycos* (icnofábrica 2; Figs. 7B, 8), refletindo a redução no espaço de acomodação e remoção de estruturas biogênicas produzidas em *tiers* rasos. Esta icnofábrica é sobreposta por uma fácies de siltito argiloso contendo *Zoophycos* e *Phycosiphon* em GB 3-4 (icnofábrica 3; Fig. 7C), registrando uma superfície de inundação de uma nova parassequência. Este intervalo é sobreposto pela recorrência de siltito arenoso rico em *Zoophycos* associados a *Palaeophycus*, *Schaubcylindrichnus* e *Asterosoma*, com grau de bioturbação entre 3 e 4 (icnofábrica 4; Fig. 7D). O intervalo superior é caracterizado pela ocorrência densa de *Zoophycos* localmente com *Schaubcylindrichnus* e *Palaeophycus* (GB 5-6) (icnofábrica 5; Fig. 7E).

Figura 7: Icnofósseis da seção em estudo. A. *Asterosoma*, *Palaeophycus* e *Zoophycos*. B. Predomínio de *Zoophycos*. C. *Zoophycos* e *Phycosiphon*. D. *Zoophycos*, *Asterosoma*, *Skolithos*, *Schaubcylichnus*. E. Predomínio de *Zoophycos*.

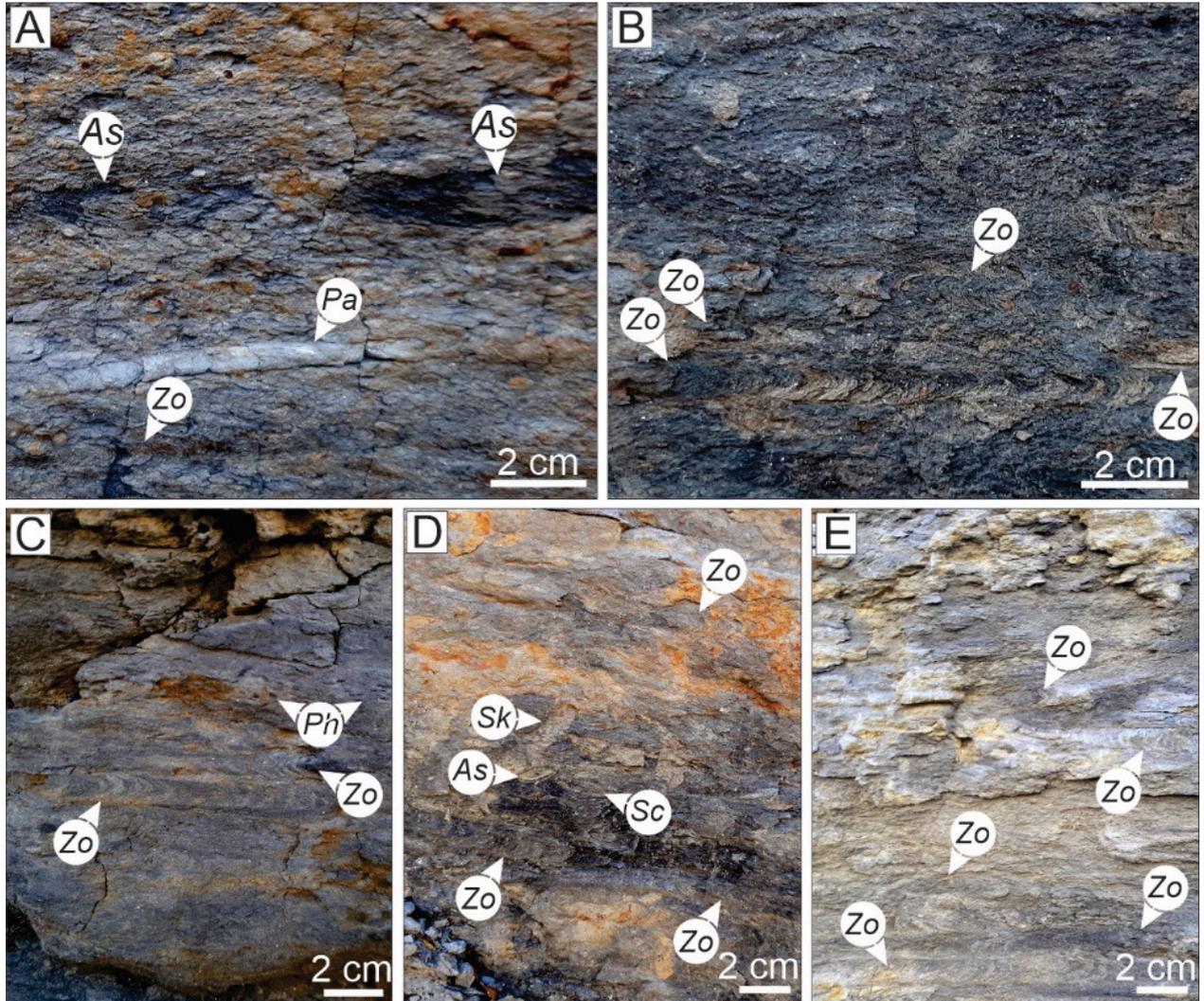
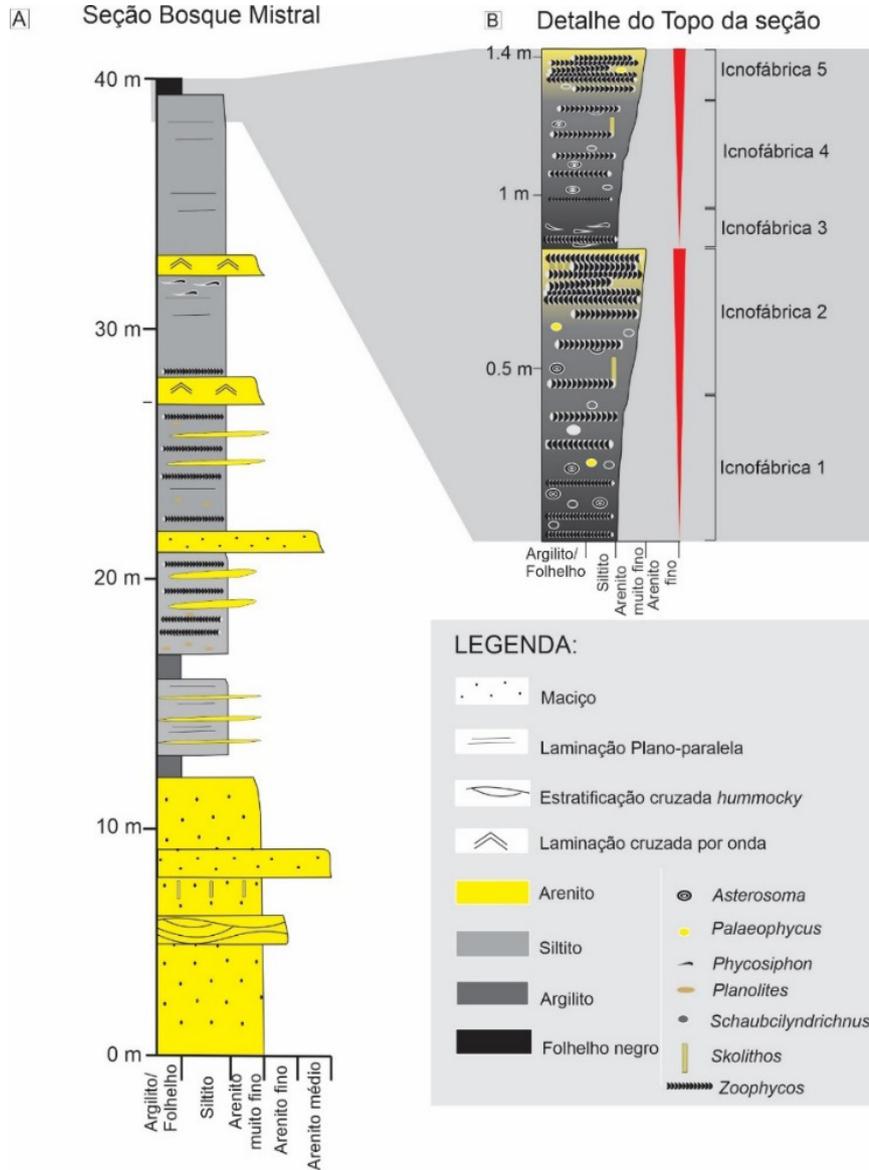


Figura 8: Perfil estratigráfico da Seção Bosque Mistral



DISCUSSÕES

Os icnofósseis da Formação Ponta Grossa são relativamente bem conhecidos, com predomínio da icnofácies *Cruziana* nos estratos aflorantes no estado do Paraná (Sedorko, Netto & Bosetti, 2013; Sedorko, Netto & Savrda, 2018a; 2019), e da icnofácies *Skolithos* no estado do Mato Grosso do Sul (Sedorko, Netto & Horodyski, 2018d; Sedorko et al., 2021). Embora conhecidas, as associações icnológicas ainda não foram analisadas em detalhe na região de Ponta Grossa.

Na base da seção ocorrem escavações verticais atribuídas a *Skolithos*, porém, como as amostras provêm de extração por retroescavadeira, não foi possível ter o controle do

nível estratigráfico amostrado. Na porção intermediária ocorre um empilhamento transgressivo, como expressões proximais dando lugar a expressões arquetípicas e, por último, distais da icnofácies *Cruziana*. Maior detalhe foi possível no topo da seção, onde exposições verticais possibilitaram a visualização de icnofábricas.

No topo da seção estudada, a icnofábrica 1 está registrando condições estáveis em contexto de *offshore*, com preservação de estruturas biogênicas de vários *tiers* (*tier* superficial: *Palaeophycus* e *Schaubcylindrichnus*; *Asterosoma* de *tier* intermediário; e *Zoophycos*, de *tier* profundo – e.g., Sedorko, Netto & Horodyski, 2018c). A presença de *Zoophycos* retrabalhando estruturas de camadas rasas na icnofábrica 2 sugere migração vertical da icnocenose como resultado de taxas de deposição mais altas. Essa assinatura é oposta à relatada em Sedorko, Netto e Horodyski (2018c) para fácies relacionadas a tempestades, ricas em *Zoophycos*, pois nesta icnofábrica o registro se dá em contexto de *offshore*, interpretação reforçada pela ausência de superfícies erosivas. A icnofábrica 3 é uma assinatura de condições mais distais, destacadas pela dominância de *Zoophycos* e *Phycosiphon* (Savrda & Bottjer, 1986). Por fim, as icnofábricas 4 e 5 caracterizam a recorrência dos icnofábricas 1 e 2, respectivamente (Fig. 8).

A variabilidade litológica é atribuída a processos autocíclicos, principalmente eventos relacionados a tempestades. Assim, o empilhamento das icnofábricas dominadas por *Zoophycos* e sua abundância variável estão ligados à estrutura dos *tiers* profundos que retrabalham estruturas biogênicas mais superficiais ('elite trace fossil', *sensu* Bromley, 1996). Em termos de padrão estratigráfico, o topo da seção é interpretado como parte de um trato de sistemas transgressivo (Bosetti et al., 2013), que está de acordo com a crescente taxa de acomodação em direção ao topo da seção, como verificado nas parassequências. Ao contrário, no trato de sistemas de alto nível, *Zoophycos* podem ser super-representados pela remoção de estruturas de *tiers* rasos sob redução na taxa de criação do espaço de acomodação (e.g., Sedorko, Netto & Horodyski, 2018c). Deste modo, seções ricas em *Zoophycos* e a análise de *tiering* podem ser marcadoras de parassequências, permitindo a identificação de ciclos em fácies aparentemente homogêneas.

Considerando os macrofósseis, a fauna coletada na seção Bosque Mistral é correspondente ao clímax do Domínio Malvinocáfrico, típica do intervalo Pragiano-Emsiano (Bosetti, Grahn, Horodyski & Mendlowicz Mauller, 2012; Grahn et al., 2013; Sedorko et al., 2021). A biodiversidade varia de acordo com a fácies em que ocorre; nas camadas arenosas e siltosas ocorrem organismos diferentes das camadas argilosas. Nas primeiras a fauna epibionte (trilobitas e braquiópodes principalmente) é predominante enquanto nas camadas argilosas o predomínio é da fauna endobionte e semi-endobionte (moluscos bivalves e braquiópodes infaunais). Ou seja, a distribuição dos táxons pelas camadas não se dá de maneira randômica.

Viana e Carvalho (2019) destacam que, quando há a ocorrência de afloramentos com conteúdo fossilífero em áreas urbanas ou em processo de urbanização, é necessário a preparação de um projeto de salvamento paleontológico. Nesse sentido, o salvamento paleontológico por meio da coleta intensiva de materiais pode ser interpretado como uma estratégia de Geoconservação, atuando como uma ação mitigadora em situações em que

o patrimônio fossilífero local será inevitavelmente destruído ou ficará inacessível devido a implementação de um empreendimento (Iannuzzi, Erthal, Robrahn-González & Gobo, 2018).

No Brasil, a legislação que trata da exploração e proteção do patrimônio paleontológico é bastante restritiva. De acordo com o estabelecido no Decreto-Lei N° 4.146 (Brasil, 1942), “os fósseis são bens da Nação, e como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, atualmente ANM – Agência Nacional de Mineração). Para mais, de acordo o art. 216 da Constituição Federal de 1988, “constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira”. Dentre outros, os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico são passíveis de preservação. Ainda, de acordo com a Lei N° 9.985/2000 que constitui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências, as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural devem ser protegidas. As áreas adjacentes ao empreendimento e de notório merecimento de preservação (Curva 1 e Curva 2) foram mantidas intocadas conforme previsto no projeto de salvamento. A área do empreendimento tornou possível a coleta de material até então encoberto, de subsuperfície e que foi exposto ao longo do desenvolvimento das obras o que propiciou o acesso ao patrimônio sem alterar os sítios adjacentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A seção colunar aqui denominada ‘Bosque Mistral’, apresenta dois ciclos sedimentares bem definidos. O primeiro ciclo é marcado por relevantes variações do nível do mar, com tendência predominante à subida (sistema retrogradacional). A base é mais proximal à linha de costa e o topo representa uma superfície de inundação máxima onde o nível do mar atinge sua maior amplitude, correlata à superfície máxima transgressiva da Sequência *Siluro-Devonian*. A distribuição icnológica também evidencia o padrão retrogradacional, e, particularmente, a ocorrência de icnofábricas dominadas por *Zoophycos* no topo da seção é assinatura de ciclos de alta frequência associados ao padrão transgressivo.

A biodiversidade varia de acordo com a litologia, nas camadas arenosas e siltosas ocorrem organismos diferentes das camadas argilosas. Nas primeiras a fauna epibionte (trilobitas e braquiópodes principalmente) é predominante enquanto nas camadas argilosas o predomínio é da fauna endobionte e semi-endobionte (moluscos bivalves e braquiópodes infaunais). Ou seja, a distribuição dos táxons pelas camadas não se dá de maneira randômica.

A baixa abundância relativa de bioclastos nos arenitos da base pode estar relacionada a episódios de alta energia em ambientes mais proximais, onde há remoção do fundo e do material biogênico presente, sofrendo erosão mecânica e/ou transporte para regiões mais profundas. As camadas intermediárias são as que apresentam a maior biodiversidade e

abundância relativa. A abundância declina novamente em direção ao topo da seção marcada por ambientes de *offshore* constituídos por lamas negras depositadas em condições de baixa oxigenação que restringe em parte a sobrevivência de alguns grupos ou indivíduos. A paleobiodiversidade pode ser controlada da base ao topo.

A interpretação para o empilhamento estratigráfico das camadas da região define, da base para o topo, as Seções Francelina e Campus UEPG (correlatas) sendo sucedidas pelas seções Curva II, Curva I e Franco da Rocha. Desta forma, temos a base da Seção Bosque Mistral correlata ao topo da Seção Francelina e o topo correlato ao topo da Seção Curva I.

REFERÊNCIAS

- Bosetti, E.P. (1989). *Paleontologia dos Brachiopoda (Lingulida inagticu) da Formação Ponta Grossa (Devoniano) estado do Paraná (Brasil)*. Dissertação de Mestrado em Paleontologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Bosetti, E.P. (2004). *Tafonomia de Alta Resolução das Fácies de Offshore da Sucessão Devoniana na Região de Ponta Grossa, Paraná, Brasil*. Tese de Doutorado em Paleontologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Bosetti, E.P., Grahn, Y., Horodyski, R.S. & Mendlowicz Mauller, P. (2012). The first recorded decline of the Malvinokaffric Devonian fauna in the Paraná Basin (southern Brazil) and its cause; taphonomic and fossil evidences. *Journal of South American Earth Sciences*, 37, 228-241. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2012.02.006>
- Bosetti, E.P., Horodyski, R.S., Matsumura, W.M.K., Myszyński Jr, L.J. & Sedorko, D. (2013). Análise estratigráfica e tafonômica da sequência Neopraguiana - Eoemsiana do setor nordeste do sítio urbano de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Terr@Plural*, 7,145-168.
- Brasil (1942). *Decreto-Lei 4.146, de 04 de março de 1942. Dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos*. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/Del4146.htm.
- Brasil (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988*. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm
- Brasil (2000). *Lei Nº 9.985, de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm
- Bromley, R.G. (1996). *Trace Fossils: Biology, Taphonomy and Applications*. London: Chapman and Hall.
- Grahn, Y., Mendlowicz Mauller, P.M., Bergamaschi, S. & Bosetti, E.P. (2013). Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Subbasin (Paraná Basin, south Brazil): additional data and correlation. *Review of Palaeobotany and Palynology* 198, 27-44.
- Henrique-Pinto, R., Basei, M.A.S., Santos, P.R., Saad, A.R., Milani, E.J., Cingolani, C.A., & Frugis, G.L. (2021). Paleozoic Paraná Basin transition from collisional retro-foreland to pericratonic syncline: Implications on the geodynamic model of Gondwana proto-Andean margin. *Journal of South American Earth Sciences*, e103511. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103511>
- Iannuzzi, R., Erthal, F., Robrahn-González, E.M. & Gobo, V.G. (2018). Programa de resgate do patrimônio fossilífero da UHE Teles Pires, MT: estudo de caso. *Terr@Plural*, 12(3), 367-382.
- Milani, E.J., Melo, J.H.G., Souza, P.A., Fernandes, L.A. & França, A.B. (2007). Rochas geradoras e rochas-reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15,135-162.
- Myszyński Jr, L.J. (2012). *Inserção do afloramento curva II no contexto tafonômico e estratigráfico da sequência neopraguiana-eoemsiana: interpretação paleoambiental do setor nordeste do sítio urbano de Ponta Grossa, Paraná,*

- Brasil. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG, Ponta Grossa, PR, Brasil. Recuperado de <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/555>
- Oliveira, L., Bosetti, E.P., & Myszyński Jr, L.J. (2021). Correlação estratigráfica da Seção Bosque Mistral, PR, Brasil. *Anais da Semana de Geografia UEPG: Decolonialidade, Posicionalidade e Ensino Remoto*, 27, Ponta Grossa, PR, Brasil. pp.1-4.
- Reineck, H.E. (1963). Sedimentgefüge im Bereich der südlichen Nordsee. *Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 505, 1-138.
- Richter, R. (1941). Devon. *Geologische Jahresberichte*, 31-42.
- Ruban, D. A. (2012). Geoconservation versus legislation and resources policy: New achievements, new questions – comment on cairncross (Resources Policy, 2011) the national heritage resource act (1999): can legislation protect South Africa’s rare geoheritage resources?. *Resources Policy*, 126-129.
- Savrda, C.E. & Bottjer, D.J. (1986). Trace fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters. *Geology* 14:3-6.
- Scheibel, C.R. (1996). Análise da Ação Antrópica sobre os afloramentos da Formação Ponta Grossa - O Caso do Município de Ponta Grossa. *Anais do Simpósio Sul-americano do Siluro-Devoniano*, Ponta Grossa, PR, Brasil. pp. 391-398.
- Sedorko, D., Netto, R.G., & Bosetti, E.P. (2013). Paleoicnologia do Siluro-Devoniano do estado do Paraná e a obra de John Mason Clarke. *Terr@ Plural*, 7, 59-73. Doi:10.5212/TerraPlural.v.7iEspecial.0005
- Sedorko, D., Netto, R.G., Savrda, C.E., Assine, M.L. & Tognoli, F.M.W. (2017). Chronostratigraphy and environment of Furnas Formation by trace fossil analysis: calibrating the lower paleozoic Gondwana realm in the Paraná basin (Brazil). *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 487, 307-320. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2017.09.016>.
- Sedorko, D., Netto, R.G. & Savrda, C.E. (2018a). Ichnology applied to sequence stratigraphic analysis of Siluro-Devonian mud-dominated shelf deposits, Paraná Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, 83, 81-95. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2018.02.008>.
- Sedorko, D., Bosetti, E.P. & Netto, R.G. (2018b). An integrative ichnological and taphonomic approach in a transgressive-regressive cycle: a case study from Devonian of Paraná Basin, Brazil. *Lethaia*, 51, 15-34. <https://doi.org/10.1111/let.12219>.
- Sedorko, D., Netto, R.G., & Horodyski, R.S. (2018c). A *Zoophycos* carnival in Devonian beds: paleoecological, paleobiological, sedimentological, and paleobiogeographic insights. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 507, 188-200. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.07.016>.
- Sedorko, D., Bosetti, E.P., Ghilardi, R.P., Myszyński Jr, L.J., Silva, R.C. & Scheffler, S.M. (2018d). Paleoenvironments of a regressive Devonian section from Paraná Basin (Mato Grosso do Sul state) by integration of ichnologic, taphonomic and sedimentologic analyses. *Braz. J. Genet.*, 48(4), 805-820. <https://doi.org/10.1590/2317-4889201820180021>.
- Sedorko, D., Netto, R.G. & Horodyski, R.S. (2019). Tracking Silurian-Devonian events and paleobathymetric curves by ichnologic and taphonomic analyzes in the southwestern Gondwana. *Global Planet. Change*, 179, 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.05.007>.
- Sedorko, D., Netto, R.G., Scheffler, S.M., Horodyski, R.S., Bosetti, E.P., Ghilardi, R.P. & Myszyński Jr, L.J. (2021). Paleoecologic trends of Devonian Malvinokaffric fauna from the Paraná Basin as evidenced by trace fossil. *Journal of South American Earth Sciences*, 109, 1-14.
- Viana, M.S.S. & Carvalho, I.S. (2019). *Patrimônio paleontológico*. Rio de Janeiro: Interciência,

Data de submissão: 18/ago./2021

Data de aceite: 30/ago./2021